MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

MODALIDAD PARTICULAR

CAPÍTULO I.

Fraccionamiento Sedona

Contenido

Contenido 2
Índice de tablas 3
Índice de figuras 3
I.1 Proyecto 6
I.1.1 Nombre del proyecto 7
I.1.2 Tipo de obra o actividad (articulo 5 del Reglamento) 7
I.1.3 Modalidad de la Manifestacion de Impacto Ambiental 8
I.2 Promovente 9
I.2.1-I.2.5 Datos del promovente 9
I.3 Responsable de la elaboracion del estudio de impacto ambiental 11
I.3.1-I.3.5 Datos del responsable 11
I.3.6 Declaratoria bajo protesta de decir verdad y firma electronica digital 12
I.4 Ubicacion del proyecto 13
I.4.1 Entidad federativa, municipio y localidad 14
I.4.2 Calle, numero, codigo postal y localidad 17
I.4.3 Coordenadas UTM/WGS84 del poligono general y de los terrenos forestales 17
I.4.4 Uso de suelo actual del predio 22
I.4.5 Vias de acceso y colindancias 30
I.5 Descripcion especifica de las obras y actividades 32
I.5.1 Naturaleza, objetivos y justificacion 33
I.5.2 Obras y actividades principales 36
I.5.3 Obras complementarias 46
I.5.4 Obras temporales previstas 51
I.5.5 Programa de cierre, desmantelamiento, abandono y restauracion 53
I.6 Inversion del proyecto 55
I.7 Duracion estimada del proyecto 59
I.8 Tabla resumen de caracteristicas del proyecto 61
I.9 Superficies generales del proyecto 65
I.10 Informacion sectorial complementaria 69

Índice de tablas

Tabla 1. Identidad del proyecto 6
Tabla 2. Encuadre del proyecto en el artículo 5 del Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental 8
Tabla 3. Datos de identificación del promovente 9
Tabla 4. Fracciones catastrales aportadas al promovente 10
Tabla 5. Datos de identificación del responsable de la elaboración del estudio 11
Tabla 6. Suscripción del estudio 13
Tabla 7. Adscripción político-administrativa y catastral del predio 15
Tabla 8. Referencia urbana del predio 17
Tabla 9. Coordenadas de los 106 vértices del polígono general 18
Tabla 10. Polígonos que integran el Área del Proyecto, con su superficie, cubierta y centroide 20
Tabla 11. Uso y cubierta actual del suelo en el Área del Proyecto 24
Tabla 12. Vías de acceso y colindancias del predio 31
Tabla 13. Distribución de la ejecución por etapa 32
Tabla 14. Obras y actividades principales, por uso propuesto 38
Tabla 15. Distribución de las 707 viviendas por régimen y por prototipo 42
Tabla 16. Prototipos de vivienda 43
Tabla 17. Maquinaria y equipo por etapa, horas activas y consumo de combustible 44
Tabla 18. Personal por etapa 46
Tabla 19. Obras complementarias de mitigación in situ 48
Tabla 20. Trazos de cortina rompevientos 49
Tabla 21. Obra de compensación 50
Tabla 22. Localización del predio de compensación en los predios matrices 50
Tabla 23. Obras temporales previstas 53
Tabla 24. Superficies sujetas a cierre y restauración 55
Tabla 25. Inversión del proyecto 55
Tabla 26. Presupuesto de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración 56
Tabla 27. Duración estimada por etapa 59
Tabla 28. Resumen de características del proyecto, por etapa 61
Tabla 29. Superficies generales del proyecto 65
Tabla 30. Indicadores socioeconómicos del proyecto 70
Tabla 31. Caracterización socioeconómica del entorno, por escala 72
Tabla 32. Pronunciamientos de factibilidad de servicios 73

Índice de figuras

Figura 1. Localización del proyecto Fraccionamiento Sedona en las tres escalas de análisis. Fuente: elaboración propia con la cartografía digital del proyecto (Anexo I.B) y la red hidrográfica del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613); fecha de elaboración: agosto de 2026. 14

Figura 2. Fracciones catastrales que integran el Área del Proyecto y vértices del polígono general. Fuente: elaboración propia con la cartografía catastral digital del proyecto (Anexo I.B), sustentada en las escrituras y certificados de gravamen del Registro Público de la Propiedad del Estado de Sinaloa (Anexo I.A). Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613); fecha de elaboración: agosto de 2026. 16
Figura 3. Cubierta actual del Área del Proyecto: terreno forestal y superficies sin cobertura forestal. Fuente: elaboración propia con la cartografía de vegetación del proyecto, levantada por fotointerpretación y verificada en campo (Anexo I.B y Anexo III.A — informe de fotointerpretación). Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613); fecha de elaboración: agosto de 2026. 23
Figura 4. Vegetación y uso del suelo en el Área de Influencia. Fuente: cartografía de vegetación del proyecto levantada por fotointerpretación sobre imagen de alta resolución y verificada en campo (Anexo I.B). Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613). 24
Figura 5. Geología del Área del Proyecto. Fuente: Carta Geológica del Servicio Geológico Mexicano e Instituto Nacional de Estadística y Geografía, recortada al polígono del proyecto. Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613). 25
Figura 6. Unidades de suelo del Área del Proyecto. Fuente: Conjunto de Datos de Perfiles de Suelos, Serie II, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, recortado al polígono del proyecto. Clasificación conforme a la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613). 26
Figura 7. Condición de erosión del suelo en el Área del Proyecto. Fuente: cartografía de erosión del suelo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, recortada al polígono del proyecto. Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613). 27
Figura 8. Grado de degradación del suelo en el Área del Proyecto. Fuente: cartografía de degradación del suelo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía y de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, recortada al polígono del proyecto. Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613). 28
Figura 9. Relieve del Área del Proyecto: distribución de la pendiente y curva hipsométrica. Fuente: elaboración propia a partir del modelo digital de elevación de 5 metros de resolución del predio (Anexo I.B). Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613). 29
Figura 10. Entorno inmediato del predio, accesos y colindancias por cubierta, dentro del Área de Influencia. Fuente: elaboración propia con la cartografía de vegetación y uso del suelo del proyecto (Anexo I.B) y la red hidrográfica del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613); fecha de elaboración: agosto de 2026. 30
Figura 11. Peligro por ciclones tropicales en la región donde se inserta el proyecto. Fuente: Atlas Nacional de Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres. Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613). 34
Figura 12. Vulnerabilidad a inundación en la región donde se inserta el proyecto. Fuente: Atlas Nacional de Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres y cartografía municipal de vulnerabilidad. Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613). 35
Figura 13. Zonificación del Área del Proyecto por uso propuesto. Fuente: elaboración propia con el proyecto ejecutivo de lotificación y la zonificación de obra sobre la cartografía digital del proyecto (Anexo I.B). Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613); fecha de elaboración: agosto de 2026. 37
Figura 14. Distribución de la superficie del Área del Proyecto por uso propuesto. Fuente: elaboración propia; superficies leídas del atributo de cada polígono de la zonificación (Anexo I.B). 38
Figura 15. Etapas de ejecución del proyecto: distribución espacial y secuencia temporal de la remoción de cobertura. Fuente: elaboración propia con la zonificación de obra por etapa y año sobre la cartografía digital

del proyecto (Anexo I.B). Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613); fecha de elaboración: agosto de 2026. 44
Figura 16. Obras de mitigación in situ dentro del Área del Proyecto: acomodo de material vegetal, franjas de cortina rompevientos y su trazo. Fuente: elaboración propia con la cartografía de obras de conservación del proyecto (Anexo I.B). Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613); fecha de elaboración: agosto de 2026. 47
Figura 17. Composición del presupuesto de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración del proyecto Fraccionamiento Sedona. Fuente: elaboración propia con la memoria de cálculo de costos de las medidas ambientales (Anexo I.D). 57
Figura 18. Cronograma general del proyecto Fraccionamiento Sedona. Fuente: elaboración propia con el programa de obra del promovente (Anexo I.A) y la zonificación de obra por etapa y año (Anexo I.B). 60
Figura 19. Carácter de la afectación sobre las 13.4689 hectáreas del Área del Proyecto: permanencia, afectación al horizonte orgánico y superficie con restauración comprometida. Fuente: elaboración propia con la zonificación de obra sobre la cartografía digital del proyecto (Anexo I.B). Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613); fecha de elaboración: agosto de 2026. 68
Figura 20. Empleo directo generado por el proyecto Fraccionamiento Sedona, por año y por etapa. Fuente: elaboración propia con el programa de obra y la propuesta de personal del promovente (Anexo I.A). 69

I.1 Proyecto

El proyecto Fraccionamiento Sedona es un desarrollo inmobiliario habitacional de 707 viviendas que se pretende ejecutar sobre un predio de 13.4689 hectáreas ubicado en el sector El Barrio, en la periferia oriente de Culiacán Rosales, municipio de Culiacán, Sinaloa. De esa superficie, 12.5570 hectáreas sostienen actualmente selva baja caducifolia y constituyen el terreno forestal cuyo cambio de uso se solicita; las 0.9119 hectáreas restantes corresponden a superficies que ya no tienen cobertura forestal: áreas desprovistas de vegetación, un camino de terracería preexistente y el trazo de un cauce menor.

La escala del proyecto y su carácter urbano explican por qué se presenta en modalidad Particular. La obra es una unidad territorial continua, con un promovente único, un trazo cerrado y un horizonte de ejecución acotado a cinco años, sin encadenamiento con otros desarrollos que produzcan impactos acumulativos o sinérgicos de alcance regional. El componente que determina la competencia federal es la remoción de la cobertura forestal, no la edificación en sí misma.

Este apartado fija los tres elementos de identidad que el resto de la Manifestación hereda sin variación: el nombre del proyecto, el tipo de obra o actividad en que encuadra y la modalidad bajo la cual se presenta el estudio. Las cifras de superficie que aquí se anuncian —13.4689 hectáreas de área del proyecto y 12.5570 hectáreas de terreno forestal— son las mismas que se desglosan en el apartado I.9 y las mismas que sustentan la evaluación de impactos del Capítulo IV. La coincidencia no es una formalidad: una superficie que cambia entre capítulos vuelve indemostrable cualquier conclusión que dependa de ella.

Tabla 1. Identidad del proyecto

Concepto	Dato
Nombre del proyecto	Fraccionamiento Sedona
Tipo de estudio	Manifestación de Impacto Ambiental
Modalidad	Particular
Autoridad competente	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Sector y subsector	Desarrollo inmobiliario habitacional
Clave SCIAN principal	237212 — Construcción de obras de urbanización
Claves SCIAN complementarias	237211 — División de terrenos; 236111 — Edificación de vivienda unifamiliar; 236112 — Edificación de vivienda multifamiliar
Naturaleza del trazo	Poligonal (unidad territorial continua)
Entidad federativa y municipio	Sinaloa, Culiacán
Superficie del área del proyecto	13.4689 ha
Superficie de terreno forestal sujeta a cambio de uso	12.5570 ha
Superficie sin cobertura forestal dentro del predio	0.9119 ha
Tipo de vegetación forestal por remover	Selva baja caducifolia
Número de viviendas proyectadas	707

Concepto	Dato
Número de etapas de ejecución	5
Vida útil declarada	50 años
Zona y datum de referencia	UTM zona 13 Norte, WGS84 (EPSG:32613)

Fuente: documentación legal y técnica del promovente (Anexo I.A — expediente del proyecto); claves SCIAN validadas contra la Estructura del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, SCIAN México 2023 (INEGI); superficies leídas del atributo de la cartografía digital del proyecto (Anexo I.B).

I.1.1 Nombre del proyecto

Fraccionamiento Sedona.

El nombre se emplea sin variantes, abreviaturas ni denominaciones comerciales alternas en todos los documentos que integran esta Manifestación de Impacto Ambiental, en la cartografía anexa, en los planos ejecutivos, en los oficios que se dirijan a la autoridad y en la publicación del extracto del proyecto. La razón de esa uniformidad es operativa: el nombre es la llave con la que la autoridad rastrea el expediente y con la que el público identifica la obra durante la consulta, de modo que cualquier diferencia entre el nombre publicado y el nombre del estudio abre una discrepancia formal que no aporta información y sí retrasa la evaluación.

El proyecto se identifica adicionalmente por su localización —sector El Barrio, Culiacán Rosales, municipio de Culiacán, Sinaloa— y por las tres fracciones catastrales que lo integran, cuyas claves catastrales y folios reales se detallan en el apartado I.4.1. Esa identificación complementaria no sustituye al nombre: opera como referencia registral cuando el trámite requiere vincular el proyecto con los títulos de propiedad y con la superficie que cada fracción aporta al polígono general.

Fuente: documentación legal del proyecto (Anexo I.A — expediente del promovente).

I.1.2 Tipo de obra o actividad (artículo 5 del Reglamento)

La obra consiste en urbanizar y edificar un fraccionamiento habitacional de 707 viviendas sobre 13.4689 hectáreas, de las cuales 12.5570 hectáreas sostienen selva baja caducifolia. Esa remoción de cobertura forestal es la acción que define el encuadre del proyecto: sin ella, la urbanización de un predio privado en la periferia de una ciudad sería materia de las autoridades estatal y municipal; con ella, el proyecto queda comprendido en el supuesto del **inciso O) del artículo 5 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental**, que somete a evaluación federal los cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas, y que comprende expresamente los desarrollos inmobiliarios que afectan esos terrenos (Reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de mayo de 2000, última reforma publicada el 31 de octubre de 2014; vigencia verificada el 17 de agosto de 2026).

Las excepciones que el propio inciso O) prevé —la construcción de vivienda unifamiliar aislada y los proyectos de pequeña escala— no alcanzan a este proyecto: Fraccionamiento Sedona no es una vivienda aislada sino un fraccionamiento con 707 unidades, vialidad, redes de infraestructura y áreas de donación, y la superficie forestal que remueve, 12.5570 hectáreas, excede con amplitud cualquier umbral de escala menor. El encuadre es, por tanto, directo y no requiere interpretación analógica.

No se invocan otros supuestos del artículo 5. El predio no incide en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos o esteros conectados con el mar ni en la zona federal marítimo terrestre, por lo que no aplica el supuesto

de desarrollos inmobiliarios que afecten ecosistemas costeros; no se trata de obra hidráulica, vía general de comunicación, oleoducto o instalación de tratamiento de residuos peligrosos; y la actividad no figura en los listados de actividades altamente riesgosas, por lo que no se acompaña estudio de riesgo. Enunciar únicamente el supuesto que encuadra —y declarar expresamente los que no— evita que la autoridad tenga que descartar por su cuenta hipótesis que el promovente ya verificó.

Tabla 2. Encuadre del proyecto en el artículo 5 del Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental

Supuesto	¿Aplica?	Sustento
Inciso O) — Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas	**Sí**	El proyecto remueve 12.5570 ha de selva baja caducifolia para desarrollo inmobiliario
Inciso O) — Excepción de vivienda unifamiliar y proyectos de pequeña escala	No	Fraccionamiento de 707 viviendas sobre 13.4689 ha
Inciso R) — Desarrollos inmobiliarios que afecten ecosistemas costeros	No	El predio no incide en humedales, manglares, esteros ni en la zona federal marítimo terrestre
Incisos A) a N), P), Q) — Obra hidráulica, vías generales de comunicación, industria, minería, energía, residuos peligrosos	No	Ninguna de esas obras o actividades forma parte del proyecto
Actividad altamente riesgosa (Primer y Segundo listados)	No	La actividad no figura en los listados; no se acompaña estudio de riesgo

Fuente: 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, 30 de mayo de 2000, última reforma del 31 de octubre de 2014; características del proyecto conforme al expediente del promovente (Anexo I.A) y a la cartografía digital del predio (Anexo I.B).

I.1.3 Modalidad de la Manifestación de Impacto Ambiental

Modalidad Particular.

El criterio que separa las dos modalidades es el alcance territorial y la naturaleza acumulativa de los efectos: la modalidad Regional está reservada a parques industriales, carreteras, presas, planes o programas de desarrollo y a los conjuntos de obras que generan impactos sinérgicos o acumulativos sobre un sistema ambiental; la Particular corresponde a los demás casos (artículo 11 del Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de octubre de 2014, verificada el 17 de agosto de 2026).

Fraccionamiento Sedona reúne las condiciones de la modalidad Particular por cuatro razones verificables en la propia descripción del proyecto. Primera, es una **unidad territorial continua** de 13.4689 hectáreas con un solo polígono general y un solo promovente, no un conjunto de obras dispersas ni un programa de desarrollo. Segunda, sus **cinco etapas son fases constructivas de una misma obra**, secuenciadas en el tiempo por razones financieras y de urbanización —etapa Municipal en el año uno y condominios A a D en los años dos a cinco—, no proyectos independientes que puedan autorizarse por separado. Tercera, el **efecto ambiental principal, la remoción de 12.5570 hectáreas de selva baja caducifolia, se agota dentro del predio**: no hay obra lineal, ducto, camino de acceso nuevo ni línea de conducción que extienda la afectación fuera del polígono. Cuarta, el predio **se encuentra en el borde de la mancha urbana consolidada de Culiacán**

Rosales, con la que colinda directamente por el rumbo Oeste, de modo que la infraestructura de agua, drenaje y energía se resuelve por conexión a redes municipales existentes y no exige obra externa que deba evaluarse en conjunto.

La elección de modalidad no reduce la profundidad del estudio. La Manifestación caracteriza el sistema ambiental en tres escalas —Área del Proyecto de 13.4689 hectáreas, Área de Influencia de 276.19 hectáreas y Región Ecológica de 37,971.7516 hectáreas— precisamente para que la evaluación del impacto no quede confinada al polígono de la obra y pueda leerse contra el estado del entorno. Esa estructura de escalas se desarrolla en el Capítulo III y se emplea en el Capítulo IV; el presente capítulo describe el Área del Proyecto.

Fuente: Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, Diario Oficial de la Federación, última reforma del 31 de octubre de 2014; superficies de las tres escalas leídas del atributo de la cartografía digital del proyecto (Anexo I.B).

I.2 Promovente

El promovente del proyecto Fraccionamiento Sedona es **FINCASIR, Sociedad Anónima de Capital Variable**, empresa dedicada al desarrollo inmobiliario habitacional con domicilio fiscal en la ciudad de Culiacán, Sinaloa. La sociedad concentra en su titularidad las tres fracciones catastrales del sector El Barrio que integran el predio, aportadas mediante el instrumento notarial 11873, volumen 37, otorgado ante el notario público número 212, licenciado Oscar Urcisichi Arellano, el 24 de julio de 2024, y acreditadas con los certificados de gravamen expedidos por el Registro Público de la Propiedad del Estado de Sinaloa el 19 de junio de 2026.

Que el promovente sea el titular único de las tres fracciones tiene una consecuencia práctica para la evaluación: la superficie sujeta a cambio de uso de suelo, las obras de mitigación que se ejecutarán dentro del predio y las áreas que quedarán bajo restauración recaen todas sobre bienes de un mismo obligado, sin fragmentación de responsabilidad. Cualquier medida que la autoridad condicione tiene, por tanto, un solo destinatario y un solo patrimonio que la respalda.

Los datos de identificación del promovente se presentan en los apartados I.2.1 a I.2.5: razón social, Registro Federal de Contribuyentes, representante legal y el instrumento que lo acredita, domicilio fiscal y domicilio para oír y recibir notificaciones. Los únicos que aún no constan en el expediente son los medios de contacto —correo electrónico y teléfono para este trámite—, que el promovente aporta antes del ingreso y cuya ausencia no altera ninguna cifra ni conclusión técnica del estudio.

Fuente: documentación legal del proyecto (Anexo I.A — escrituras, certificados de gravamen del Registro Público de la Propiedad del Estado de Sinaloa y constancia de situación fiscal).

I.2.1-I.2.5 Datos del promovente

Tabla 3. Datos de identificación del promovente

Apartado	Concepto	Dato
I.2.1	Nombre o razón social	FINCASIR, Sociedad Anónima de Capital Variable
I.2.2	Registro Federal de Contribuyentes	HCO1311282W5
I.2.3	Nombre del representante legal	Héctor Rodolfo Ibarra Retamoza
I.2.3	Cargo del representante legal	Administrador Único

Apartado	Concepto	Dato
I.2.3	Instrumento que acredita la representación	Escritura pública 45,020, volumen CLVIII, otorgada ante el licenciado Manuel Díaz Salazar, notario público número 134 de Culiacán, Sinaloa, el 28 de noviembre de 2013 (Segunda Transitoria, Acuerdo Primero), inscrita en el Registro Público de la Propiedad y del Comercio bajo el folio mercantil electrónico 83017*1
I.2.4	Domicilio fiscal	Ignacio Zaragoza número 142, interior 5, colonia Centro, código postal 80000, Culiacán, Sinaloa
I.2.4	Domicilio para oír y recibir notificaciones	El mismo domicilio fiscal: Ignacio Zaragoza número 142, interior 5, colonia Centro, código postal 80000, Culiacán, Sinaloa
I.2.5	Correo electrónico de contacto	gerenteproyectos@espaciosir.com
I.2.5	Teléfono de contacto	667 211 4099
I.2.5	Actividad económica principal	Construcción de obras de urbanización (SCIAN 237212)

Fuente: constancia de situación fiscal expedida por el Servicio de Administración Tributaria el 5 de mayo de 2026 y documentación legal del promovente (Anexo I.A); clave SCIAN conforme a la Estructura del SCIAN México 2023 (INEGI).

La sociedad se constituyó el 28 de noviembre de 2013 bajo la denominación **HFD Constructora, S.A. de C.V.**, mediante la escritura pública 45,020, volumen CLVIII, ante el notario público número 134 de Culiacán; su cambio de denominación a **FINCASIR, S.A. de C.V.** consta en la escritura pública 4,336, volumen 15, otorgada ante el licenciado Oscar Urcisichi Arellano, notario público número 212 de Culiacán, el 2 de marzo de 2021. Se hace explícita esta cadena porque el instrumento que designa al Administrador Único es anterior al cambio de denominación y, leído en aislado, parecería referirse a una persona moral distinta; se trata de la misma sociedad, con el mismo Registro Federal de Contribuyentes y el mismo folio mercantil.

La titularidad del predio se acredita con la integración de tres fracciones catastrales del predio El Barrio, cuyas superficies suman las 13.4689 hectáreas del área del proyecto. La tabla siguiente identifica cada fracción con su clave catastral y su folio real, y precisa quién la aportó al promovente; el detalle de superficies y su verificación cartográfica se desarrolla en el apartado I.4.1.

Tabla 4. Fracciones catastrales aportadas al promovente

Fracción	Aportante	Clave catastral	Folio real	Certificado	Superficie (ha)
El Barrio — Fracción 1	María Angela Terrazas Araujo	007-21559-001	0700425783	055935	3.0661
El Barrio — Fracción 2	Rosalva Terrazas Araujo	007-21558	0700425785	057219	6.1931
El Barrio — Fracción 3	Sucesión José de Jesús Terrazas	007-21562-001	0700425787	055859	4.2098

Fracción	Aportante	Clave catastral	Folio real	Certificado	Superficie (ha)
	Araujo (siete aportantes)				
Total					**13.4689**

Fuente: escritura pública 11873, volumen 37, notario público número 212, licenciado Oscar Urcisichi Arellano, 24 de julio de 2024; certificados de gravamen del Registro Público de la Propiedad del Estado de Sinaloa, 19 de junio de 2026 (Anexo I.A). Superficies leídas del atributo de la cartografía catastral digital del proyecto (Anexo I.B).

Los datos faltantes de la Tabla 3 corresponden en su totalidad a información administrativa del promovente y no condicionan ningún resultado técnico de la Manifestación: ni las superficies, ni la caracterización ambiental, ni la identificación y valoración de impactos dependen de ellos. Se integran al expediente antes del ingreso del estudio ante la autoridad.

I.3 Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental

La elaboración de esta Manifestación de Impacto Ambiental corresponde a un responsable técnico que responde por el método con el que se obtuvieron los resultados y por la veracidad de la información que el estudio presenta. Esa responsabilidad es personal e indelegable, y se formaliza con la declaración bajo protesta de decir verdad y la firma electrónica que se consignan en el apartado I.3.6.

El alcance de lo que el responsable suscribe es acotado y conviene precisarlo. El responsable no certifica la exactitud de los datos administrativos que aporta el promovente —razón social, domicilios, montos de inversión, número de viviendas—, sino la corrección del procedimiento técnico: la delimitación de las tres escalas de análisis, el levantamiento y procesamiento de la información de campo, la lectura de la cartografía oficial, el cálculo de las superficies a partir del atributo de los polígonos del proyecto, la identificación de los impactos y el dimensionamiento de las medidas. Toda cifra de este estudio es rastreable hasta un insumo verificable, y lo que no lo es aparece marcado como faltante en lugar de estimado.

Los datos de identificación del responsable se presentan en los apartados I.3.1 a I.3.5. Al momento de integrar esta versión del estudio, la designación formal del responsable técnico que suscribe la Manifestación se encuentra pendiente de resolución por el promovente, por lo que sus datos se marcan como faltantes; su ausencia no altera ningún resultado del estudio, pero sí impide el ingreso del trámite hasta que quede subsanada.

Fuente: expediente administrativo del proyecto (Anexo I.A).

I.3.1-I.3.5 Datos del responsable

Tabla 5. Datos de identificación del responsable de la elaboración del estudio

Apartado	Concepto	Dato
I.3.1	Nombre o razón social del responsable	Jesús Alfredo Lemus Vázquez
I.3.2	Registro Federal de Contribuyentes	LEVJ650112N79
I.3.3	Nombre del responsable técnico del estudio	Jesús Alfredo Lemus Vázquez
I.3.3	Profesión y cédula profesional	Ing. Forestal, cédula profesional numero 2108603

Apartado	Concepto	Dato
I.3.4	Registro que ampara el ejercicio profesional	Registro Forestal Nacional: No. 281 de la Sección 4°, del Libro 1°, Volumen 1A, Fojas 89 de fecha 25 de septiembre de 1996.
I.3.5	Domicilio para oír y recibir notificaciones	Domicilio: Miguel Hidalgo N° 818 Oriente, Colonia Centro, C.P. 80000, Culiacán, Sinaloa
I.3.5	Correo electrónico	stfsinaloanorte@gmail.com
I.3.5	Teléfono	6677515776

Fuente: expediente administrativo del proyecto (Anexo I.A).

La elaboración y la firma del estudio recaen en una persona física, Jesús Alfredo Lemus Vázquez, que concentra en la misma persona la figura del responsable de la elaboración y la del responsable técnico que suscribe. Los datos que restan en la tabla son administrativos y los aporta el propio responsable al momento de suscribir el estudio. Su carácter pendiente no afecta la integridad técnica de la Manifestación: la información de campo, la cartografía, los cálculos de superficie, la caracterización ambiental de las tres escalas y la identificación de impactos están completos y son verificables con independencia de quién los firme. Lo que la firma añade es la asunción formal de responsabilidad sobre ese contenido, que es precisamente lo que el apartado I.3.6 formaliza.

El equipo que participó en el estudio abarca las especialidades que el proyecto exige —caracterización florística y faunística, análisis cartográfico y morfométrico, evaluación de erosión e infiltración, valoración de impactos y dimensionamiento de medidas—. La relación nominal de participantes, con la especialidad y el apartado en el que cada uno intervino, se integra al expediente junto con los datos del responsable.

I.3.6 Declaratoria bajo protesta de decir verdad y firma electrónica digital

El artículo 36 del Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental exige que quien elabora el estudio declare, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron mediante las mejores técnicas y metodologías disponibles, así como con la información más fidedigna (Diario Oficial de la Federación, última reforma del 31 de octubre de 2014; vigencia verificada el 17 de agosto de 2026). El texto que se suscribe es el siguiente.

> Declaro bajo protesta de decir verdad que los resultados contenidos en la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Particular, del proyecto **Fraccionamiento Sedona**, ubicado en el sector El Barrio, municipio de Culiacán, Sinaloa, se obtuvieron mediante la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración propuestas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales identificados.

Las técnicas y metodologías que sustentan esa declaración son las que el propio estudio documenta y que aquí se resumen para que la afirmación no quede en fórmula: la delimitación de las tres escalas de análisis a partir de la cartografía digital del predio y de la unidad hidrográfica que lo contiene; la lectura de las superficies desde el atributo de los polígonos, no desde la geometría, de modo que la superficie que se

autoriza sea la misma que consta en los títulos y en los planos; la caracterización del medio físico mediante los productos oficiales del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, la Comisión Nacional del Agua, el Servicio Geológico Mexicano y el Centro Nacional de Prevención de Desastres; el levantamiento florístico y faunístico en campo con muestreo dirigido en las tres escalas; y la valoración de impactos mediante matriz de importancia, con criterios explícitos y verificables por tercero.

Tabla 6. Suscripción del estudio

Concepto	Dato
Nombre del responsable técnico que suscribe	Jesús Alfredo Lemus Vázquez
Carácter con el que suscribe	Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental
Firma autógrafa	

Fuente: expediente administrativo del proyecto (Anexo I.A).

El promovente suscribe por separado la solicitud del trámite y la documentación que acredita su personalidad. La fecha de suscripción y la firma electrónica avanzada que ampara el ingreso del expediente son actos que ocurren en el momento de la presentación ante la autoridad y quedan constancia del acuse del trámite, no del cuerpo del estudio; por esa razón no se consignan en esta tabla.

I.4 Ubicación del proyecto

El predio del proyecto Fraccionamiento Sedona se localiza en el sector El Barrio, sobre el borde oriente de la mancha urbana de Culiacán Rosales, municipio de Culiacán, Sinaloa. El centroide del polígono general se ubica en las coordenadas **263,586.53 metros Este y 2,744,084.48 metros Norte, UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613)**, equivalentes a 24.793345° de latitud Norte y −107.338293° de longitud Oeste. Toda la cartografía del estudio se expresa en ese sistema, con la zona y el datum declarados en cada plano y en cada tabla de coordenadas.

La posición del predio es determinante para leer correctamente el proyecto y sus impactos. No se trata de un desarrollo aislado en un macizo forestal continuo, sino de un predio de borde: por el rumbo Oeste colinda directamente con el área urbana consolidada, y por los rumbos Sur y Sureste continúa la selva baja caducifolia que caracteriza los lomeríos del oriente de la ciudad. El proyecto avanza, por tanto, sobre el frente donde la ciudad ya presiona el terreno forestal, y no abre un frente nuevo de urbanización en una superficie hasta ahora desconectada de la red de servicios.

Este apartado desarrolla la ubicación en cinco planos de detalle sucesivos: la adscripción político-administrativa y catastral del predio (I.4.1), su referencia urbana (I.4.2), las coordenadas del polígono general y de los polígonos forestales (I.4.3), la cubierta que hoy ocupa el terreno (I.4.4) y las vías de acceso y colindancias (I.4.5).

La Figura 1 sitúa el predio en las tres escalas que la Manifestación emplea: la Región Ecológica de 37,971.7516 hectáreas, que corresponde a la unidad hidrográfica en la que el predio se inscribe; el Área de Influencia de 276.19 hectáreas, que delimita el entorno inmediato donde los efectos del proyecto son detectables; y el Área del Proyecto de 13.4689 hectáreas, que es la huella de la obra.

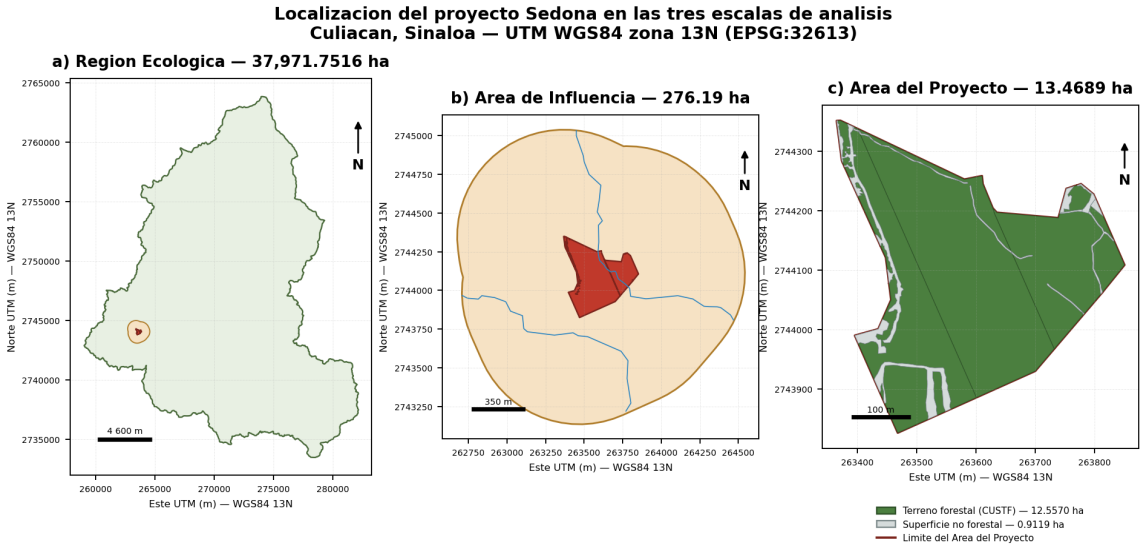


Figura 1. Localización del proyecto Fraccionamiento Sedona en las tres escalas de análisis. Fuente: elaboración propia con la cartografía digital del proyecto (Anexo I.B) y la red hidrográfica del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613); fecha de elaboración: agosto de 2026.

La lectura de la figura resume la proporción real del proyecto dentro de su entorno. El Área del Proyecto ocupa 13.4689 hectáreas, esto es, el 0.035 por ciento de las 37,971.7516 hectáreas de la Región Ecológica (13.4689 ÷ 37,971.7516 × 100) y el 4.88 por ciento de las 276.19 hectáreas del Área de Influencia (13.4689 ÷ 276.19 × 100). Esa proporción no minimiza la afectación —dentro del polígono la remoción de cobertura es total sobre 12.5570 hectáreas de selva baja caducifolia—, pero sí establece la escala en la que debe evaluarse: la pérdida es intensa y localizada, no extensiva, y ocurre en el contacto con una ciudad de la que el predio ya recibe presión. El panel c) muestra además que dentro del polígono la superficie forestal y la no forestal no son bloques separados: los caminos de terracería y las áreas desprovistas de vegetación atraviesan el predio y ya fragmentan el macizo, hecho que el Capítulo III desarrolla al caracterizar el estado de conservación de la vegetación.

I.4.1 Entidad federativa, municipio y localidad

El predio se encuentra íntegramente en el **estado de Sinaloa**, dentro del **municipio de Culiacán**, en el ámbito de la localidad de **Culiacán Rosales**, cabecera municipal y capital del estado. No existe fraccionamiento del polígono entre entidades ni entre municipios: las 13.4689 hectáreas del área del proyecto corresponden a una sola jurisdicción estatal y a una sola jurisdicción municipal, lo que simplifica la concurrencia de autoridades y evita el reparto de obligaciones entre ordenamientos municipales distintos.

En el entorno del predio, dentro del Área de Influencia y de la Región Ecológica, el Marco Geoestadístico del Instituto Nacional de Estadística y Geografía registra además las localidades de Los Nopales, Arroyo del Toro, Entrada a la Divisa, La Higuera (Palos Colorados) y El Capule. Su caracterización sociodemográfica corresponde al Capítulo III; aquí se enuncian porque delimitan el entorno poblado con el que el proyecto interactúa durante la construcción y la operación.

El predio no incide en territorio ni en localidad indígena. La capa de pueblos indígenas del Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas ubica la localidad indígena más próxima —de adscripción Tebacas— a 91,986

metros del polígono, distancia que descarta la afectación directa a tierras, sitios sagrados o rutas de uso tradicional y, con ello, el supuesto de consulta previa por incidencia territorial.

Tabla 7. Adscripción político-administrativa y catastral del predio

Concepto	Dato
Entidad federativa	Sinaloa (clave 25)
Municipio	Culiacán
Localidad de referencia	Culiacán Rosales
Sector	El Barrio
Régimen de propiedad	Privada
Número de fracciones catastrales que integran el predio	3
Superficie total del área del proyecto	13.4689 ha
Localidades del entorno registradas en el Área de Influencia y la Región Ecológica	Los Nopales, Arroyo del Toro, Entrada a la Divisa, La Higuera (Palos Colorados), El Capule
Incidencia en territorio o localidad indígena	No incide; la localidad indígena más próxima se ubica a 91,986 m

Fuente: Marco Geoestadístico Nacional del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (entidad 25, Sinaloa); catálogo de pueblos y comunidades indígenas del Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas; documentación legal del predio (Anexo I.A).

El predio se integra por tres fracciones catastrales contiguas del predio denominado El Barrio, todas en el municipio de Culiacán y todas de régimen privado. La Figura 2 muestra su configuración y la superficie que cada una aporta.

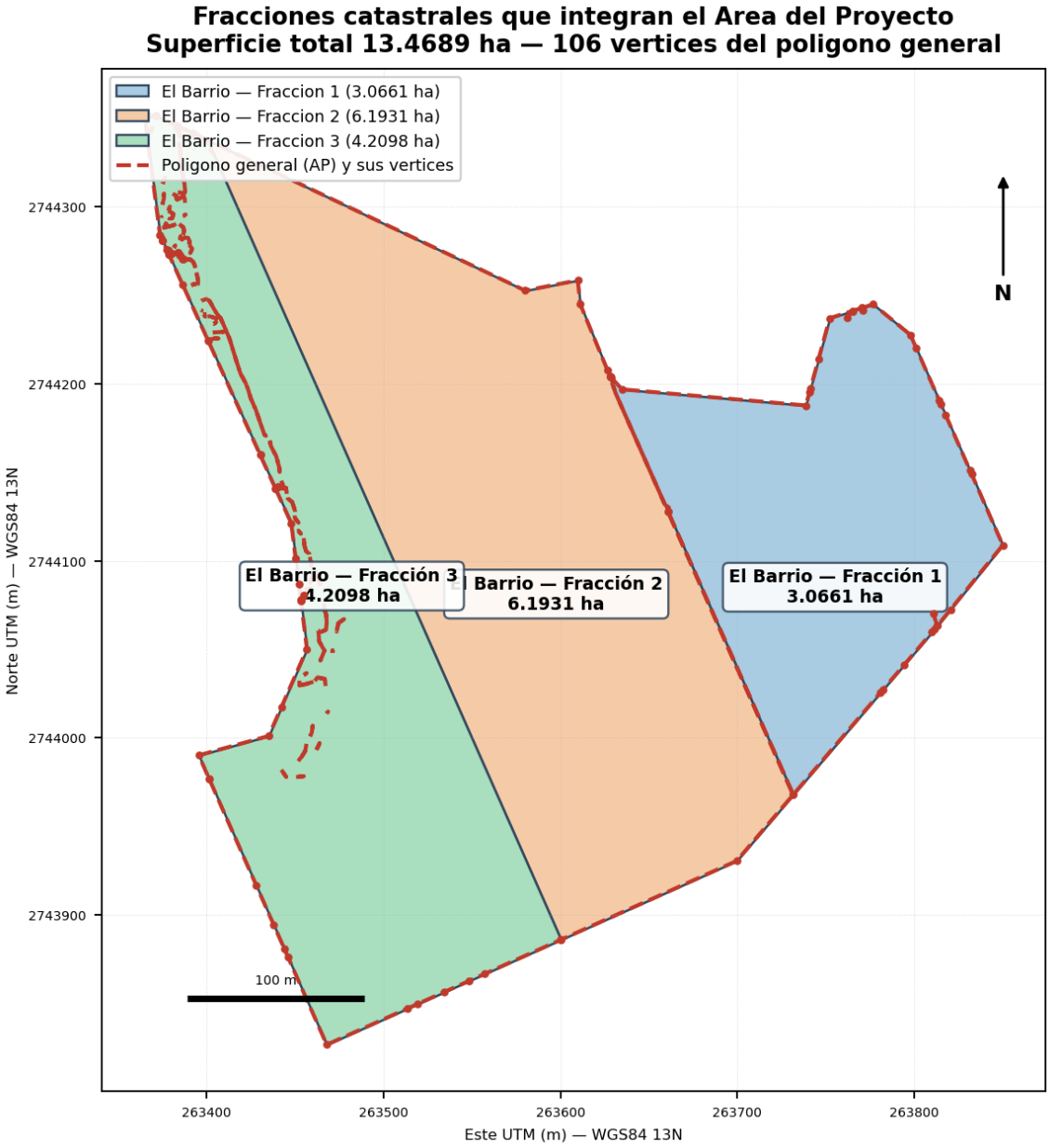


Figura 2. Fracciones catastrales que integran el Área del Proyecto y vértices del polígono general. Fuente: elaboración propia con la cartografía catastral digital del proyecto (Anexo I.B), sustentada en las escrituras y certificados de gravamen del Registro Público de la Propiedad del Estado de Sinaloa (Anexo I.A). Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613); fecha de elaboración: agosto de 2026.

La figura permite verificar tres hechos que importan para la evaluación. Primero, las tres fracciones son **contiguas y forman un polígono cerrado sin enclaves ajenos**: no hay predios de terceros dentro del área del proyecto, de modo que la ejecución no requiere servidumbres ni convenios con colindantes internos. Segundo, la suma de las superficies catastrales —3.0661, 6.1931 y 4.2098 hectáreas— arroja exactamente las **13.4689 hectáreas** del polígono general, lo que confirma que la superficie que el estudio evalúa es la

misma que respaldan los títulos de propiedad. Tercero, la fracción 2 aporta casi la mitad del predio (6.1931 hectáreas, el 45.98 por ciento del total) y es la que concentra la mayor superficie forestal continua, con 6.1301 hectáreas de selva baja caducifolia en un solo polígono; es, por tanto, la fracción donde la remoción de cobertura tendrá mayor efecto sobre la continuidad del macizo, y a la que se dirige la mayor densidad de obras de mitigación descritas en el apartado I.5.3.

I.4.2 Calle, numero, código postal y localidad

El predio del proyecto es un terreno rústico sin edificación previa y, en consecuencia, **no tiene asignado número oficial ni código postal propio**. Su referencia urbana se establece por su adscripción al sector El Barrio, en la periferia oriente de Culiacán Rosales, municipio de Culiacán, Sinaloa, y por su acceso desde la vialidad Rey Prisciliano, que el Marco Geoestadístico del Instituto Nacional de Estadística y Geografía registra como la vía de comunicación que incide sobre el predio.

La asignación de nomenclatura, numeración oficial y código postal a las vialidades y lotes del fraccionamiento es un acto posterior a la autorización del desarrollo y corresponde a la autoridad municipal. Por esa razón, la dirección que aquí se declara es la de referencia del predio y no la de las viviendas proyectadas.

Tabla 8. Referencia urbana del predio

Concepto	Dato
Calle o vialidad de referencia	Rey Prisciliano
Número oficial	No asignado — predio rústico sin edificación previa
Sector	El Barrio
Localidad	Culiacán Rosales
Municipio	Culiacán
Entidad federativa	Sinaloa
Código postal	No asignado — la nomenclatura y la numeración oficial del fraccionamiento son acto posterior a su autorización
Coordenadas del centroide del predio	263,586.53 m Este; 2,744,084.48 m Norte (UTM zona 13 Norte, WGS84)
Domicilio fiscal del promovente	Ignacio Zaragoza número 142, interior 5, colonia Centro, código postal 80000, Culiacán, Sinaloa

Fuente: Marco Geoestadístico Nacional del Instituto Nacional de Estadística y Geografía; cartografía digital del proyecto (Anexo I.B); documentación legal del promovente (Anexo I.A).

Para efectos de notificación y de identificación registral, el predio se localiza inequívocamente por sus tres claves catastrales —007-21559-001, 007-21558 y 007-21562-001— y por sus folios reales 0700425783, 0700425785 y 0700425787, inscritos en el Registro Público de la Propiedad del Estado de Sinaloa. Esa identificación es la que vincula el polígono evaluado con los títulos que acreditan la propiedad, y es más precisa que cualquier referencia por calle y número mientras el fraccionamiento no exista.

I.4.3 Coordenadas UTM/WGS84 del polígono general y de los terrenos forestales

El polígono general del proyecto queda definido por **106 vértices** que cierran una superficie de **13.4689 hectáreas**. Dentro de él, el terreno forestal sujeto a cambio de uso de suelo se distribuye en **14 polígonos**

que suman **12.5570 hectáreas** de selva baja caducifolia, y las superficies que ya no tienen cobertura forestal ocupan **8 polígonos** que suman **0.9119 hectáreas**. En conjunto, la cartografía del proyecto describe 22 polígonos con **1,428 vértices**.

Todas las coordenadas se expresan en el sistema de proyección **Universal Transversa de Mercator, zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613)**, y se acompañan de su equivalente en coordenadas geográficas del mismo datum. La declaración explícita de zona y datum no es un formalismo: una coordenada UTM sin zona es ambigua entre husos y una coordenada sin datum puede desplazarse cientos de metros respecto de la posición real, lo que haría inverificable la superficie que se autoriza.

Tabla 9. Coordenadas de los 106 vértices del polígono general

Vértice	X (m Este)	Y (m Norte)	Longitud	Latitud	Vértice	X (m Este)	Y (m Norte)	Longitud	Latitud
V1	263401.39	2743976.92	-107.340312°	24.792302°	V54	263626.56	2744207.75	-107.338125°	24.794420°
V2	263395.57	2743990.07	-107.340372°	24.792419°	V55	263628.04	2744204.17	-107.338110°	24.794387°
V3	263435.12	2744001.01	-107.339983°	24.792524°	V56	263628.04	2744204.17	-107.338110°	24.794387°
V4	263442.25	2744017.20	-107.339915°	24.792671°	V57	263628.04	2744204.17	-107.338110°	24.794387°
V5	263456.73	2744050.10	-107.339777°	24.792971°	V58	263628.71	2744203.45	-107.338103°	24.794381°
V6	263453.28	2744077.65	-107.339816°	24.793219°	V59	263634.89	2744196.82	-107.338041°	24.794322°
V7	263453.38	2744077.76	-107.339815°	24.793220°	V60	263738.74	2744187.71	-107.337013°	24.794256°
V8	263455.02	2744080.75	-107.339799°	24.793247°	V61	263740.83	2744195.33	-107.336994°	24.794325°
V9	263453.38	2744077.76	-107.339815°	24.793220°	V62	263741.38	2744197.35	-107.336988°	24.794343°
V10	263453.28	2744077.65	-107.339816°	24.793219°	V63	263745.92	2744213.88	-107.336946°	24.794493°
V11	263452.14	2744086.80	-107.339829°	24.793301°	V64	263752.25	2744237.00	-107.336888°	24.794703°
V12	263450.33	2744101.29	-107.339849°	24.793432°	V65	263765.19	2744241.14	-107.336760°	24.794742°
V13	263447.83	2744121.26	-107.339877°	24.793611°	V66	263761.92	2744237.23	-107.336792°	24.794706°
V14	263438.87	2744140.92	-107.339969°	24.793787°	V67	263765.19	2744241.14	-107.336760°	24.794742°
V15	263440.27	2744141.94	-107.339956°	24.793797°	V68	263770.56	2744242.85	-107.336708°	24.794758°
V16	263440.27	2744141.94	-107.339956°	24.793797°	V69	263771.05	2744241.38	-107.336703°	24.794745°
V17	263438.87	2744140.92	-107.339969°	24.793787°	V70	263770.56	2744242.85	-107.336708°	24.794758°
V18	263430.28	2744159.77	-107.340057°	24.793956°	V71	263776.84	2744244.86	-107.336646°	24.794778°
V19	263430.28	2744159.77	-107.340057°	24.793956°	V72	263797.90	2744227.53	-107.336435°	24.794624°
V20	263400.90	2744224.22	-107.340359°	24.794533°	V73	263801.17	2744220.08	-107.336401°	24.794558°
V21	263400.90	2744224.22	-107.340359°	24.794533°	V74	263814.11	2744190.64	-107.336268°	24.794294°
V22	263386.51	2744255.80	-107.340506°	24.794816°	V75	263815.08	2744188.45	-107.336258°	24.794274°
V23	263378.58	2744273.19	-107.340588°	24.794972°	V76	263817.78	2744182.30	-107.336231°	24.794219°

Vértice	X (m Este)	Y (m Norte)	Longitud	Latitud	Vértice	X (m Este)	Y (m Norte)	Longitud	Latitud
V24	263380.28	2744273.84	-107.340571°	24.794978°	V77	263831.46	2744151.18	-107.336090°	24.793941°
V25	263383.64	2744274.32	-107.340538°	24.794983°	V78	263832.48	2744148.86	-107.336080°	24.793920°
V26	263384.71	2744272.69	-107.340527°	24.794968°	V79	263850.08	2744108.82	-107.335899°	24.793561°
V27	263386.30	2744270.66	-107.340511°	24.794950°	V80	263820.60	2744072.48	-107.336184°	24.793229°
V28	263386.90	2744270.25	-107.340505°	24.794946°	V81	263813.07	2744063.19	-107.336257°	24.793144°
V29	263386.30	2744270.66	-107.340511°	24.794950°	V82	263810.81	2744069.95	-107.336281°	24.793204°
V30	263384.71	2744272.69	-107.340527°	24.794968°	V83	263813.07	2744063.19	-107.336257°	24.793144°
V31	263383.64	2744274.32	-107.340538°	24.794983°	V84	263811.46	2744061.20	-107.336273°	24.793126°
V32	263380.28	2744273.84	-107.340571°	24.794978°	V85	263810.10	2744059.61	-107.336286°	24.793111°
V33	263378.58	2744273.19	-107.340588°	24.794972°	V86	263794.31	2744041.14	-107.336439°	24.792942°
V34	263377.42	2744275.74	-107.340600°	24.794994°	V87	263782.21	2744026.98	-107.336556°	24.792812°
V35	263377.42	2744275.74	-107.340600°	24.794994°	V88	263780.94	2744025.50	-107.336568°	24.792799°
V36	263375.04	2744280.95	-107.340624°	24.795041°	V89	263731.59	2743967.76	-107.337046°	24.792270°
V37	263375.04	2744280.95	-107.340624°	24.795041°	V90	263660.80	2744127.75	-107.337773°	24.793703°
V38	263373.69	2744283.93	-107.340638°	24.795068°	V91	263660.80	2744127.75	-107.337773°	24.793703°
V39	263364.99	2744351.19	-107.340735°	24.795673°	V92	263731.59	2743967.76	-107.337046°	24.792270°
V40	263366.68	2744351.27	-107.340719°	24.795674°	V93	263699.67	2743930.42	-107.337356°	24.791928°
V41	263371.20	2744351.46	-107.340674°	24.795677°	V94	263600.33	2743885.91	-107.338330°	24.791511°
V42	263371.20	2744351.46	-107.340674°	24.795677°	V95	263600.33	2743885.91	-107.338330°	24.791511°
V43	263383.32	2744345.72	-107.340553°	24.795627°	V96	263600.33	2743885.91	-107.338330°	24.791511°
V44	263383.42	2744344.83	-107.340552°	24.795619°	V97	263557.22	2743866.59	-107.338753°	24.791330°
V45	263383.32	2744345.72	-107.340553°	24.795627°	V98	263548.23	2743862.56	-107.338841°	24.791292°
V46	263392.19	2744341.53	-107.340465°	24.795590°	V99	263534.35	2743856.34	-107.338977°	24.791234°
V47	263392.19	2744341.53	-107.340465°	24.795590°	V100	263519.18	2743849.54	-107.339126°	24.791170°
V48	263393.85	2744340.74	-107.340448°	24.795584°	V101	263513.68	2743847.07	-107.339180°	24.791147°
V49	263400.45	2744337.62	-107.340382°	24.795556°	V102	263467.92	2743826.57	-107.339629°	24.790955°
V50	263400.45	2744337.62	-107.340382°	24.795556°	V103	263446.06	2743875.98	-107.339853°	24.791398°
V51	263580.14	2744252.60	-107.338592°	24.794817°	V104	263443.86	2743880.95	-107.339876°	24.791442°
V52	263609.87	2744258.41	-107.338299°	24.794874°	V105	263437.94	2743894.33	-107.339937°	24.791562°
V53	263611.14	2744245.11	-107.338284°	24.794754°	V106	263428.14	2743916.46	-107.340037°	24.791760°

Fuente: cartografía digital del proyecto (Anexo I.B — archivo vectorial del polígono general y listado completo de vértices en formato de intercambio). Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613). Coordenadas geográficas referidas al mismo datum.

La distribución de los vértices refleja la forma real del predio y no una geometría regularizada. El polígono se extiende 485.1 metros en dirección Este-Oeste y 524.9 metros en dirección Norte-Sur, con un perímetro de 3,199 metros. Esa relación entre perímetro y superficie —expresada en un coeficiente de compacidad de Gravelius de 2.459— describe una figura alargada e irregular, con entrantes pronunciadas por el rumbo Noroeste que siguen el trazo del camino de terracería existente y el cauce menor que atraviesa el predio. La consecuencia práctica para la evaluación es que la relación entre borde y superficie es alta: una fracción importante del terreno forestal por remover está ya en contacto con el perímetro y, por tanto, sujeta a los efectos de borde que el Capítulo III caracteriza.

Tabla 10. Polígonos que integran el Área del Proyecto, con su superficie, cubierta y centroide

Polígono	Condición	Cubierta actual	Fracción	Superficie (ha)	N.° de vértices	X centroide (m)	Y centroide (m)
1	Forestal (CUSTF)	Selva Baja Caducifolia	1	2.4168	79	263733.96	2744108.76
2	Forestal (CUSTF)	Selva Baja Caducifolia	2	6.1301	112	263581.24	2744103.71
3	Forestal (CUSTF)	Selva Baja Caducifolia	3	2.5250	179	263485.25	2744052.83
4	Forestal (CUSTF)	Selva Baja Caducifolia	3	0.0090	8	263441.50	2743895.41
5	Forestal (CUSTF)	Selva Baja Caducifolia	3	0.6847	39	263481.65	2743889.36
6	Forestal (CUSTF)	Selva Baja Caducifolia	3	0.0958	24	263536.42	2743894.41
7	Forestal (CUSTF)	Selva Baja Caducifolia	3	0.0725	61	263378.62	2744323.53
8	Forestal (CUSTF)	Selva Baja Caducifolia	3	0.0174	26	263382.66	2744282.04
9	Forestal (CUSTF)	Selva Baja Caducifolia	3	0.0176	16	263387.68	2744264.47
10	Forestal (CUSTF)	Selva Baja Caducifolia	3	0.0788	63	263417.89	2744199.23
11	Forestal (CUSTF)	Selva Baja Caducifolia	3	0.0259	26	263449.79	2744118.03
12	Forestal (CUSTF)	Selva Baja Caducifolia	1	0.3064	18	263820.16	2744115.87
13	Forestal (CUSTF)	Selva Baja Caducifolia	1	0.0564	22	263809.32	2744183.60

Polígono	Condición	Cubierta actual	Fracción	Superficie (ha)	N.° de vértices	X centroide (m)	Y centroide (m)
14	Forestal (CUSTF)	Selva Baja Caducifolia	1	0.1206	40	263772.68	2744220.12
15	No forestal	Camino de terracería	1	0.0466	71	263797.89	2744144.97
16	No forestal	Camino de terracería	3	0.2989	299	263427.63	2744169.40
17	No forestal	Cauce	1	0.0234	43	263725.97	2744076.17
18	No forestal	Cauce	2	0.0629	100	263548.79	2744239.32
19	No forestal	Cauce	3	0.0025	10	263397.04	2744335.97
20	No forestal	Area desprovista de vegetación	1	0.0761	56	263768.53	2744216.65
21	No forestal	Area desprovista de vegetación	3	0.3817	133	263484.72	2743928.80
22	No forestal	Area desprovista de vegetación	1	0.0198	3	263802.70	2744206.38
Subtotal forestal (14 polígonos)		Selva baja caducifolia		**12.5570**	**713**		
Subtotal no forestal (8 polígonos)				**0.9119**	**715**		
Total (22 polígonos)				**13.4689**	**1428**		

Fuente: cartografía digital del proyecto (Anexo I.B); superficies leídas del atributo de área de cada polígono. Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613). El listado completo de los 1,428 vértices, polígono por polígono, se integra en el Anexo I.B en formato de intercambio (shapefile, KMZ y tabla de coordenadas).

La lectura de la tabla anterior aporta tres elementos para la evaluación. Primero, **la superficie forestal no es un bloque único**: de las 12.5570 hectáreas, tres polígonos concentran 11.0719 hectáreas —el 88.17 por ciento— y los once restantes son fragmentos que van de 0.0090 a 0.6847 hectáreas, muchos de ellos ya aislados por el camino de terracería y por las áreas desprovistas de vegetación. Segundo, **el polígono 2, con 6.1301 hectáreas, es el fragmento forestal continuo de mayor tamaño** y el que determina el peso del impacto sobre la cobertura. Tercero, **la superficie no forestal, de 0.9119 hectáreas, es igualmente heterogénea**: 0.4776 hectáreas de áreas desprovistas de vegetación, 0.3455 hectáreas de camino de terracería y 0.0888 hectáreas correspondientes al trazo de un cauce menor, cuyo tratamiento se detalla en el apartado I.9.

La correspondencia entre las tres cifras es exacta y verificable: 12.5570 hectáreas de terreno forestal más 0.9119 hectáreas sin cobertura forestal suman las 13.4689 hectáreas del polígono general. Esa misma suma

se reproduce, sin variación, en la zonificación de usos del apartado I.5.2 y en el cuadro de superficies generales del apartado I.9.

I.4.4 Uso de suelo actual del predio

El predio se encuentra **sin uso productivo ni edificación**. No hay agricultura, ganadería estabulada, aprovechamiento forestal autorizado ni instalación alguna sobre las 13.4689 hectáreas: la única infraestructura preexistente es un camino de terracería que atraviesa el terreno y que ocupa 0.3455 hectáreas. El uso actual es, por tanto, el de un terreno con cobertura vegetal natural en el borde de la ciudad, sujeto a la presión difusa que caracteriza a los predios periurbanos —tránsito, extracción de leña, apertura informal de veredas— y no a un aprovechamiento formal.

La cubierta se distribuye en cuatro clases. La **selva baja caducifolia** ocupa 12.5570 hectáreas, el 93.23 por ciento del predio (12.5570 ÷ 13.4689 × 100), y constituye el terreno forestal cuyo cambio de uso se solicita. Las **áreas desprovistas de vegetación** suman 0.4776 hectáreas y corresponden a superficies donde la cobertura ya fue removida y el suelo quedó expuesto. El **camino de terracería** ocupa 0.3455 hectáreas. Un **cauce menor** atraviesa el predio y su trazo ocupa 0.0888 hectáreas. Las tres últimas clases, que suman 0.9119 hectáreas, no son terreno forestal y por eso quedan fuera de la superficie de cambio de uso de suelo, aunque sí forman parte del área del proyecto y de la evaluación de impactos.

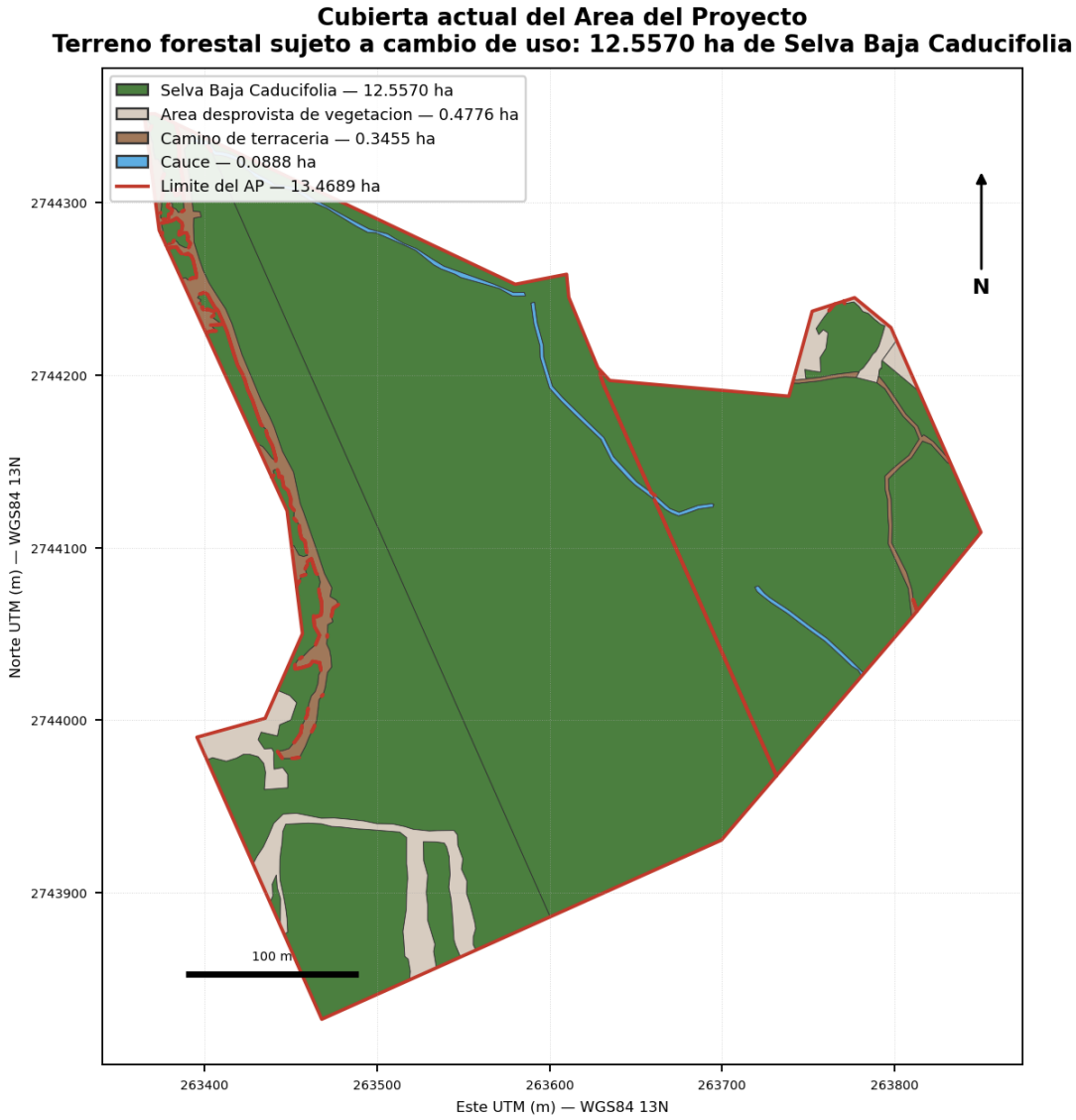


Figura 3. Cubierta actual del Área del Proyecto: terreno forestal y superficies sin cobertura forestal. Fuente: elaboración propia con la cartografía de vegetación del proyecto, levantada por fotointerpretación y verificada en campo (Anexo I.B y Anexo III.A — informe de fotointerpretación). Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613); fecha de elaboración: agosto de 2026.

La figura muestra que **la selva baja caducifolia no ocupa el predio como un macizo homogéneo**. El camino de terracería y las áreas desprovistas de vegetación lo cruzan de Noroeste a Sureste y de Noreste a Suroeste, y ya han seccionado la cobertura en un fragmento mayor de 6.1301 hectáreas al centro, uno de 2.4168 hectáreas al Este, otro de 2.5250 hectáreas al Oeste y once fragmentos menores. Este dato es relevante para la evaluación por dos razones opuestas que conviene sostener a la vez: por un lado, la vegetación que se removerá **ya está fragmentada y expuesta a efectos de borde**, de modo que su condición no es la de un rodal íntegro; por otro lado, **el proyecto elimina de manera completa esos**

fragmentos, y no se sostiene que su estado previo reduzca la magnitud de la pérdida. Ambas cosas son ciertas y ambas se llevan al Capítulo IV.

Tabla 11. Uso y cubierta actual del suelo en el Área del Proyecto

Cubierta actual	Condición	Superficie (ha)	Porcentaje del predio	N.° de polígonos
Selva baja caducifolia	Terreno forestal	12.5570	93.23	14
Áreas desprovistas de vegetación	No forestal	0.4776	3.55	3
Camino de terracería	No forestal	0.3455	2.56	2
Cauce menor	No forestal	0.0888	0.66	3
Total		**13.4689**	**100.00**	**22**

Fuente: cartografía de vegetación y uso del suelo del proyecto (Anexo I.B); superficies leídas del atributo de cada polígono. Los porcentajes se obtienen como superficie de la clase entre 13.4689 hectáreas por cien.

El predio se inscribe en un entorno donde la selva baja caducifolia todavía es la cubierta dominante hacia el Sur y el Sureste, mientras que hacia el Oeste la ciudad ya la sustituyó. La Figura 4 muestra esa transición en el Área de Influencia.

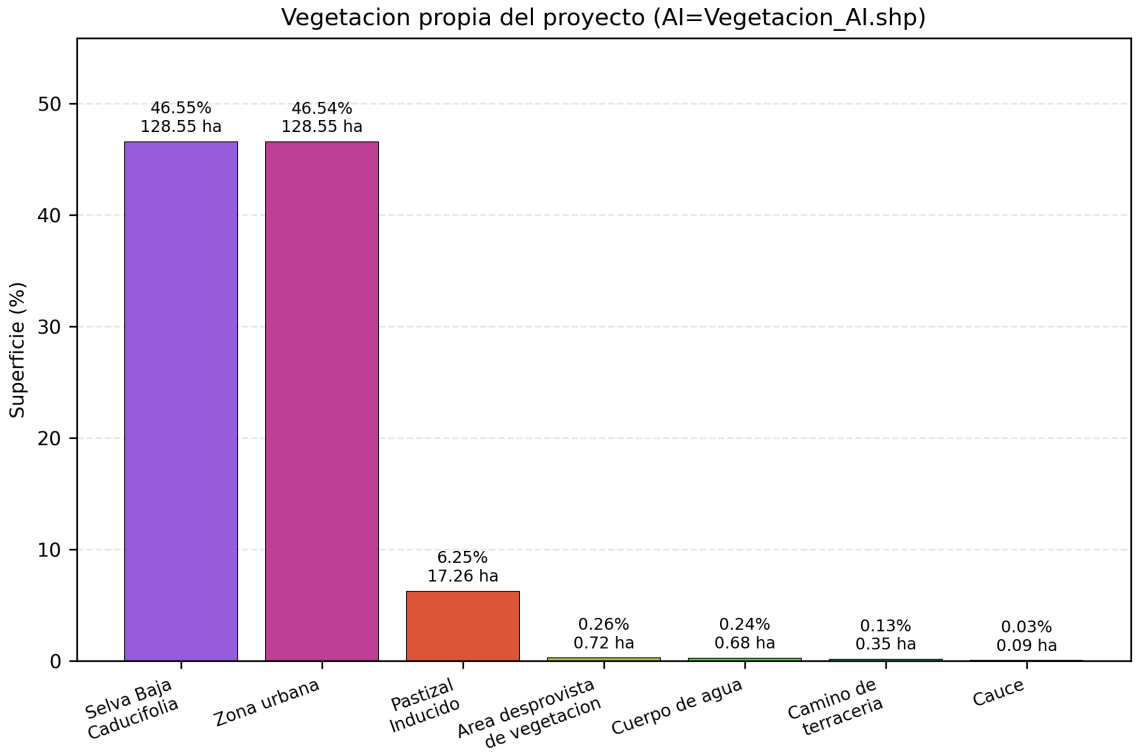


Figura 4. Vegetación y uso del suelo en el Área de Influencia. Fuente: cartografía de vegetación del proyecto levantada por fotointerpretación sobre imagen de alta resolución y verificada en campo (Anexo I.B). Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613).

En las 276.19 hectáreas del Área de Influencia, la selva baja caducifolia cubre 128.5536 hectáreas y la zona urbana 128.5484 hectáreas: la superficie de una y otra es prácticamente idéntica, lo que confirma que **el**

predio se sitúa exactamente sobre la línea de contacto entre la ciudad y el terreno forestal. Completan el entorno 17.2611 hectáreas de pastizal inducido hacia el rumbo Suroeste —testimonio de una conversión agropecuaria previa que ya alteró la cubierta original— y 0.6750 hectáreas de cuerpos de agua. El proyecto, por tanto, ocupa el frente donde la urbanización avanza, y no un enclave interior del macizo forestal.

Las condiciones físicas del terreno determinan tanto la aptitud del predio para el desarrollo como el tipo de medidas que el proyecto debe adoptar. Las cuatro figuras siguientes caracterizan el sustrato, el suelo y su condición actual dentro del Área del Proyecto.

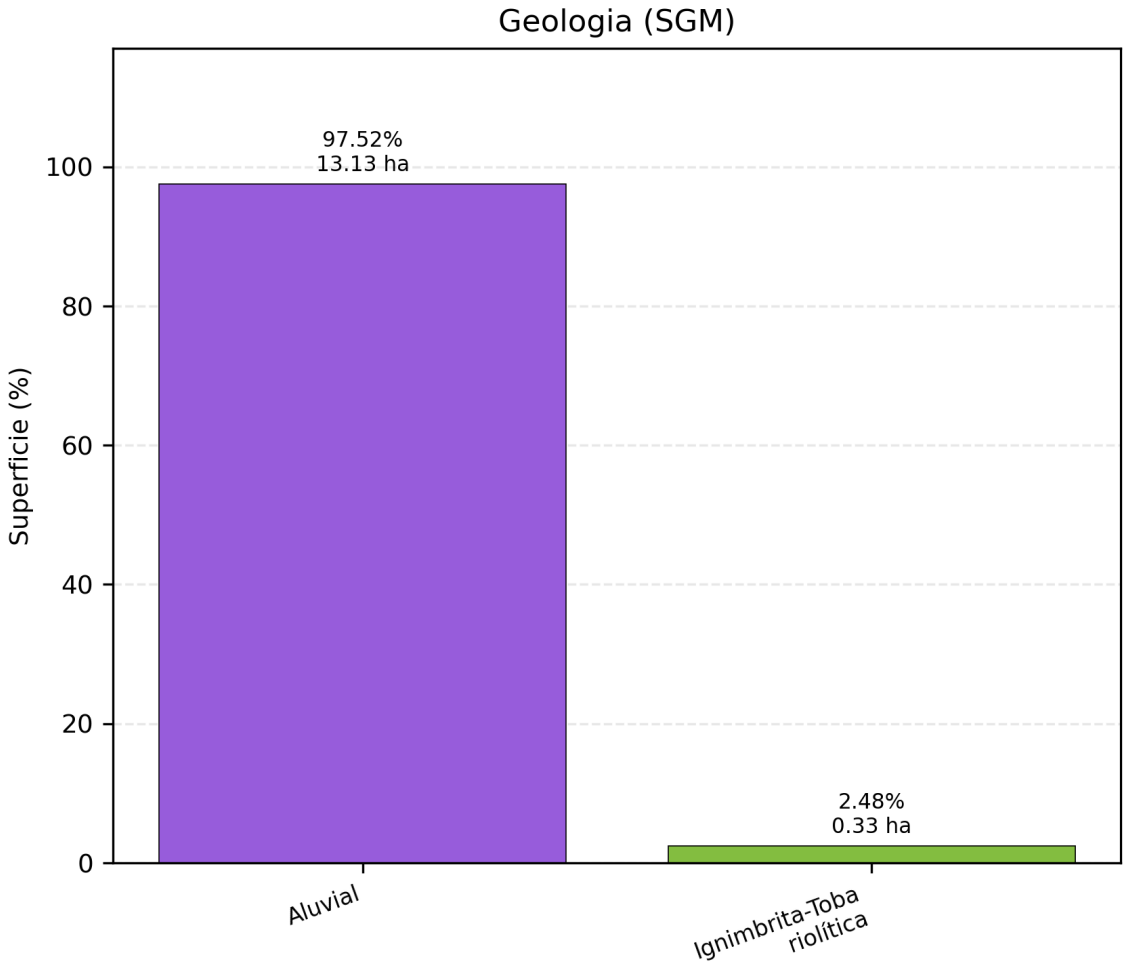


Figura 5. Geología del Área del Proyecto. Fuente: Carta Geológica del Servicio Geológico Mexicano e Instituto Nacional de Estadística y Geografía, recortada al polígono del proyecto. Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613).

El sustrato es **aluvial en el 97.52 por ciento del predio —13.13 hectáreas—**, y sólo 0.33 hectáreas, el 2.48 por ciento restante, corresponden a ignimbrita y toba riolítica. Un sustrato aluvial implica materiales no consolidados, de granulometría heterogénea y con buena permeabilidad, condición que favorece la infiltración pero que también reduce la cohesión del terreno durante los movimientos de tierra. Esa combinación es la

que justifica que el proyecto incorpore obras de control de escorrentía y una superficie explícita de restricción pluvial, descritas en los apartados I.5.2 y I.5.3.

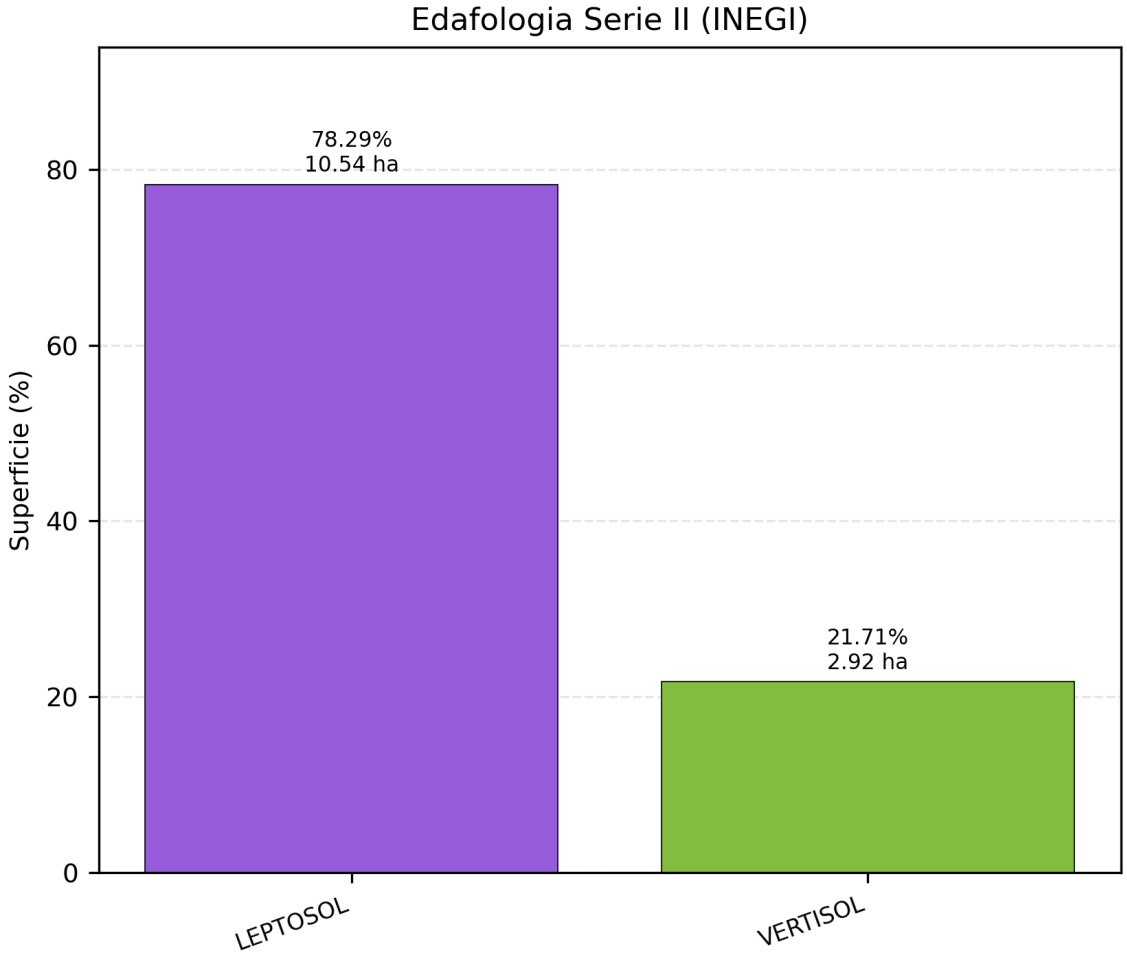


Figura 6. Unidades de suelo del Área del Proyecto. Fuente: Conjunto de Datos de Perfiles de Suelos, Serie II, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, recortado al polígono del proyecto. Clasificación conforme a la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613).

La unidad dominante es el **Leptosol, presente en 10.54 hectáreas, el 78.29 por ciento del predio**, acompañado de Vertisol en las 2.92 hectáreas restantes, el 21.71 por ciento; la textura dominante es media. El Leptosol es un suelo somero, limitado en profundidad por roca o por material esquelético, de escasa capacidad de retención de humedad y muy vulnerable a la pérdida por erosión una vez removida la cobertura vegetal que lo protege. Esta característica tiene una consecuencia directa sobre el diseño del proyecto: el horizonte orgánico que se despalme es un recurso escaso y difícil de reponer, por lo que el proyecto contempla su conservación y reincorporación en las superficies que se restauran, conforme se describe en el apartado I.5.3.

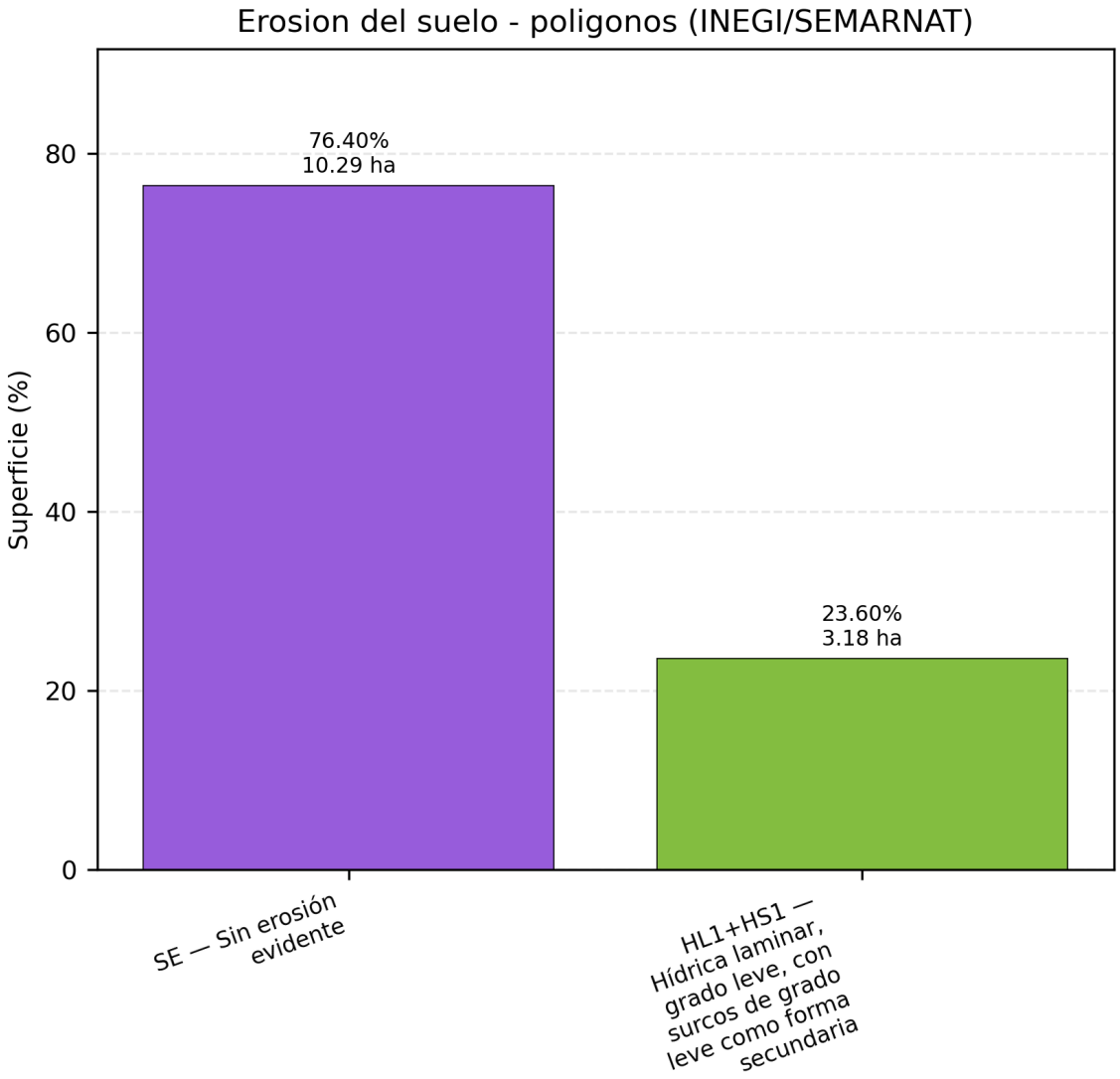


Figura 7. Condición de erosión del suelo en el Área del Proyecto. Fuente: cartografía de erosión del suelo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, recortada al polígono del proyecto. Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613).

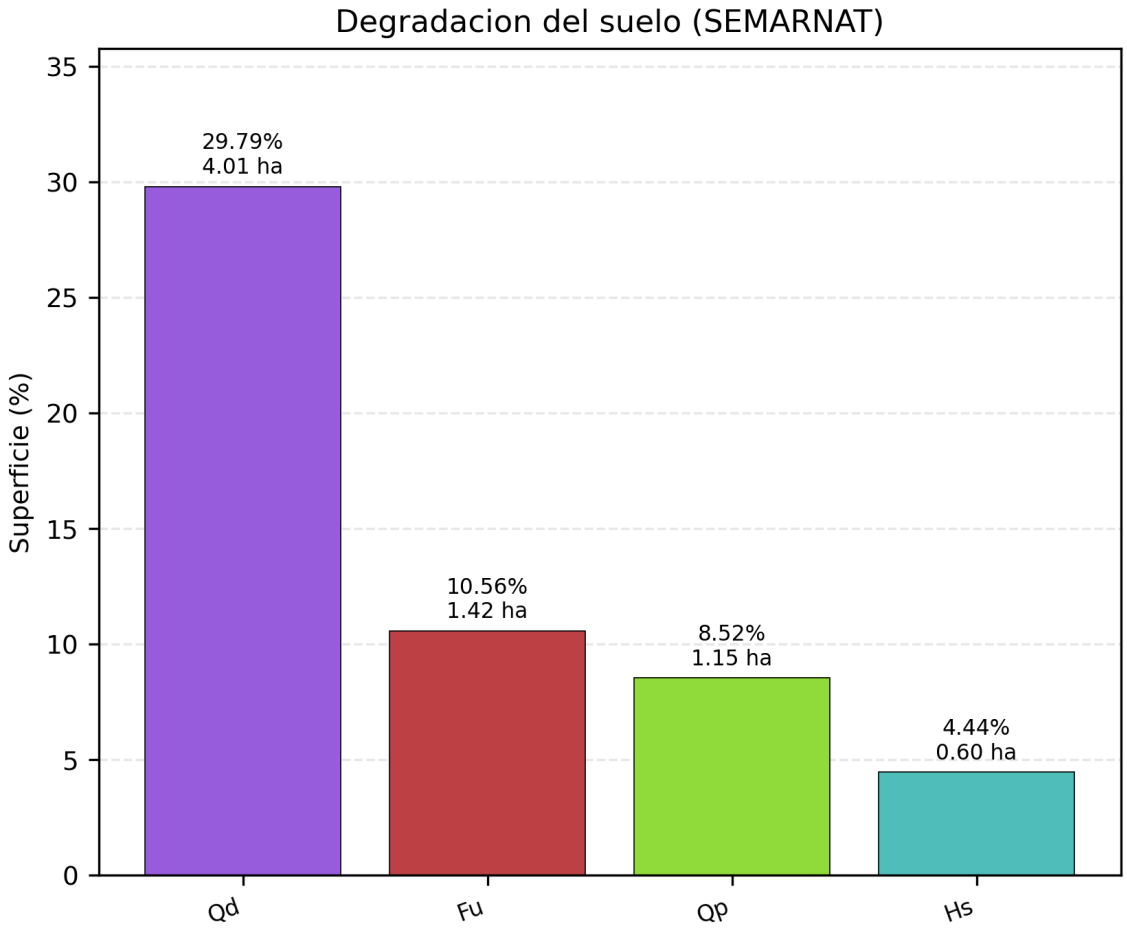


Figura 8. Grado de degradación del suelo en el Área del Proyecto. Fuente: cartografía de degradación del suelo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía y de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, recortada al polígono del proyecto. Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613).

La cartografía oficial clasifica el **53.31 por ciento del predio como suelo degradado**, con cuatro procesos concurrentes que afectan, respectivamente, 4.01 hectáreas (29.79 por ciento), 1.42 hectáreas (10.56 por ciento), 1.15 hectáreas (8.52 por ciento) y 0.60 hectáreas (4.44 por ciento) de la superficie. El dato importa porque desmiente dos lecturas extremas. No es cierto que el predio sea un terreno prístino cuya afectación resulte irreparable, ni es cierto que su condición degradada vuelva irrelevante la remoción de la cobertura: en un suelo somero y ya degradado, retirar la vegetación que lo sujeta acelera precisamente los procesos que la cartografía documenta. Por eso el proyecto no se limita a compensar la superficie forestal removida, sino que incorpora obras de control de erosión dentro del propio predio, cuyo dimensionamiento se detalla en el apartado I.5.3 y cuya eficacia se cuantifica en el Capítulo IV.

El relieve completa la caracterización del terreno y explica la zonificación de usos que el proyecto propone.

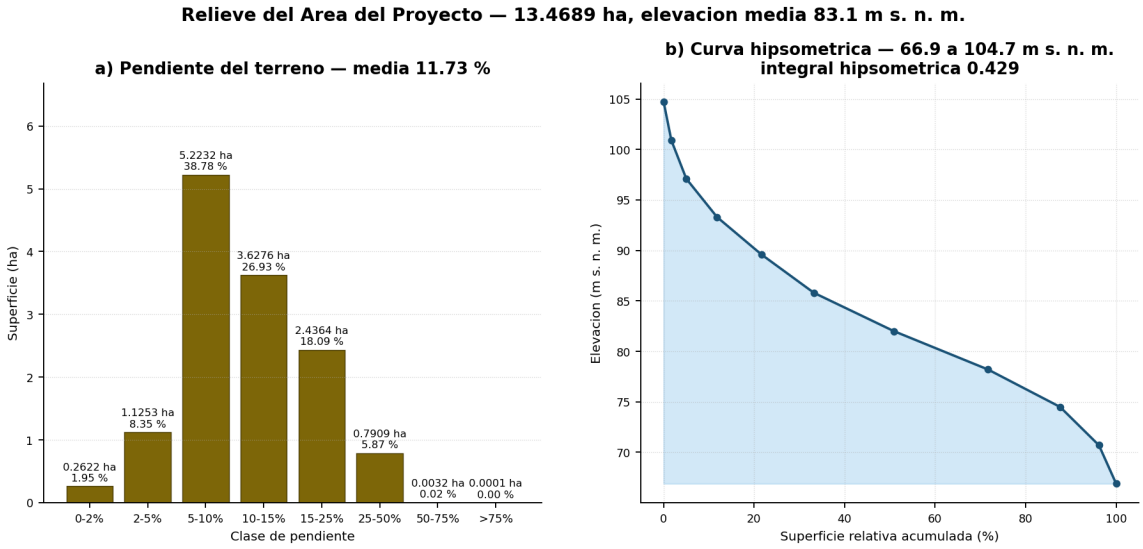


Figura 9. Relieve del Área del Proyecto: distribución de la pendiente y curva hipsométrica. Fuente: elaboración propia a partir del modelo digital de elevación de 5 metros de resolución del predio (Anexo I.B). Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613).

El predio se desarrolla entre los **66.9 y los 104.7 metros sobre el nivel del mar**, con una elevación media de 83.1 metros y un relieve total de 37.8 metros. La pendiente media es de **11.73 por ciento** y la clase dominante es la de 5 a 10 por ciento, que ocupa 5.2232 hectáreas —el 38.78 por ciento del predio—; le siguen la clase de 10 a 15 por ciento con 3.6276 hectáreas (26.93 por ciento) y la de 15 a 25 por ciento con 2.4364 hectáreas (18.09 por ciento). Sólo 0.7942 hectáreas —el 5.89 por ciento— superan el 25 por ciento de pendiente.

Esa distribución explica dos decisiones de diseño que el proyecto adopta y que se describen en el apartado I.5.2. Primera, **la superficie con pendiente fuerte se excluye de la vivienda**: el proyecto destina 1.1648 hectáreas a área de talud declarada no apta para vivienda, superficie que coincide con las clases de pendiente superiores y que en su mayor parte —1.0758 hectáreas— se clasifica como afectación temporal con compromiso de restauración. Segunda, **la integral hipsométrica de 0.429** describe un terreno en madurez geomorfológica, con las mayores superficies concentradas en la parte baja de la vertiente; la urbanización se concentra precisamente ahí, donde el movimiento de tierras es menor y la estabilidad mayor.

Las 24 láminas temáticas de la Región Ecológica y las 17 figuras de escala regional disponibles en la cartografía del proyecto —acuíferos, clima, cuerpos de agua, degradación y erosión del suelo, edafología, fisiografía, geología, hidrografía, regionalización sísmica, riesgo de ciclones, deforestación, granizo, sequía y tormentas eléctricas, subcuencas, topoformas, uso del suelo y vegetación del INEGI, vulnerabilidad a inundación, pendiente, elevación y exposición— no se reproducen en este apartado porque describen la Región Ecológica de 37,971.7516 hectáreas y no el Área del Proyecto: su lugar editorial es el Capítulo III, que caracteriza el sistema ambiental en esa escala, y duplicarlas aquí obligaría al evaluador a leer dos veces la misma información con distinta numeración. Este apartado emplea únicamente los recortes al polígono del proyecto, que son los que describen el predio evaluado. Se exceptúan las láminas de peligro por ciclones tropicales y de vulnerabilidad a inundación, que sí se emplean en el apartado I.5.1 porque ahí determinan un criterio de diseño del proyecto.

I.4.5 Vías de acceso y colindancias

El acceso al predio se resuelve por infraestructura existente y no requiere abrir ninguna vía nueva fuera del polígono. La vialidad **Rey Prisciliano**, que el Marco Geoestadístico del Instituto Nacional de Estadística y Geografía registra como la vía de comunicación que incide sobre el predio, conecta el terreno con la red urbana de Culiacán Rosales por el rumbo Oeste. Desde esa vialidad, un **camino de terracería preexistente de 0.3455 hectáreas** penetra el predio y lo recorre de Noroeste a Sureste; ese camino es el que utilizará la maquinaria durante la preparación del sitio y el que, una vez urbanizado, quedará integrado al trazo de vialidad del fraccionamiento.

Que el acceso ya exista tiene una consecuencia ambiental que conviene explicitar: **el proyecto no genera afectación por caminos de acceso**. La apertura de brechas para llegar a un predio suele ser, en desarrollos de este tipo, una fuente de impacto adicional que se extiende fuera del área evaluada; aquí no ocurre, porque las 13.4689 hectáreas del área del proyecto contienen ya toda la traza que el desarrollo necesita y porque la conexión con la red municipal se realiza sobre vialidad pública consolidada.

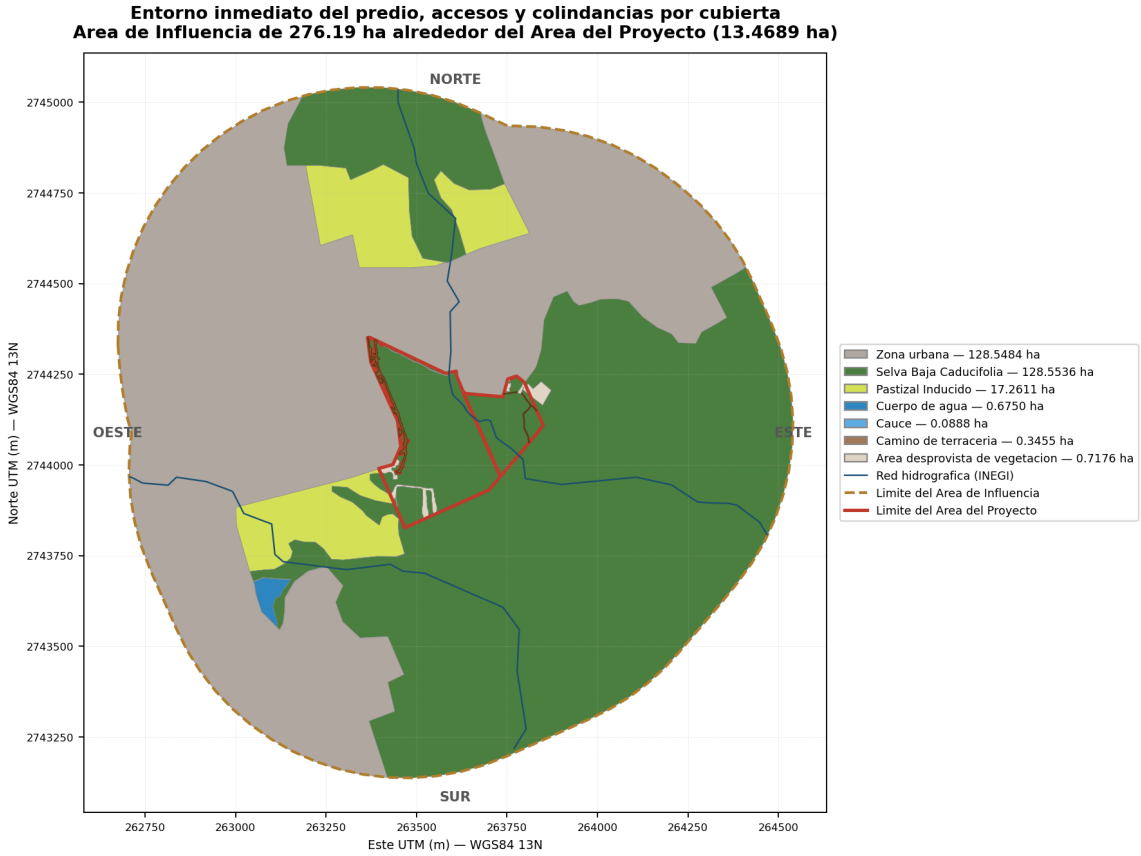


Figura 10. Entorno inmediato del predio, accesos y colindancias por cubierta, dentro del Área de Influencia. Fuente: elaboración propia con la cartografía de vegetación y uso del suelo del proyecto (Anexo I.B) y la red hidrográfica del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613); fecha de elaboración: agosto de 2026.

La figura permite describir las colindancias por el tipo de cubierta con el que el predio confronta en cada rumbo. Por el **rumbo Oeste**, el predio colinda directamente —sin franja intermedia— con el área urbana

consolidada de Culiacán Rosales, que suma 128.5484 hectáreas dentro del Área de Influencia; esa colindancia es la que hace viable la conexión a las redes municipales de agua potable, drenaje sanitario y energía eléctrica. Por los **rumbos Sur y Sureste**, la colindancia es con superficies que conservan selva baja caducifolia, con 128.5536 hectáreas en el Área de Influencia; es el frente donde el proyecto confronta directamente vegetación forestal continua y donde la mitigación in situ concentra su esfuerzo. Por el **rumbo Suroeste** predominan pastizales inducidos, con 17.2611 hectáreas, resultado de una conversión agropecuaria anterior. Por el **rumbo Noreste** se localizan áreas desprovistas de vegetación y la continuación del camino de terracería que da acceso al predio.

Tabla 12. Vías de acceso y colindancias del predio

Rumbo	Colindancia por cubierta o infraestructura	Superficie en el Área de Influencia (ha)	Observación
Oeste	Área urbana consolidada de Culiacán Rosales	128.5484	Colindancia directa; punto de conexión a redes municipales
Sur y Sureste	Selva baja caducifolia	128.5536	Frente forestal continuo; concentra la mitigación in situ
Suroeste	Pastizal inducido	17.2611	Conversión agropecuaria previa
Noreste	Áreas desprovistas de vegetación y camino de terracería	0.7176 y 0.3455	Continuación del acceso existente
Acceso principal	Vialidad Rey Prisciliano	—	Vía pública consolidada; incide sobre el predio
Acceso interior	Camino de terracería preexistente	0.3455 (dentro del predio)	Recorre el predio de Noroeste a Sureste
Norte	Fraccionamiento Torralba II	—	Desarrollo habitacional consolidado; sobre su red se conecta el drenaje sanitario
Oeste	Colonia El Barrio	—	Asentamiento contiguo al predio, en el borde oriente de la ciudad

Fuente: cartografía de vegetación y uso del suelo del proyecto (Anexo I.B); Marco Geoestadístico Nacional del Instituto Nacional de Estadística y Geografía; superficies leídas del atributo de cada polígono. Las colindancias por desarrollo y asentamiento provienen de la Certificación de Cabildo 022/2026 del Ayuntamiento de Culiacán y de la Constancia de Zonificación D.US-CZO/116/25 de la Secretaría de Desarrollo Urbano Sustentable (Anexo I.A).

Las colindancias del predio se describen por cubierta, por asentamiento y por infraestructura, y no por propietario vecino. La razón consta en el expediente: **los certificados registrales de las tres fracciones son certificados de gravamen, no descriptivos**, y por su naturaleza consignan el cuadro de construcción de cada poligonal y su situación de libertad de gravamen, pero no enumeran colindantes nominales; el plano de lotificación autorizado tampoco los rotula. La identificación registral del predio es inequívoca por otra vía —tres folios reales, tres claves catastrales y el cuadro de construcción de cada fracción, que el apartado I.4.3 reproduce—, de modo que la ausencia de nombres de vecinos no deja indeterminado el polígono evaluado. Lo que aquí importa para el análisis ambiental es con qué **confronta** el predio en cada rumbo, y eso sí está resuelto: área urbana y asentamientos por el Oeste y el Norte, y frente forestal continuo por el Sur y el Sureste.

El entorno hidrográfico completa la descripción de la ubicación. El **Arroyo del Toro**, elemento hidrográfico más próximo, corre a **232.0 metros** del polígono del proyecto; el cuerpo de agua perenne más cercano se localiza a **1,400.5 metros** y el intermitente a **9,475.9 metros**. Dentro del predio existe un cauce menor de trazo intermitente que ocupa 0.0888 hectáreas y que la cartografía del proyecto delimita como superficie no forestal.

El proyecto no incide en zona federal. El rasgo interior es un escurrimiento menor de trazo intermitente y orden local, sin zona federal delimitada, y ninguna obra del fraccionamiento —vialidad, lote, red de servicio u obra de mitigación— se proyecta sobre él: sus 0.0888 hectáreas quedan excluidas del cambio de uso de suelo y libres de ocupación, conforme se declara en el apartado I.9. Esa exclusión no es una consecuencia del trazo de la lotificación sino una restricción de diseño, y por eso el estudio la sostiene como superficie con destino fijo y no como remanente disponible.

I.5 Descripción especifica de las obras y actividades

El proyecto Fraccionamiento Sedona consiste en urbanizar 13.4689 hectáreas y edificar sobre ellas 707 viviendas, organizadas en un desarrollo con cuatro condominios y una fracción de urbanización municipal. La ejecución se distribuye en **cinco etapas a lo largo de cinco años**, y cada etapa comprende la remoción de la cobertura vegetal de su propia superficie, el movimiento de tierras, la introducción de redes de infraestructura, la construcción de vialidad y la edificación de la vivienda que le corresponde.

La secuencia constructiva no es un detalle administrativo: es el elemento que gobierna la magnitud temporal de la afectación. Al fraccionar la obra en cinco anualidades, la remoción de cobertura no ocurre de una sola vez sobre las 12.5570 hectáreas forestales, sino que se distribuye en superficies que van de 1.7516 a 4.1381 hectáreas por año. Esa gradualidad permite que las medidas de mitigación y las obras de conservación de suelo se ejecuten en paralelo al avance, y que las superficies comprometidas a restauración se traten conforme cada frente se libera, en lugar de esperar al cierre del desarrollo.

Los apartados siguientes describen la naturaleza y justificación del proyecto (I.5.1), las obras y actividades principales por etapa y por componente (I.5.2), las obras complementarias, incluidas las de mitigación y conservación (I.5.3), las obras temporales previstas (I.5.4) y el tratamiento del cierre, desmantelamiento y restauración (I.5.5).

Tabla 13. Distribución de la ejecución por etapa

Etapa	Año de ejecución	Superficie a intervenir (ha)	Porcentaje del área del proyecto
Municipal	1	4.1381	30.72
Condominio A	2	1.7784	13.20
Condominio B	3	3.7977	28.20
Condominio C	4	2.0031	14.87
Condominio D	5	1.7516	13.00
Total		**13.4689**	**100.00**

Fuente: zonificación de la obra sobre la cartografía digital del proyecto (Anexo I.B); superficies leídas del atributo de cada polígono. Los porcentajes se obtienen como superficie de la etapa entre 13.4689 hectáreas por cien.

La etapa Municipal, que se ejecuta en el primer año, es la de mayor superficie porque comprende la vialidad municipal, la infraestructura de cabecera y las áreas de donación: es la obra que habilita el acceso y los servicios de todo el desarrollo, y por eso antecede a los condominios. Las cuatro etapas condominales que le siguen edifican la vivienda sobre superficies ya servidas.

I.5.1 Naturaleza, objetivos y justificación

Naturaleza del proyecto. Fraccionamiento Sedona es un desarrollo inmobiliario habitacional de tipo condominal, con 707 viviendas unifamiliares y plurifamiliares, vialidad propia, áreas comunes, áreas de donación municipal y las redes de agua potable, drenaje sanitario, drenaje pluvial y energía eléctrica que las sirven. La obra corresponde a la construcción de obras de urbanización (clave 237212 del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, SCIAN México 2023, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía), complementada con la división de terrenos (237211) y la edificación de vivienda unifamiliar y multifamiliar (236111 y 236112).

Objetivo del proyecto. Producir 707 viviendas con servicios completos en el borde oriente de Culiacán Rosales, sobre suelo con acceso a la red municipal de infraestructura, en el marco del crecimiento de la capital del estado de Sinaloa. Los objetivos particulares son cuatro: urbanizar las 13.4689 hectáreas del predio con la traza y las secciones que la normativa municipal exige; introducir las redes de servicios conectadas a la infraestructura existente; edificar la vivienda conforme al programa de cinco etapas; y ejecutar las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración que la propia Manifestación propone, incluida la reforestación de un predio de compensación de 43.3217 hectáreas.

Justificación. El argumento del proyecto se sostiene en cuatro términos que conviene enunciar completos y en ese orden, porque separarlos es lo que convierte una justificación en un alegato.

La demanda existe y es específica. Culiacán es la capital y la ciudad más poblada de Sinaloa, y su crecimiento demográfico y económico sostiene una demanda continua de vivienda formal con servicios. Esa demanda no se satisface con suelo indefinido: se satisface con suelo servido, esto es, con predios que puedan conectarse a las redes existentes sin obra de cabecera adicional. El predio de Sedona reúne esa condición porque colinda directamente por el rumbo Oeste con la mancha urbana consolidada.

Satisfacerla implica una afectación real, que este estudio no minimiza. El proyecto removerá **12.5570 hectáreas de selva baja caducifolia**, con la pérdida de la cobertura, del hábitat que sostiene y de los servicios ambientales asociados —retención de suelo, infiltración, captura de carbono, refugio de fauna—. Esa pérdida es permanente sobre 12.1378 hectáreas del predio y no admite compensación en el mismo sitio. Reconocerlo es el punto de partida del argumento y no su punto débil: un estudio que presentara la afectación como marginal quedaría desmentido por sus propias cifras.

El mérito del proyecto no es no afectar, sino afectar de forma sustentable. El desarrollo se ejecuta sobre un predio que ya está bajo presión urbana, con el 53.31 por ciento de su suelo clasificado como degradado por la cartografía oficial, atravesado por un camino de terracería y con la cobertura forestal ya fragmentada en catorce polígonos. Frente a esa condición, el proyecto adopta cinco decisiones que lo hacen compatible con la permanencia de los servicios ambientales: excluye de la vivienda 1.1648 hectáreas de talud por su pendiente; reserva 0.2007 hectáreas como área de restricción pluvial; compromete la restauración de 1.3311 hectáreas y conserva sin despalme 1.9129 hectáreas; ejecuta obras de mitigación in situ —terrazas individuales, acomodo de material vegetal del desmonte y cortinas rompevientos con especies nativas—

sobre la superficie del propio predio; y compensa la pérdida forestal con la reforestación de un predio de 43.3217 hectáreas, superficie 3.45 veces mayor que la removida (43.3217 ÷ 12.5570).

Sobre esa base se identifican las oportunidades. La ocupación de un predio de borde, ya servido, evita la alternativa realista de un crecimiento disperso que consumiría más suelo forestal por vivienda producida y exigiría obra de cabecera nueva. El desarrollo genera empleo directo durante cinco años de construcción, incorpora al patrimonio municipal áreas de donación por 0.2054 hectáreas y áreas verdes por 0.0483 hectáreas, y aporta infraestructura de agua, drenaje y vialidad que queda a cargo del municipio.

Dos condiciones del entorno físico determinan criterios de diseño del proyecto y por eso se documentan aquí y no en la caracterización ambiental. La primera es el **peligro por ciclones tropicales, clasificado como alto** en la totalidad del predio; la segunda es la **vulnerabilidad a inundación, clasificada como alta**. Ambas se refieren a fenómenos hidrometeorológicos cuya combinación —lluvia intensa concentrada sobre suelo somero de baja retención— es la que obliga a dimensionar el drenaje pluvial y a reservar superficie de restricción.

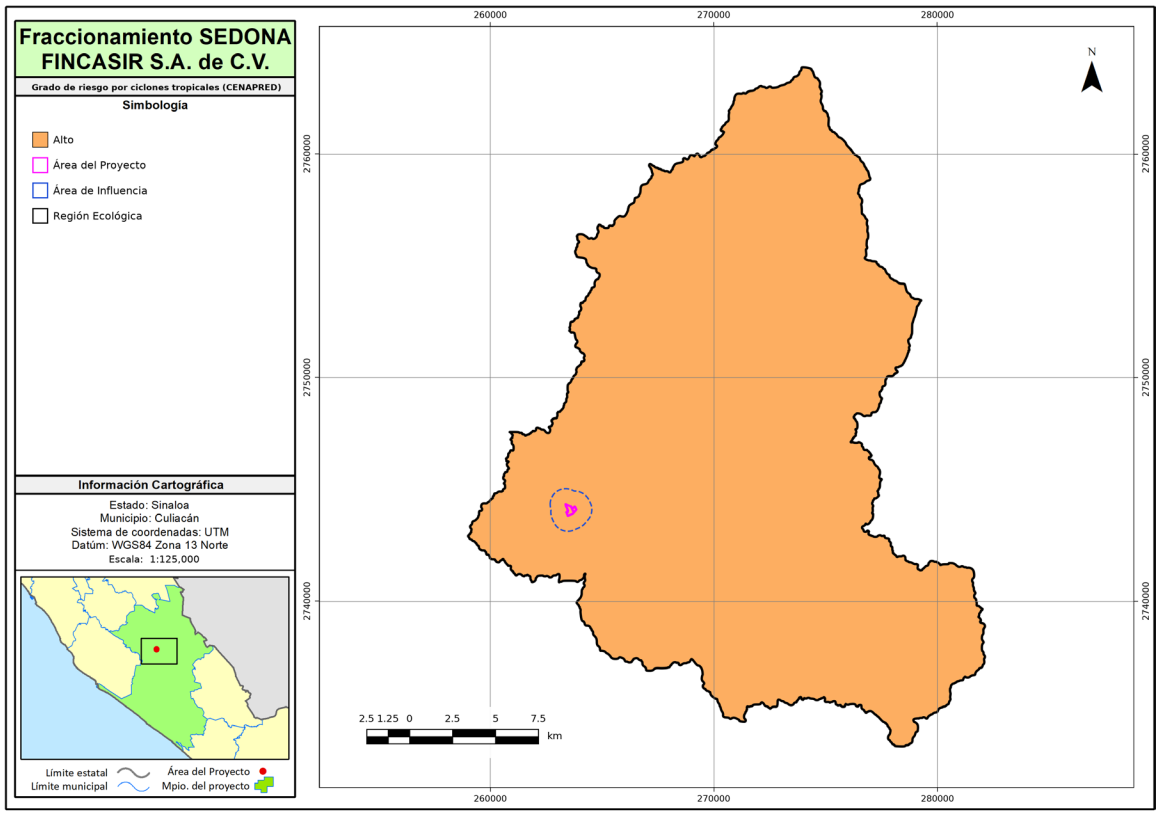


Figura 11. Peligro por ciclones tropicales en la región donde se inserta el proyecto. Fuente: Atlas Nacional de Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres. Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613).

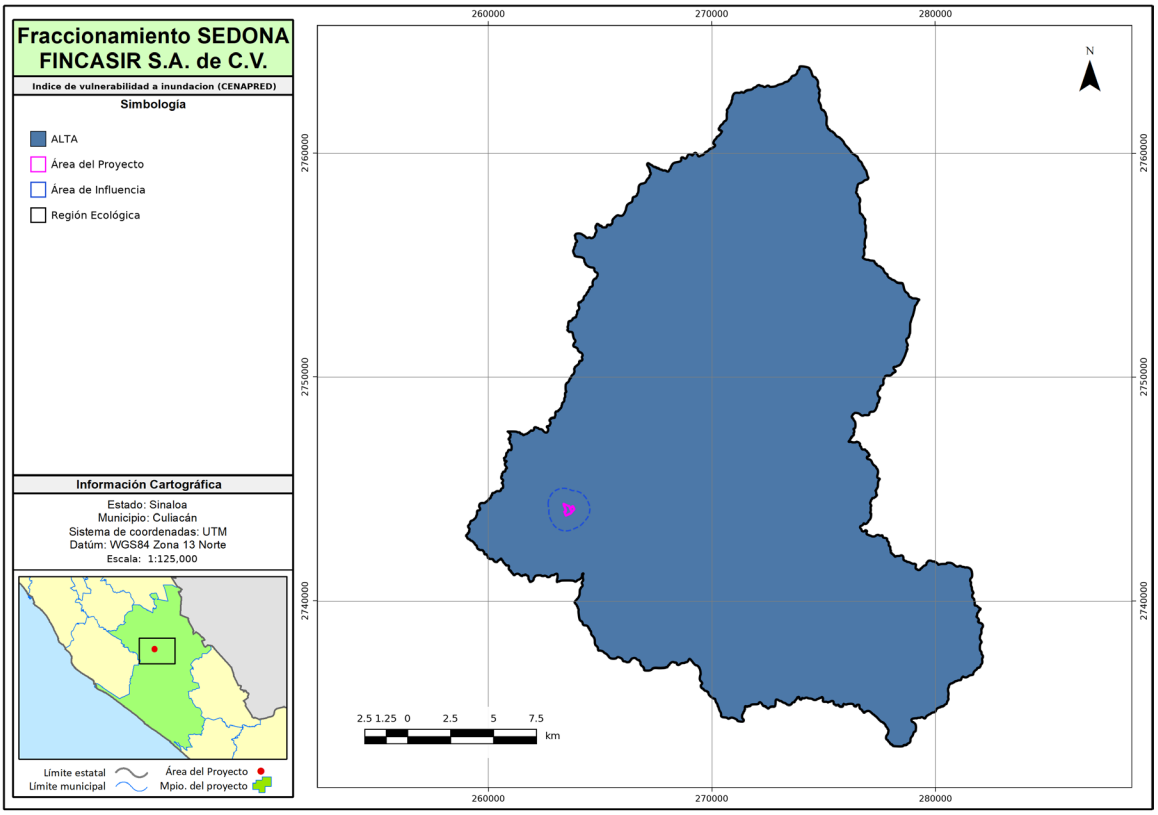


Figura 12. Vulnerabilidad a inundación en la región donde se inserta el proyecto. Fuente: Atlas Nacional de Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres y cartografía municipal de vulnerabilidad. Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613).

La lectura conjunta de ambas figuras explica tres componentes del proyecto que, de otro modo, parecerían superficie desaprovechada. El **área de restricción pluvial de 0.2007 hectáreas** existe porque el escurrimiento concentrado durante eventos ciclónicos requiere una franja libre de edificación que conduzca el agua sin dañar la vivienda. El **área de talud no apta para vivienda, de 1.1648 hectáreas**, se sustrae de la edificación porque las clases de pendiente superiores al 15 por ciento, sobre Leptosol somero y sustrato aluvial no consolidado, son las más expuestas a deslizamiento durante lluvia intensa. Y las **cortinas rompevientos con especies nativas**, descritas en el apartado I.5.3, atienden el componente eólico de esos mismos eventos. Ninguna de las tres es una concesión estética: las tres son la respuesta de diseño a un peligro que la cartografía oficial documenta y que el proyecto no puede eliminar, sólo acomodar.

Compatibilidad con la planeación urbana municipal

El predio no es suelo que el proyecto proponga urbanizar contra la planeación: **es suelo que la planeación municipal ya destinó a este uso y con esta densidad**. El instrumento aplicable es el **Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Culiacán**, publicado en el Periódico Oficial *El Estado de Sinaloa* el 29 de octubre de 2021, con la actualización de los planos OT03, Zonificación Secundaria, y OT05, Estructura Vial, publicada en el mismo órgano el 29 de noviembre de 2023.

Sobre ese instrumento, la Secretaría de Desarrollo Urbano Sustentable del Ayuntamiento de Culiacán emitió la **Constancia de Zonificación con folio D.US-CZO/116/25, del 12 de marzo de 2025**, que declara el uso

PERMITIDO y asigna al predio la tipología **Habitacional, Comercio y Servicio de Alta Densidad**, con densidad de hasta 400 habitantes por hectárea, lote mínimo de 96 metros cuadrados y frente mínimo de 6 metros. La lotificación del proyecto se ajusta a esos parámetros: el lote tipo de vivienda unifamiliar mide 6.00 por 16.00 metros —96 metros cuadrados y 6 metros de frente, exactamente el mínimo—, y la densidad resultante es de 52.42 viviendas por hectárea, muy por debajo del techo que la zonificación permite.

El acto que autoriza el desarrollo es posterior y es el que fija su vigencia: el Cabildo de Culiacán aprobó por unanimidad, en su sesión ordinaria del **14 de febrero de 2026**, acta número treinta y uno, séptimo punto del orden del día, inciso f), **Acuerdo Número Once**, el proyecto de lotificación, vialidades y usos del suelo del fraccionamiento Sedona, a desarrollarse en cinco etapas, con **vigencia de tres años** y garantía del diez por ciento del valor de las obras presupuestadas ante la Tesorería Municipal. El acuerdo consta en la Certificación de Cabildo 022/2026, del 16 de febrero de 2026 (Anexo I.A).

La propia Constancia de Zonificación enumera, entre los requisitos que el desarrollo debe cubrir, el estudio hidrológico aprobado por la Comisión Nacional del Agua, el dictamen de Protección Civil, las factibilidades de agua potable y alcantarillado, y el **resolutivo en materia de impacto ambiental**. Esta Manifestación es, por tanto, uno de los actos que la propia autoridad municipal condicionó: la compatibilidad urbanística está reconocida y la evaluación ambiental es el requisito que resta, no un trámite que corra en paralelo a una decisión ya tomada en otro ámbito.

I.5.2 Obras y actividades principales

Las obras del proyecto se organizan en dieciséis categorías de uso que cubren, sin traslape ni omisión, las 13.4689 hectáreas del área del proyecto. La Figura 13 muestra su distribución en el terreno y la Figura 14 su peso relativo; la Tabla 14 las consigna con su superficie, su carácter permanente o temporal y el tratamiento que reciben el suelo y la cobertura en cada una.

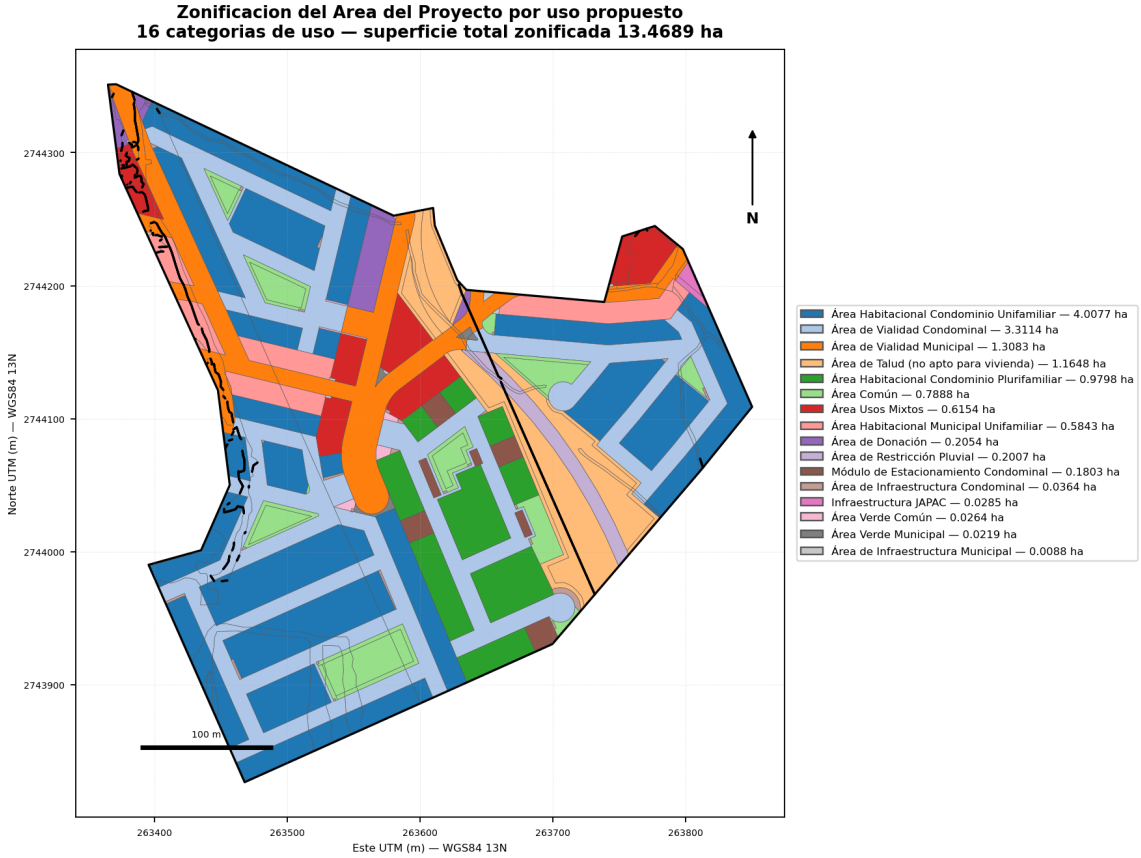


Figura 13. Zonificación del Área del Proyecto por uso propuesto. Fuente: elaboración propia con el proyecto ejecutivo de lotificación y la zonificación de obra sobre la cartografía digital del proyecto (Anexo I.B). Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613); fecha de elaboración: agosto de 2026.

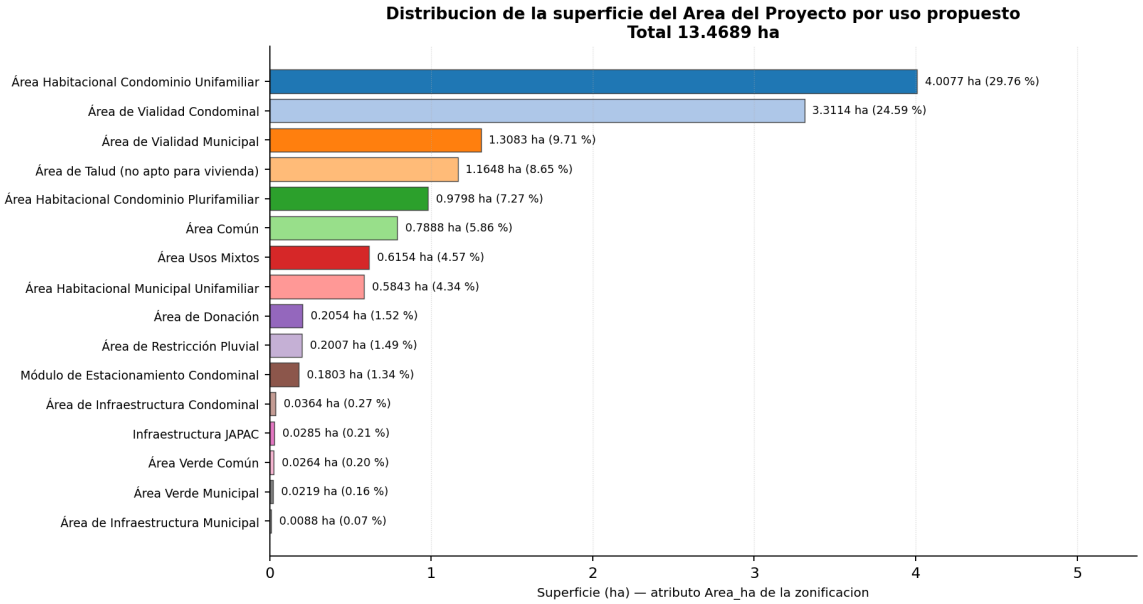


Figura 14. Distribución de la superficie del Área del Proyecto por uso propuesto. Fuente: elaboración propia; superficies leídas del atributo de cada polígono de la zonificación (Anexo I.B).

La lectura de ambas figuras muestra que **la vivienda no es el uso que más superficie consume**. Los tres usos habitacionales suman 5.5718 hectáreas —el 41.37 por ciento del predio—, mientras que la vialidad condominal y municipal suma 4.6197 hectáreas, el 34.30 por ciento. Esta proporción es propia de un fraccionamiento con lotes de dimensión media y traza ortogonal, y tiene una implicación ambiental directa: **más de un tercio de la superficie removida se convertirá en pavimento**, superficie impermeable cuyo efecto sobre la escorrentía y la infiltración se cuantifica en el Capítulo IV. La superficie restante, 3.2774 hectáreas, corresponde a áreas comunes, taludes, áreas verdes, donaciones, restricción pluvial e infraestructura.

Tabla 14. Obras y actividades principales, por uso propuesto

Uso propuesto	Superficie (ha)	% del predio	Carácter	Despalme	Restauración comprometida	N.° de polígonos
Área Habitacional Condominio Unifamiliar	4.0077	29.75	Permanente	Con despalme	No	16
Área de Vialidad Condominal	3.3114	24.59	Permanente	Con despalme	No	16
Área de Vialidad Municipal	1.3083	9.71	Permanente	Con despalme	No	14
Área de Talud (no apta para vivienda)	1.1648	8.65	Permanente 0.0890 / Temporal 1.0758	Con despalme 0.0890 / Sin despalme 1.0758	Sí, sobre 1.0758 ha	19

Uso propuesto	Superficie (ha)	% del predio	Carácter	Despalme	Restauración comprometida	N.° de polígonos
Área Habitacional Condominio Plurifamiliar	0.9798	7.27	Permanente	Con despalme	No	1
Área Común	0.7888	5.86	Permanente 0.5818 / Temporal 0.2070	Sin despalme	Sí, sobre 0.2070 ha	29
Área Usos Mixtos	0.6154	4.57	Permanente	Con despalme	No	8
Área Habitacional Municipal Unifamiliar	0.5843	4.34	Permanente	Con despalme	No	8
Área de Donación	0.2054	1.52	Permanente	Con despalme	No	7
Área de Restricción Pluvial	0.2007	1.49	Permanente	Con despalme	No	4
Módulo de Estacionamiento Condominal	0.1803	1.34	Permanente	Con despalme	No	1
Área de Infraestructura Condominal	0.0364	0.27	Permanente	Con despalme	No	11
Infraestructura JAPAC	0.0285	0.21	Permanente	Con despalme	No	2
Área Verde Común	0.0264	0.20	Temporal	Sin despalme	Sí	4
Área Verde Municipal	0.0219	0.16	Temporal	Sin despalme	Sí	3
Área de Infraestructura Municipal	0.0088	0.07	Permanente	Con despalme	No	5
Total	**13.4689**	**100.00**	Permanente 12.1378 / Temporal 1.3311	Con despalme 11.5560 / Sin despalme 1.9129	**1.3311 ha**	**148**

Fuente: zonificación de obra sobre la cartografía digital del proyecto (Anexo I.B); superficies leídas del atributo de cada polígono. Los porcentajes se obtienen como superficie del uso entre 13.4689 hectáreas por cien.

A continuación se describe cada obra y actividad, agrupada por etapa.

Etapa de preparación del sitio

Rescate de flora y ahuyentamiento y rescate de fauna. Antes de cualquier remoción, y en cada frente conforme la etapa lo habilita, se ejecutan los programas de rescate y reubicación de flora y de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna. El rescate de flora se concentra en los individuos con posibilidad de sobrevivencia al trasplante, con un factor de prendimiento comprometido de **0.8**, y su destino es el predio de compensación y las áreas verdes del propio desarrollo. El ahuyentamiento de fauna se realiza en dirección contraria al avance del desmonte, hacia los macizos de selva baja caducifolia que permanecen por los rumbos Sur y Sureste, y la fauna de baja movilidad se captura y reubica. Ambos programas se ejecutan bajo supervisión de personal especializado y se detallan en los anexos técnicos correspondientes; su alcance por especie y por individuo se dimensiona en el Capítulo IV.

Desmonte. Consiste en la remoción de la vegetación forestal sobre las superficies que cada etapa habilita, hasta completar las **12.5570 hectáreas de selva baja caducifolia**. La operación se ejecuta con tractor topador sobre orugas y excavadora hidráulica, con corte a nivel de suelo y sin extracción de raíces en las superficies que se restaurarán. El material vegetal resultante se cuantifica en **193.2590 metros cúbicos rollo total árbol**, y no se dispone como residuo: se pica y se esparce en el propio predio como cubierta de acomodo, conforme al apartado I.5.3. Esta decisión convierte lo que sería un residuo de manejo especial en un insumo de la mitigación, y es la razón por la que el proyecto no contempla acarreo de material vegetal fuera del predio.

Despalme. Retira el horizonte orgánico superficial sobre las superficies donde la obra es permanente y el suelo quedará ocupado por construcción o pavimento. Alcanza **11.5560 hectáreas** de las 13.4689 del predio, con un espesor de referencia de **0.10 metros**, lo que arroja un volumen estimado de **11,556.0 metros cúbicos** de suelo removido (11.5560 ha × 10,000 m²/ha × 0.10 m). Las **1.9129 hectáreas restantes se conservan sin despalme**, y corresponden a las áreas comunes, las áreas verdes y la mayor parte del talud, donde el suelo permanece en sitio. El material despalmado se conserva dentro del predio y se reincorpora en las superficies comprometidas a restauración; sólo el excedente que no encuentre destino en obra se manejaría como residuo de manejo especial. El espesor de 0.10 metros es un valor de referencia y queda sujeto a la verificación que arroje el estudio de mecánica de suelos.

Movimiento de tierras y conformación de terracerías. Nivela el terreno para alojar la traza vial y las plataformas de desplante. El relieve del predio —37.8 metros de desnivel total y pendiente media del 11.73 por ciento— obliga a cortes y rellenos que se compensan dentro del propio predio en la medida de lo posible, para reducir el acarreo: el material de corte se destina al relleno de las plataformas y de la subrasante de la vialidad. El resultado de este proceso es la definición del área de talud de 1.1648 hectáreas, superficie que queda con pendiente residual y que por esa razón se declara no apta para vivienda.

El criterio de diseño es que el movimiento de tierras se resuelva dentro de las 13.4689 hectáreas del predio y que no haya sitio de tiro externo; el material despalmado, por su parte, se conserva en el predio conforme al párrafo anterior. El volumen absoluto de corte y relleno lo determina el proyecto ejecutivo de terracerías, que se elabora con el levantamiento topográfico de detalle en la etapa de proyecto constructivo y no altera ni la superficie afectada ni el carácter de la afectación que este capítulo declara.

Etapa de construcción

Área Habitacional Condominio Unifamiliar — 4.0077 hectáreas. Es el uso de mayor superficie del proyecto, distribuido en dieciséis polígonos que alojan la vivienda unifamiliar en régimen de condominio. Sobre esta superficie se ejecuta el desplante de las viviendas, sus patios y sus accesos; el suelo se despalma en su totalidad y la afectación es permanente. La edificación es de mampostería con losa de concreto, en uno o dos niveles según el prototipo, y se construye por manzanas conforme el condominio de cada etapa se habilita.

Área de Vialidad Condominal — 3.3114 hectáreas. Comprende las calles interiores de los cuatro condominios, en dieciséis polígonos. La superficie se despalma, se conforma la terracería, se compacta la subrasante y se coloca el pavimento; el proyecto contempla pavimento de concreto hidráulico, extendido con regla vibratoria modular y con aporte de concreto premezclado colocado mediante bomba pluma cuando la sección lo requiere. Es superficie impermeable permanente y, junto con la vialidad municipal, constituye el principal aporte del proyecto al incremento del coeficiente de escurrimiento.

Área de Vialidad Municipal — 1.3083 hectáreas. Son las vialidades que se incorporan al patrimonio municipal y que conectan el desarrollo con la vialidad Rey Prisciliano y con la red urbana existente. Se construyen en la etapa Municipal del primer año, precisamente porque habilitan el acceso de todo el desarrollo. Su sección y especificación se sujetan a la normativa del Ayuntamiento de Culiacán. Como la vialidad condominal, es superficie impermeable permanente.

Área Habitacional Condominio Plurifamiliar — 0.9798 hectáreas. Un solo polígono aloja la vivienda plurifamiliar, con mayor densidad por unidad de superficie que la unifamiliar. Al concentrar más viviendas en menos suelo, este componente reduce la superficie total que el programa de 707 viviendas habría requerido bajo un esquema exclusivamente unifamiliar; es, en términos de consumo de suelo forestal, el componente más eficiente del proyecto.

Área Habitacional Municipal Unifamiliar — 0.5843 hectáreas. Distribuida en ocho polígonos, corresponde a la vivienda que se desarrolla fuera del régimen condominal, con frente a vialidad municipal. Su proceso constructivo es equivalente al de la vivienda unifamiliar condominal.

Área de Usos Mixtos — 0.6154 hectáreas. Ocho polígonos destinados a usos comerciales y de servicios compatibles con la vivienda, ubicados sobre los frentes de mayor accesibilidad. Su presencia dentro del desarrollo reduce los desplazamientos de los residentes hacia los centros de servicio de la ciudad, con el consecuente efecto sobre emisiones vehiculares durante la operación.

Módulo de Estacionamiento Condominal — 0.1803 hectáreas. Un polígono destinado al estacionamiento de visitantes del condominio plurifamiliar. Es superficie pavimentada permanente y su dimensionamiento responde al cajón por vivienda que la normativa municipal exige.

Área de Infraestructura Condominal — 0.0364 hectáreas e **Infraestructura JAPAC — 0.0285 hectáreas.** En trece polígonos de superficie reducida se alojan las instalaciones de cabecera de los servicios: cisternas, cárcamos, subestaciones y los sitios que la Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán requiere para la operación de las redes de agua potable y drenaje sanitario. Son superficies pequeñas pero críticas: de ellas depende que el desarrollo opere conectado a la red municipal y no mediante soluciones autónomas de mayor impacto, como pozos propios o plantas de tratamiento individuales.

Área de Infraestructura Municipal — 0.0088 hectáreas. Cinco polígonos con instalaciones que se transfieren al municipio junto con la vialidad.

Introducción de redes de servicios. Bajo la vialidad se instalan las redes de agua potable, drenaje sanitario, drenaje pluvial y energía eléctrica. La excavación de zanjas se realiza con retroexcavadora cargadora, con relleno y compactación posteriores. Las redes se conectan a la infraestructura municipal existente por el rumbo Oeste, sin obra de cabecera fuera del predio. Esta es la característica que sostiene la modalidad Particular del estudio: la afectación no se extiende más allá del polígono evaluado.

Área de Restricción Pluvial — 0.2007 hectáreas. Cuatro polígonos que quedan libres de edificación para conducir el escurrimiento pluvial. Aunque se despalman y se conforman, no reciben construcción: su función es hidráulica y responde directamente a la clasificación de vulnerabilidad alta a inundación documentada en el apartado I.5.1.

Área de Talud (no apta para vivienda) — 1.1648 hectáreas. Diecinueve polígonos que resultan de la conformación de terracerías y que, por su pendiente residual, se excluyen de la edificación. Es el componente con el tratamiento más favorable de todo el proyecto: **1.0758 hectáreas se clasifican como afectación temporal, sin despalme y con restauración comprometida**, y sólo 0.0890 hectáreas quedan como afectación permanente con despalme. Sobre las superficies restaurables se ejecutan las terrazas individuales y el acomodo del material vegetal descritos en el apartado I.5.3.

Área Común — 0.7888 hectáreas. Veintinueve polígonos de uso común del condominio. La totalidad se conserva **sin despalme**, y 0.2070 hectáreas se clasifican como afectación temporal con restauración comprometida. Son, junto con las áreas verdes y el talud, las superficies donde el suelo permanece en sitio.

Área Verde Común — 0.0264 hectáreas y **Área Verde Municipal — 0.0219 hectáreas.** Siete polígonos que suman 0.0483 hectáreas, conservados sin despalme y con restauración comprometida en su totalidad. Reciben parte del material vegetal rescatado en la etapa de preparación del sitio. Su superficie es modesta y el estudio no la presenta como sustituto de la cobertura removida: su función es de arbolado urbano y de amortiguamiento, no de restitución de hábitat.

Área de Donación — 0.2054 hectáreas. Siete polígonos que se transfieren al municipio conforme a la obligación de donación que la normativa de fraccionamientos establece. Se despalman y su afectación es permanente; el destino que el Ayuntamiento les asigne queda fuera del alcance de este proyecto.

Edificación de 707 viviendas. Sobre los usos habitacionales descritos se construyen las 707 viviendas del programa, distribuidas en los cuatro condominios y en la fracción municipal. La edificación se realiza por manzanas, con concreto hecho en obra para banquetas y trabajos complementarios —mediante revolvedoras de un saco— y concreto premezclado para los elementos estructurales que lo requieren.

Tabla 15. Distribución de las 707 viviendas por régimen y por prototipo

Régimen	Modalidad	Lotes	Viviendas	Manzanas	Lote tipo	Niveles	Superficie de lotes (ha)
Municipal	Habitacional unifamiliar	51	51	5	6.00 × 16.00 m (96 m²)	2	0.5843
Condominal	Habitacional unifamiliar	368	368	20	6.00 × 16.00 m (96 m²)	2	4.0077
Condominal	Plurifamiliar vertical	21	288	5	18.50 × 20.00, 20.00 × 24.00 y 20.00 × 30.00 m	4	0.9798
Total		**440**	**707**	**30**			**5.5718**

Fuente: memoria descriptiva del proyecto ejecutivo del promovente (Anexo I.A); superficies de lote leídas del atributo de la zonificación de obra (Anexo I.B).

Los cuatro prototipos que se edifican sobre esos lotes se resumen enseguida, con su superficie construida y su número de niveles. La tabla importa por dos razones que van más allá del dato arquitectónico: de la superficie construida depende la estimación de residuos de construcción y demolición, y del número de niveles depende la huella de desplante que el apartado I.9 calcula. Un mismo programa de 707 viviendas produce cifras ambientales distintas según se resuelva en dos niveles o en cuatro, y por eso los prototipos se declaran aquí y no en un anexo arquitectónico.

Tabla 16. Prototipos de vivienda

Prototipo	Superficie construida por vivienda (m²)	Niveles	Composición
T-65 «Zuni»	65.08	2	Dos recámaras, un baño y medio
T-83 «Terralta»	81.42	2	Recámara-estudio en planta baja, dos recámaras en planta alta, dos baños y terraza
T-95 «Sedona»	94.07	2	Tres recámaras, dos baños y medio
Departamento plurifamiliar	52.14	4 (edificio de 16 departamentos)	Dos recámaras

Fuente: memoria descriptiva del proyecto ejecutivo del promovente (Anexo I.A).

La vivienda plurifamiliar se concentra en la **etapa Condominio C**, en un solo polígono de 0.9798 hectáreas, y es el componente que explica por qué 707 viviendas caben en un predio de 13.4689 hectáreas: 288 de ellas —el 40.7 por ciento del programa— ocupan el 17.6 por ciento de la superficie de lotes habitacionales, alojadas en veintiún lotes con edificios de cuatro niveles, en módulos de dieciséis y de ocho departamentos. Resueltas en esquema unifamiliar, esas 288 viviendas habrían requerido 2.7648 hectáreas de lote (288 × 96 m²) en lugar de las 0.9798 que ocupan: **1.7850 hectáreas adicionales de suelo sólo en lotes**, sin contar la vialidad que las serviría, es decir, más selva baja caducifolia removida. La verticalización no es aquí una decisión de mercado sino la que acota la superficie forestal afectada, y por eso el capítulo la declara como característica de diseño y no como detalle arquitectónico.

El sistema constructivo es común a todos los prototipos: **mampostería confinada con muros de 12 centímetros, losa de entrepiso de vigueta y bovedilla, y cimentación de losa de 15 centímetros con contratrabes de 20 centímetros**. La vida útil declarada de la edificación es de aproximadamente 50 años, congruente con lo consignado en el apartado I.7.

Etapa de operación y mantenimiento

Concluida cada etapa, el condominio correspondiente entra en operación, sin esperar a la conclusión del desarrollo completo. La operación consiste en el uso habitacional de las viviendas y en el mantenimiento de la vialidad, las áreas comunes, las áreas verdes y las redes de servicio. La vialidad municipal y las áreas de donación pasan al Ayuntamiento de Culiacán al concluir la etapa Municipal; las áreas comunes y la vialidad condominal quedan a cargo de la administración de cada condominio. **La operación y el mantenimiento son permanentes y no tienen fecha de término prevista**, conforme a la vida útil declarada de 50 años.

Distribución temporal y espacial de la ejecución

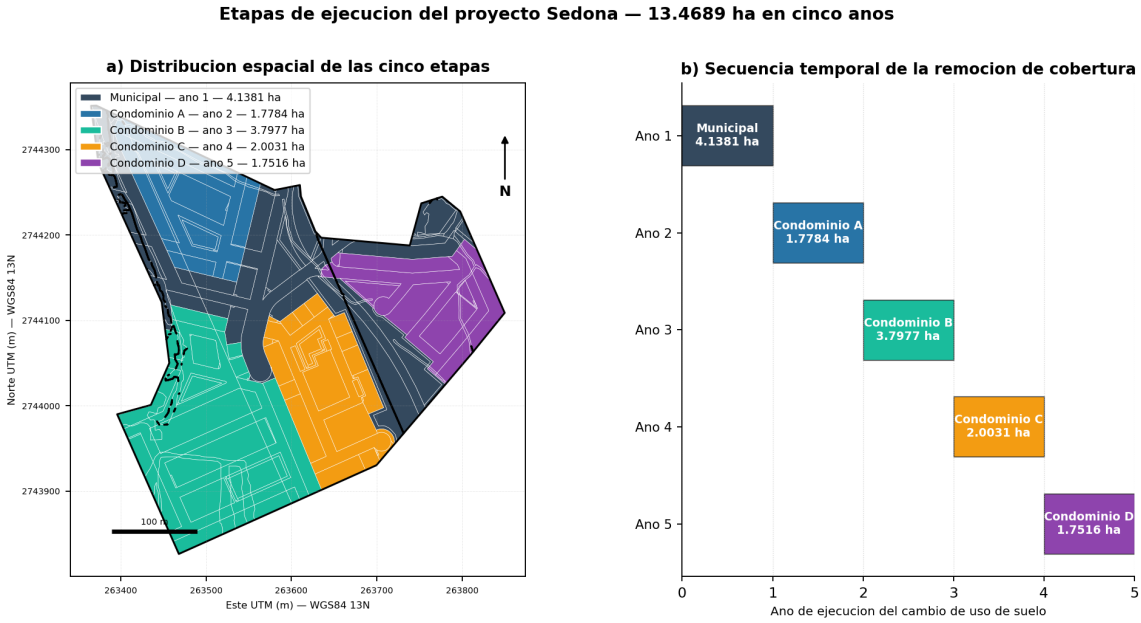


Figura 15. Etapas de ejecución del proyecto: distribución espacial y secuencia temporal de la remoción de cobertura. Fuente: elaboración propia con la zonificación de obra por etapa y año sobre la cartografía digital del proyecto (Anexo I.B). Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613); fecha de elaboración: agosto de 2026.

La figura muestra que la secuencia no es arbitraria. La **etapa Municipal del primer año**, con 4.1381 hectáreas, ocupa las franjas de vialidad que estructuran todo el desarrollo y se distribuye por el conjunto del predio en lugar de concentrarse en un sector: es la que abre el acceso. Las cuatro etapas condominales que siguen sí son compactas y ocupan cada una un sector definido —**Condominio A con 1.7784 hectáreas en el año dos, Condominio B con 3.7977 hectáreas en el año tres, Condominio C con 2.0031 hectáreas en el año cuatro y Condominio D con 1.7516 hectáreas en el año cinco**—. La consecuencia ambiental de esta secuencia es que en ningún momento del proyecto hay más de 4.1381 hectáreas de suelo desnudo simultáneo, lo que acota el aporte de sedimento y la exposición del suelo a la erosión durante cada temporada de lluvias.

Maquinaria y equipo

Tabla 17. Maquinaria y equipo por etapa, horas activas y consumo de combustible

Etapa	Equipo	Cantidad	Potencia de referencia (hp)	Combustible	Horas activas por equipo	Consumo (L)	Función
Preparación del sitio	Excavadora hidráulica sobre orugas	1	148	Diésel	873.6	19,574.9	Excavación, conformación y carga de materiales
Preparación del sitio	Tractor topador sobre orugas	1	170	Diésel	873.6	22,484.7	Despalme, empuje y conformación inicial
Preparación del sitio y construcción	Camión de volteo de 7 m³	2	235	Diésel	4,368.0	310,818.1	Acarreo de materiales y productos de excavación

Etapa	Equipo	Cantidad	Potencia de referencia (hp)	Combustible	Horas activas por equipo	Consumo (L)	Función
Preparación del sitio y construcción	Camión pipa de 10,000 L	1	235	Diésel	4,368.0	155,409.1	Abastecimiento de agua, riego y control de polvo
Construcción	Retroexcavadora cargadora	1	92	Diésel	2,184.0	30,420.5	Zanjas y colocación de redes hidráulicas, sanitarias, pluviales y eléctricas
Construcción	Motoniveladora	1	172	Diésel	728.0	18,957.7	Nivelación y perfilado de vialidades
Construcción	Compactador vibratorio de suelos	1	132	Diésel	728.0	14,548.9	Compactación de rellenos y terracerías (rendimiento de referencia 400 a 800 m³/h)
Construcción	Regla vibratoria modular para concreto	1	13	Gasolina	728.0	2,149.3	Extendido y acabado del pavimento de concreto hidráulico
Construcción	Revolvedora de concreto de un saco	2	13	Gasolina	1,456.0	8,597.1	Concreto hecho en obra para banquetas y trabajos complementarios
Construcción	Bomba pluma para concreto premezclado	1	306	Diésel	728.0	33,727.1	Colocación de concreto premezclado en vialidades y estructuras
Total				Diésel		**605,941.0**	
Total				Gasolina		**10,746.4**	

Fuente: propuesta técnica del promovente; potencias y rendimientos verificados contra el Tabulador de costos para maquinaria y equipo de construcción, modernización y conservación de infraestructura carretera 2026 de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (series 1251, 1261, 1312, 1323, 1353, 1383, 1411, 2301, 2331 y 2351), y contra los programas cuantificados de maquinaria de las bases de licitación de obra pública del municipio de Culiacán. Consumo de combustible calculado conforme al artículo 201 del Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas; memoria de cálculo en el Anexo I.C.

Cómo se obtienen las horas activas. No se toman de un programa de obra contratado —que no existe todavía— sino de la duración de cada equipo en la obra afectada por un factor de utilización: `horas activas = 8 horas por día × días hábiles del equipo × 0.35`. El factor de 0.35 reconoce que una máquina presente en obra no opera de manera continua: alterna con maniobras, esperas, traslados y mantenimiento. Es un supuesto central de planeación ambiental, declarado como tal, y es la variable de la que dependen todas las cifras derivadas de esta tabla; si el programa del contratista arroja una utilización distinta, el consumo y las emisiones escalan de manera proporcional y directa.

Cómo se obtiene el consumo. `Consumo (L) = número de equipos × potencia (hp) × factor de consumo (L/hp·h) × horas activas`, con los factores que fija el artículo 201 del Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas: **0.1514 L/hp·h para diésel** y **0.2271 L/hp·h para gasolina**. El

resultado —**605,941.0 litros de diésel y 10,746.4 litros de gasolina** a lo largo de los cinco años— es la entrada de la que dependen las emisiones por combustión y la generación de aceite gastado de la Tabla 28.

Dos lecturas conviene extraer de la tabla. La primera: **el acarreo domina el consumo**. Los dos camiones de volteo y el camión pipa suman 466,227.2 litros de diésel, el 76.9 por ciento del total, no por ser los equipos de mayor potencia sino por ser los de mayor permanencia —sesenta meses frente a los diez o doce de los demás—. La segunda: **el desmonte y el despalme, que concentran el daño ambiental, consumen poco combustible**: la excavadora y el tractor topador suman 42,059.6 litros, el 6.9 por ciento. La intensidad del impacto y la intensidad del consumo energético no coinciden, y por eso una medida que reduzca acarreos —como compensar cortes y rellenos dentro del predio— tiene más efecto sobre las emisiones que una que abrevie el desmonte.

Personal

Tabla 18. Personal por etapa

Etapa	Trabajadores	Duración (meses)	Días hábiles por mes	Jornadas-hombre
Preparación del sitio	30	24	26	18,720
Construcción	80	60	26	124,800
Operación y mantenimiento	15	Permanente	26	4,680 por año

Fuente: propuesta técnica del promovente (Anexo I.A). Las jornadas-hombre se obtienen como trabajadores × días hábiles por mes × meses; para la operación, como trabajadores × 26 días × 12 meses.

El proyecto ocupa **80 trabajadores durante los sesenta meses de construcción**, que es el pico de empleo, y **30 durante los veinticuatro meses de preparación del sitio**, periodos que se traslapan porque cada etapa prepara su superficie mientras la anterior se edifica. Al concluir, la operación y el mantenimiento sostienen **15 puestos permanentes**. Estas cifras alimentan el cálculo de consumo de agua, de generación de residuos sólidos urbanos y de descargas sanitarias del apartado I.8, y sostienen la valoración de beneficio social del apartado I.10.

I.5.3 Obras complementarias

Las obras complementarias del proyecto no son accesorios de la urbanización: son las que hacen compatible la remoción de 12.5570 hectáreas de selva baja caducifolia con la permanencia de los servicios ambientales que esa cobertura presta. Se agrupan en dos frentes: la **mitigación in situ**, que actúa dentro del propio predio sobre las superficies que no reciben construcción, y la **compensación**, que restituye cobertura forestal en un predio distinto y de mayor superficie.

Mitigación in situ

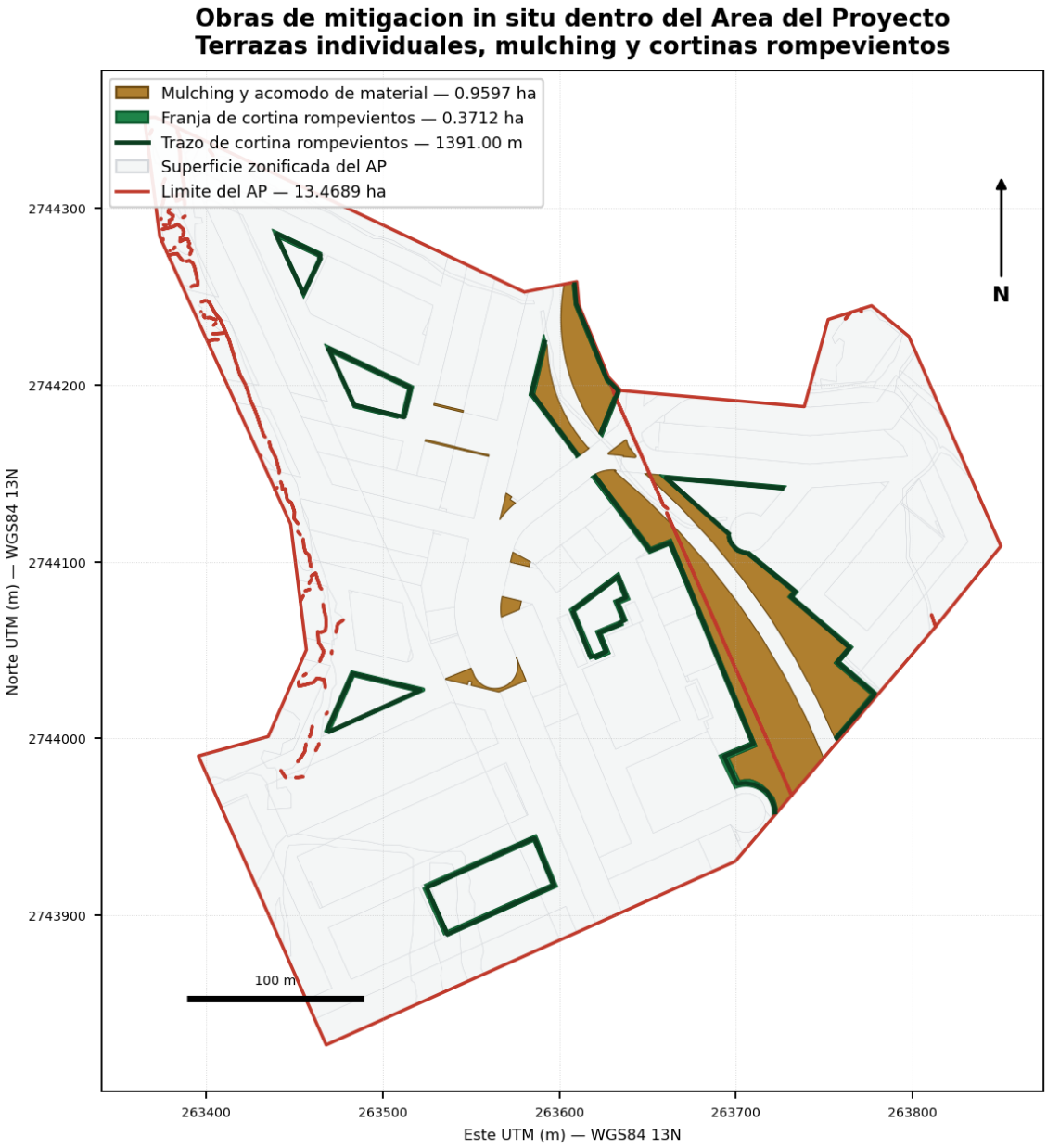


Figura 16. Obras de mitigación in situ dentro del Área del Proyecto: acomodo de material vegetal, franjas de cortina rompevientos y su trazo. Fuente: elaboración propia con la cartografía de obras de conservación del proyecto (Anexo I.B). Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613); fecha de elaboración: agosto de 2026.

La figura muestra que las obras de mitigación **no se distribuyen de manera uniforme**: se concentran en los bordes del predio y en las franjas de talud, que son precisamente las superficies que quedan sin construcción y que reciben el escurrimiento y el viento provenientes del exterior. Esa localización es deliberada; una obra de control de erosión colocada en el centro del área pavimentada no tendría función alguna.

Terrazas individuales. Se ejecutan sobre las superficies de mitigación con una densidad de **1,283 terrazas por hectárea**, cada una de **1.0 metro de diámetro y 0.10 metros de profundidad**. La terraza individual interrumpe la longitud de la pendiente en el punto de plantación, retiene el escurrimiento laminar y concentra la humedad en el cepellón; sobre Leptosol somero y con pendiente media del 11.73 por ciento, es la obra que hace viable el establecimiento de la planta y, al mismo tiempo, reduce el arrastre de partículas. La densidad de 1,283 terrazas por hectárea es alta y responde a la condición degradada del suelo documentada en el apartado I.4.4.

Acomodo del material vegetal del desmonte (mulching). El material vegetal resultante del desmonte —**193.2590 metros cúbicos rollo total árbol**— se pica y se esparce sobre **0.9597 hectáreas** de las superficies de mitigación, con un **espesor de 0.05 metros y una cobertura del 80 por ciento**. La obra cumple tres funciones simultáneas que conviene distinguir: protege el suelo desnudo del impacto directo de la gota de lluvia, que es el mecanismo inicial de la erosión hídrica; reduce la velocidad del viento a nivel de superficie, que es el mecanismo de la erosión eólica; y aporta materia orgánica al horizonte superficial conforme se descompone. Su ejecución evita, además, que el material vegetal se convierta en residuo de manejo especial con destino fuera del predio.

Cortinas rompevientos con especies nativas. Se establecen **diez trazos que suman 1,391.00 metros lineales**, distribuidos sobre polígonos de mitigación que suman **0.3712 hectáreas**, orientados perpendicularmente a la dirección del viento dominante. Cada trazo se planta a **cuatro hileras con separación de 3.0 metros entre hileras** y una altura de diseño del arbolado de **8 metros**. La configuración a cuatro hileras no es un detalle de jardinería: la eficacia de una cortina depende de su porosidad, y una barrera de una sola hilera pierde continuidad en cuanto falla un individuo, mientras que cuatro hileras escalonadas mantienen la reducción de velocidad del viento aun con mortandad parcial durante los primeros años. La plantación se realiza exclusivamente con **especies nativas**, criterio que no es cosmético: una cortina con especies exóticas resolvería el problema eólico y crearía uno de contaminación biológica sobre los macizos de selva baja caducifolia colindantes por los rumbos Sur y Sureste. La cortina protege las superficies restauradas durante los años en que la vegetación aún no cierra cobertura, que es cuando el suelo es más vulnerable.

Las especies de la cortina son las mismas de la selva baja caducifolia registradas en el propio predio durante el levantamiento florístico, y provienen del material rescatado y de la planta producida para el programa de reforestación; su asignación a cada trazo se resuelve en la ejecución, en función de la disponibilidad de planta y de la exposición de cada tramo, y queda documentada en el registro de obra por tramo, hilera y posición. Ese registro es también el que evita contar dos veces un mismo individuo como planta de restauración y como planta de cortina.

Tabla 19. Obras complementarias de mitigación in situ

Obra	Superficie o longitud	Parámetros de diseño	Función principal
Terrazas individuales	Sobre las superficies de mitigación	1,283 terrazas/ha; diámetro 1.0 m; profundidad 0.10 m	Retención de escurrimiento y establecimiento de planta
Acomodo de material vegetal (mulching)	0.9597 ha	Espesor 0.05 m; cobertura 80 %	Protección del suelo desnudo frente a erosión hídrica y eólica

Obra	Superficie o longitud	Parámetros de diseño	Función principal
Cortinas rompevientos con especies nativas	1,391.00 m lineales en 10 trazos; 0.3712 ha	4 hileras; separación 3.0 m; altura de diseño del arbolado 8 m; orientación perpendicular al viento dominante	Reducción de la velocidad del viento sobre superficies restauradas
Conservación de suelo sin despalme	1.9129 ha	El horizonte orgánico permanece en sitio	Conservación del recurso suelo y del banco de semillas
Restauración comprometida	1.3311 ha	Áreas comunes, áreas verdes y taludes	Recuperación de cobertura dentro del predio

Fuente: cartografía de obras de conservación del proyecto (Anexo I.B); superficies y longitudes leídas del atributo de cada elemento; parámetros de diseño conforme al proyecto de medidas del promovente (Anexo I.A).

Tabla 20. Trazos de cortina rompevientos

Trazo	Longitud (m)	Hileras	Separación entre hileras (m)	Altura de diseño (m)
1	170.78	4	3.0	8
2	116.17	4	3.0	8
3	256.48	4	3.0	8
4	191.62	4	3.0	8
5	133.10	4	3.0	8
6	127.94	4	3.0	8
7	75.57	4	3.0	8
8	94.51	4	3.0	8
9	133.87	4	3.0	8
10	90.96	4	3.0	8
Total	**1,391.00**			

Fuente: cartografía de obras de conservación del proyecto (Anexo I.B); longitudes leídas del atributo de cada trazo. Parámetros de diseño conforme al programa de obras de conservación de suelo y agua del proyecto (Anexo I.E).

Las obras de mulching y de cortina rompevientos se ejecutan dentro de las **1.3311 hectáreas comprometidas a restauración**, sobre superficies que la zonificación clasifica como afectación temporal sin despalme. Esa coincidencia es intencional: la mitigación se aplica donde el suelo permanece en sitio y, por tanto, donde tiene capacidad de respuesta; aplicarla sobre superficie pavimentada sería un gasto sin efecto.

Compensación

Reforestación del predio de compensación. El proyecto compromete la reforestación de un predio de **43.3217 hectáreas** con especies propias de la selva baja caducifolia, a una densidad de **350 plantas por hectárea**, lo que arroja un requerimiento de **15,163 plantas** (43.3217 ha × 350 plantas/ha = 15,162.6, redondeado al entero superior). La superficie de compensación es **3.45 veces mayor que la superficie forestal removida** (43.3217 ÷ 12.5570 = 3.4500), relación que responde al criterio de restituir no sólo la extensión perdida sino la función, considerando que una plantación tarda años en alcanzar la estructura y la diversidad de un rodal establecido.

Sobre el predio de compensación se ejecutan también **terrazas individuales a razón de 350 por hectárea**, con las mismas dimensiones de 1.0 metro de diámetro y 0.10 metros de profundidad, una por cada planta establecida. El programa incluye **mantenimiento y deshierbe durante los tres primeros años, mantenimiento de la reforestación de los años cuatro a siete y asistencia técnica**, que son las actividades que determinan la sobrevivencia real de la plantación; comprometer la plantación sin comprometer el mantenimiento produciría cifras de reforestación que no se sostienen en campo. El horizonte de siete años no es arbitrario: es el plazo en que una plantación de selva baja caducifolia deja de depender del riego de auxilio y del deshierbe para sostenerse por sí misma, y por eso el compromiso —y su costo, que el apartado I.6 valoriza— se extiende hasta ese año y no hasta el tercero. El factor de prendimiento comprometido es de **0.8**.

Tabla 21. Obra de compensación

Concepto	Dato
Superficie del predio de compensación	43.3217 ha
Tipo de vegetación a restituir	Selva baja caducifolia
Densidad de plantación	350 plantas/ha
Número de plantas a establecer	15,163
Obra de conservación de suelo asociada	Terraza individual, 350 por hectárea; diámetro 1.0 m, profundidad 0.10 m
Factor de prendimiento comprometido	0.8
Mantenimiento y deshierbe	Años 1 a 3
Mantenimiento de la reforestación	Años 4 a 7
Asistencia técnica	43.3217 ha, durante el periodo de compromiso
Relación respecto de la superficie forestal removida	3.45 : 1

Fuente: cartografía del predio de compensación y de sus obras de conservación (Anexo I.B); superficies leídas del atributo de cada polígono; parámetros de diseño y factor de prendimiento conforme al proyecto de medidas del promovente (Anexo I.A).

Dónde está el predio de compensación

El predio de compensación **no es un terreno ajeno ni remoto: son los mismos predios matrices de los que se desprendió el área del proyecto**. Las 13.4689 hectáreas que se urbanizan son fracciones de tres predios rústicos del paraje El Barrio cuya superficie conjunta es de 104.1119 hectáreas; las 43.3217 hectáreas de compensación se ubican íntegramente en el remanente de esos mismos tres predios, fuera de las fracciones que el proyecto ocupa y fuera de la superficie sujeta a cambio de uso de suelo.

Tabla 22. Localización del predio de compensación en los predios matrices

Predio matriz	Titular registral	Clave catastral	Superficie del predio matriz (ha)	Superficie de compensación que aloja (ha)
El Barrio 1	María Ángela Terrazas Araujo	007-12034-001	36.8236	13.5003
El Barrio 2	Rosalva Terrazas Araujo	007-12033-001	36.0292	15.5461

Predio matriz	Titular registral	Clave catastral	Superficie del predio matriz (ha)	Superficie de compensación que aloja (ha)
El Barrio 3	Sucesión de José de Jesús Terrazas Araujo	007-12032-001	31.2591	14.2754
Total			**104.1119**	**43.3217**

Fuente: escrituras y certificados registrales del Registro Público de la Propiedad y del Comercio del Estado de Sinaloa (Anexo I.A); cartografía catastral y del predio de compensación (Anexo I.B); superficies leídas del atributo de cada polígono, salvo el reparto por predio matriz, que resulta de la intersección de los polígonos catastrales con el de compensación y por eso se calcula sobre la geometría en UTM zona 13 Norte, WGS84.

El **régimen de tenencia es propiedad privada** en los tres casos —no hay tierra ejidal ni comunal involucrada— y el centroide del polígono de compensación se localiza en **263,876.73 metros Este y 2,743,446.19 metros Norte, UTM zona 13 Norte, datum WGS84**.

Que la compensación caiga en los predios matrices tiene tres consecuencias que conviene enunciar. **No hay doble contabilidad:** la intersección del polígono de compensación con las fracciones del proyecto, con la superficie sujeta a cambio de uso de suelo y con la lotificación es de 0.0000 hectáreas; ninguna superficie se cuenta a la vez como afectada y como restituida. **La continuidad ecológica se conserva:** la superficie restituida es contigua al frente forestal de los rumbos Sur y Sureste, de modo que el enriquecimiento amplía un macizo existente en lugar de crear un fragmento aislado, que es lo que suele producir una compensación en predio distante. Y **el seguimiento es verificable con un solo desplazamiento**, porque la obra de compensación y la obra que la origina están en el mismo paraje.

La disponibilidad se acredita con el mismo instrumento que la superficie sujeta a cambio de uso de suelo, y por la misma razón que las tres consecuencias anteriores: la compensación cae dentro de los predios matrices, de modo que el título que la ampara es el mismo. Las escrituras públicas y los certificados registrales inscritos en el Registro Público de la Propiedad y del Comercio del Estado de Sinaloa —folios reales **0700425783**, **0700425785** y **0700425787**, correspondientes a las claves catastrales 007-21559-001, 007-21558 y 007-21562-001— comprenden tanto el polígono de intervención como el de compensación, y se integran al **Anexo I.A**. No se requiere instrumento adicional, porque no hay superficie de compensación fuera de los predios que esos títulos amparan.

El conjunto de obras complementarias responde a las cuatro dimensiones que la excepcionalidad del cambio de uso de suelo en terreno forestal exige demostrar —biodiversidad, erosión, régimen hídrico y captura de carbono—, cuya cuantificación corre en el Capítulo IV con los resultados de los estudios específicos. El presente apartado describe las obras y su dimensionamiento; no anticipa el resultado de esa demostración.

I.5.4 Obras temporales previstas

Las obras temporales son las instalaciones de apoyo que existen únicamente durante la ejecución y que se retiran al concluirla. En este proyecto tienen una característica que conviene destacar desde el principio: **todas se alojan dentro de las 13.4689 hectáreas del área del proyecto**, sobre superficies que la zonificación ya contabiliza como afectadas. No se ocupa superficie adicional fuera del polígono ni se habilita predio anexo para maniobras o acopio, de modo que las obras temporales **no incrementan la superficie de afectación declarada** en el apartado I.9.

Frente de obra y patio de maniobras. Cada etapa habilita su propio frente sobre la superficie que le corresponde, y el patio de maniobras se ubica sobre las áreas que quedarán posteriormente como vialidad o estacionamiento. Esta secuencia —maniobrar sobre lo que después será pavimento— evita compactar suelo

destinado a permanecer permeable, que es el error más común en obras de urbanización y el que compromete la capacidad de infiltración de las áreas verdes antes de que existan.

Almacenamiento temporal de combustible. Se prevé el almacenamiento de hasta **1,000 litros de diésel** dentro del predio, para el abastecimiento de la maquinaria de preparación del sitio y construcción. El volumen se encuentra muy por debajo de las cantidades de reporte que determinan la clasificación de actividad altamente riesgosa, por lo que no se genera obligación de estudio de riesgo. El sitio de almacenamiento requiere piso impermeable, dique de contención con capacidad para el 110 por ciento del volumen almacenado, señalización y equipo contra incendio; la carga de combustible a la maquinaria se realiza sobre superficie confinada para evitar el escurrimiento de derrames al suelo.

Almacenamiento temporal de residuos. El predio aloja de manera temporal tres corrientes distintas, cada una con su propio confinamiento. Los **residuos peligrosos** —aceites lubricantes gastados, filtros, estopas y envases impregnados provenientes del mantenimiento de la maquinaria— se acumulan en un área techada, con piso impermeable y contención secundaria, por un plazo no mayor al que la normativa permite, y se entregan a empresa autorizada para su manejo. Los **residuos de manejo especial** —material producto de excavación y despalme excedente— se acopian en sitios definidos dentro del predio y se reincorporan preferentemente a la obra. Los **residuos sólidos urbanos** generados por el personal se depositan en contenedores con tapa y se entregan al servicio municipal de recolección.

Sanitarios portátiles. El personal de obra se atiende con sanitarios portátiles, en la proporción que la normativa laboral exige, con retiro y disposición de las aguas residuales por empresa autorizada. El proyecto **no contempla descarga de aguas residuales al suelo ni a cuerpo receptor durante la construcción**: la descarga sanitaria se incorpora a la red municipal hasta la etapa de operación, una vez conectadas las redes.

Suministro de agua para la obra. El agua para consumo humano y servicios del personal se **adquiere y se suministra mediante pipas**, sin aprovechamiento de fuente propia dentro del predio. El proyecto no perfora pozo ni deriva agua de cauce alguno durante la construcción; el volumen requerido y su memoria de cálculo se presentan en el apartado I.8.

Almacén de obra y oficina de campo. Se instalan estructuras desmontables sobre superficie ya intervenida, para el resguardo de materiales, herramienta y documentación de obra. Se retiran al concluir cada etapa.

Sitio de acopio y resguardo de material vegetal rescatado (vivero temporal). El material vegetal rescatado antes del desmonte requiere un sitio de resguardo con sombra y riego mientras se traslada a su destino definitivo en el predio de compensación y en las áreas verdes del desarrollo. El vivero temporal se localiza **dentro del área del proyecto**, con centroide en **263,566.68 metros Este y 2,744,240.84 metros Norte, UTM zona 13 Norte, datum WGS84**, y ocupa **450.00 metros cuadrados —0.0450 hectáreas—**; esta superficie se calculó de la geometría del polígono en la proyección propia del proyecto porque el insumo cartográfico no la declara como atributo, y se publica etiquetada como tal. El polígono se aloja sobre superficie que la zonificación ya contabiliza como afectada —área habitacional condominal y área de donación—, de modo que **no añade superficie de afectación**.

Sitio de resguardo y liberación temporal de fauna rescatada. No es una instalación distinta: **es el propio predio de compensación**, cuyas 43.3217 hectáreas de selva baja caducifolia se ubican en el remanente de los mismos predios matrices del proyecto, con centroide en **263,876.73 metros Este y 2,743,446.19 metros Norte, UTM zona 13 Norte, datum WGS84**, conforme se describe en el apartado I.5.3. Que el sitio receptor sea la superficie que el proyecto compromete a enriquecer no es una coincidencia administrativa: la fauna

ahuyentada y rescatada se reubica en el hábitat que el proyecto se obliga a mejorar, y no en un terreno cuya condición nadie sostiene después. El sitio fue validado por el responsable técnico del proyecto en cuanto a su delimitación y aptitud operativa.

Tabla 23. Obras temporales previstas

Obra temporal	Ubicación	Superficie adicional	Destino al concluir
Frente de obra y patio de maniobras	Sobre superficie destinada a vialidad y estacionamiento	Ninguna	Se urbaniza conforme al proyecto
Almacenamiento temporal de combustible (hasta 1,000 L de diésel)	Dentro del predio, sobre superficie ya intervenida	Ninguna	Se desmantela y se retira
Almacén temporal de residuos peligrosos	Dentro del predio, área techada con contención secundaria	Ninguna	Se desmantela; entrega a empresa autorizada
Acopio de residuos de manejo especial	Dentro del predio	Ninguna	Reincorporación a obra o disposición autorizada
Contenedores de residuos sólidos urbanos	Frente de obra	Ninguna	Retiro; entrega al servicio municipal
Sanitarios portátiles	Frente de obra	Ninguna	Retiro por empresa autorizada
Almacén de obra y oficina de campo	Sobre superficie ya intervenida	Ninguna	Se desmantela y se retira
Sitio de acopio de material vegetal rescatado (vivero temporal)	Dentro del predio; centroide 263,566.68 m Este, 2,744,240.84 m Norte	Ninguna: 0.0450 ha sobre superficie ya contabilizada como afectada	Se retira al concluir el rescate
Sitio de resguardo y liberación de fauna rescatada	Predio de compensación; centroide 263,876.73 m Este, 2,743,446.19 m Norte	Ninguna: 43.3217 ha ya comprometidas como superficie de compensación	Permanece como superficie de compensación

Fuente: propuesta técnica del promovente (Anexo I.A); zonificación de obra y cartografía de obras de conservación sobre la cartografía digital del proyecto (Anexo I.B). Coordenadas en UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613). La superficie del vivero temporal se calculó de la geometría del polígono en la proyección del proyecto porque el insumo no la declara; las demás se leen del atributo.

El diseño de las obras temporales responde a un criterio único: **no ampliar la huella**. Toda instalación de apoyo se aloja sobre superficie que el proyecto ya contabiliza como intervenida, y ninguna ocupa las 1.9129 hectáreas que se conservan sin despalme ni las 1.3311 hectáreas comprometidas a restauración. Sostener ese criterio durante la obra es responsabilidad de la supervisión ambiental, y su verificación forma parte del programa de vigilancia que el Capítulo IV desarrolla.

I.5.5 Programa de cierre, desmantelamiento, abandono y restauración

El proyecto no contempla etapa de abandono. Un fraccionamiento habitacional no tiene un término previsto de vida: las viviendas se transfieren en propiedad a sus adquirentes, la vialidad municipal y las áreas de donación se incorporan al patrimonio del Ayuntamiento de Culiacán, y las áreas comunes y la vialidad condominal quedan a cargo de la administración de cada condominio. La operación y el mantenimiento son,

por tanto, **permanentes**, y la vida útil declarada de 50 años se refiere a la de las edificaciones y de la infraestructura, no a un horizonte de cierre del desarrollo.

Esa característica tiene una consecuencia que conviene declarar sin rodeos: **la afectación sobre 12.1378 hectáreas del predio es permanente e irreversible en el horizonte del proyecto**. No existe un escenario de desmantelamiento en el que el suelo ocupado por vivienda, vialidad y estacionamiento recupere su condición forestal. El estudio no propone, en consecuencia, un programa de restauración del área urbanizada, porque sería un compromiso que ningún promovente puede sostener y que la autoridad no podría verificar.

Lo que sí existe, y se describe a continuación, es un **programa de cierre por etapa constructiva** y un **programa de restauración acotado a las superficies que no reciben construcción**.

Cierre de cada etapa constructiva

Al concluir cada una de las cinco etapas, y antes de entregar el condominio o la obra municipal correspondiente, se ejecutan las siguientes actividades de cierre.

Desmantelamiento y retiro de instalaciones temporales. Se retiran el almacén de obra, la oficina de campo, los sanitarios portátiles, los contenedores de residuos y el sitio de almacenamiento de combustible, con la disposición de cada corriente de residuo conforme a su clasificación. La superficie que ocuparon se integra al uso definitivo que la zonificación le asigna.

Limpieza del frente de obra. Se retira todo material sobrante, escombro, envase y residuo de la superficie intervenida. La entrega de la etapa está condicionada a que el frente quede libre de residuos, incluidos los de manejo especial que no encontraron destino en obra.

Verificación del estado del sitio de almacenamiento de combustible y residuos peligrosos. Antes del retiro se inspecciona el piso y la contención secundaria; si se detecta suelo impregnado, se retira, se caracteriza y se maneja como residuo peligroso, con reposición del material retirado. Esta verificación no es opcional: un derrame no atendido en un suelo somero y permeable como el Leptosol del predio se traduce en contaminación que el proyecto arrastraría a la etapa de operación.

Entrega de la infraestructura. La vialidad municipal, las áreas de donación y la infraestructura que se transfiere al Ayuntamiento y a la Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán se entregan con las pruebas de funcionamiento que cada dependencia exige.

Restauración de las superficies comprometidas

La restauración se ejecuta sobre **1.3311 hectáreas**, que son las superficies clasificadas como afectación temporal: 1.0758 hectáreas de talud, 0.2070 hectáreas de área común y 0.0483 hectáreas de área verde común y municipal. Sobre ellas el suelo **se conserva sin despalme**, lo que significa que el horizonte orgánico y el banco de semillas permanecen en sitio y que la restauración parte de una condición sustancialmente más favorable que la de una superficie descapotada.

Las actividades de restauración son las descritas en el apartado I.5.3 y se ejecutan **conforme cada frente se libera, no al término del desarrollo**: terrazas individuales a razón de 1,283 por hectárea; acomodo del material vegetal del desmonte sobre 0.9597 hectáreas con espesor de 0.05 metros y cobertura del 80 por ciento; y establecimiento de cortinas rompevientos con especies nativas en 1,391.00 metros lineales. La ejecución escalonada es deliberada: retrasar la restauración al final del quinto año dejaría el suelo del talud

expuesto durante cuatro temporadas de lluvia, en un predio clasificado con vulnerabilidad alta a inundación y peligro alto por ciclones tropicales.

Adicionalmente, la conservación **sin despalme de 1.9129 hectáreas** —que incluye las superficies restaurables y otras que permanecen sin intervención del horizonte— constituye una medida preventiva que antecede a cualquier restauración: el suelo que no se remueve no requiere reponerse.

Tabla 24. Superficies sujetas a cierre y restauración

Concepto	Superficie (ha)	Tratamiento
Superficie de afectación permanente, sin restauración	12.1378	Ocupación definitiva por vivienda, vialidad, infraestructura y áreas de donación
Superficie de afectación temporal, con restauración comprometida	1.3311	Terrazas individuales, acomodo de material vegetal y cortinas rompevientos
— Área de talud	1.0758	Restauración con obras de conservación de suelo
— Área común	0.2070	Restauración de cobertura
— Área verde común y municipal	0.0483	Restauración de cobertura y arbolado con material rescatado
Superficie conservada sin despalme	1.9129	El horizonte orgánico permanece en sitio
Total del área del proyecto	**13.4689**	

Fuente: zonificación de obra sobre la cartografía digital del proyecto (Anexo I.B); superficies leídas del atributo de cada polígono.

El seguimiento de estas actividades se documenta mediante informes de cumplimiento por etapa, con evidencia fotográfica georreferenciada y verificación de sobrevivencia de la plantación. El programa de vigilancia ambiental que los integra se desarrolla en el Capítulo IV, junto con el resto de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración.

I.6 Inversión del proyecto

La inversión total comprometida para el desarrollo del proyecto Fraccionamiento Sedona asciende a **924,990,356.80 pesos**, monto que corresponde a la urbanización de las 13.4689 hectáreas y a la edificación de las 707 viviendas a lo largo de las cinco etapas y los cinco años de ejecución. La cifra la aporta el promovente y se sustenta en el presupuesto del proyecto ejecutivo.

Tabla 25. Inversión del proyecto

Concepto	Monto (pesos mexicanos)
Costo de inversión del proyecto	924,990,356.80
Costo de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración	7,404,356.08
Total	**932,394,712.88**

Fuente: presupuesto del proyecto ejecutivo del promovente (Anexo I.A); memoria de cálculo de costos de las medidas ambientales (Anexo I.D), integrada con los costos unitarios del Acuerdo por el que se dan a conocer los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento (Diario

Oficial de la Federación, 8 de marzo de 2023), actualizados con el factor del Índice Nacional de Precios al Consumidor que ordena su artículo 3, y con los salarios mínimos generales vigentes publicados por la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos para 2026.

Las medidas equivalen al **0.80 por ciento de la inversión del proyecto** (7,404,356.08 ÷ 924,990,356.80 × 100 = 0.80) y al 0.79 por ciento del total comprometido. La proporción es la que corresponde a un desarrollo cuyo costo lo domina la edificación de 707 viviendas, y no debe leerse como medida de suficiencia: lo que hace suficiente a una medida es su alcance físico frente al impacto que atiende —43.3217 hectáreas restituidas contra 12.5570 removidas—, no la fracción del presupuesto que consume. El desglose por medida es el siguiente.

Tabla 26. Presupuesto de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración

Clave	Medida	Alcance físico comprometido	Monto (pesos mexicanos)
P-1	Delimitación física y señalamiento del polígono de intervención	3,199.48 m lineales de malla, estacado y señalética sobre el perímetro del Área del Proyecto	159,974.00
P-4	Manejo de residuos, sanitarios portátiles y control de derrames en el frente de obra	Retiro y disposición de los residuos de obra a sitio autorizado	15,000.00
P-5	Riego de superficies descubiertas y cubrimiento de materiales y de camiones de acarreo	24 meses de riego con pipa, los que dura la preparación del sitio	360,000.00
M-1	Programa de rescate y reubicación de flora	243.52 jornadas-cuadrilla para extraer 6,088 individuos, más materiales de rescate	250,155.62
M-2	Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna	26 jornadas de brigada especializada para cubrir las 12.5570 ha, más equipo de brigada	56,200.00
M-3	Mulching y acomodo del material vegetal producto del desmonte	0.9597 ha cubiertas con el material picado del propio desmonte, espesor 0.05 m	6,046.11
M-4	Cortina rompevientos perimetral con especies nativas	1,391.0 m lineales de trazo y hoyado en diez tramos	11,128.00
M-5	Terrazas individuales en la zona de mitigación in situ	1,708 terrazas de 1.0 m de diámetro y 0.10 m de profundidad, a 1,283 por hectárea sobre 1.3309 ha	24,885.56
M-6	Conservación, acopio y reintegración del suelo despalmado	11,556 m³ de horizonte orgánico separados, acopiados y reintegrados con la maquinaria del propio movimiento de tierras	Sin costo adicional
M-7	Control de emisiones y de ruido de la maquinaria y del transporte de obra	20 campañas de sonometría perimetral, una cada trimestre de obra	160,000.00
C-1	Reforestación del predio de compensación	43.3217 ha; 15,163 plantas nativas producidas y establecidas con 15,163 terrazas individuales; mantenimiento y deshierbe de los años 1 a 3 y de los años 4 a 7; asistencia técnica	5,654,220.35

Clave	Medida	Alcance físico comprometido	Monto (pesos mexicanos)
R-1	Restauración y revegetación de las superficies de afectación temporal	1.3311 ha escarificadas y revegetadas con 1,708 plantas nativas, con mantenimiento de los tres primeros años	51,746.44
PVA	Programa de Vigilancia Ambiental	Responsiva ambiental semestral e informe anual de cumplimiento durante siete años	655,000.00
	Total de medidas		**7,404,356.08**

Fuente: memoria de cálculo de costos de las medidas ambientales (Anexo I.D); cantidades tomadas de la cartera de medidas y de la cartografía del proyecto (Anexo I.B); precios unitarios conforme al Acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 8 de marzo de 2023, actualizados por el Índice Nacional de Precios al Consumidor, y a los tabuladores de la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos para 2026.

Tres medidas del catálogo no generan partida en esta tabla porque su costo ya está pagado dentro del presupuesto de urbanización y presupuestarlo aquí lo contaría dos veces: el desmonte progresivo por frentes (P-2), que es un criterio de organización de la misma cuadrilla que ejecuta el desmonte; la conservación de las Áreas de Restricción Pluvial y de Talud como superficies no edificables (P-3), que es una restricción de ocupación y no una obra; y la conexión de la totalidad de las descargas sanitarias a la red municipal (P-6), que es infraestructura del desarrollo. La estabilización y revegetación de taludes (R-2) opera sobre 1.0758 ha que ya están dentro de las 1.3311 ha que revegeta R-1, de modo que su plantación está costeada en esa partida y el corte del talud pertenece a las terracerías del proyecto.

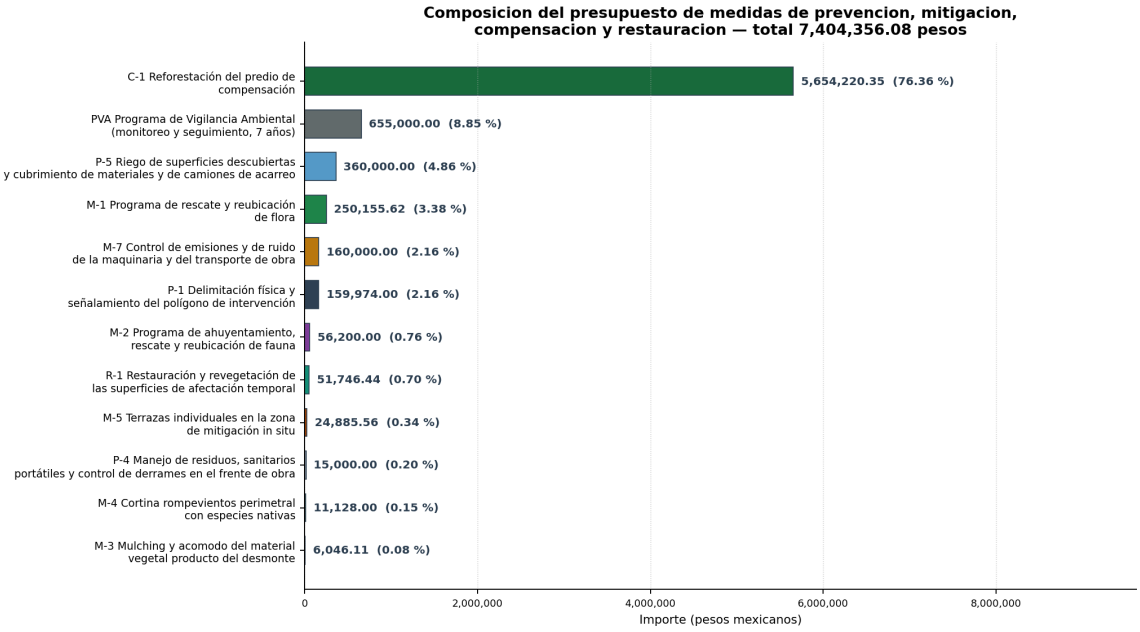


Figura 17. Composición del presupuesto de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración del proyecto Fraccionamiento Sedona. Fuente: elaboración propia con la memoria de cálculo de costos de las medidas ambientales (Anexo I.D).

La figura muestra que el presupuesto de medidas **no se reparte de forma pareja y no tenía por qué hacerlo**: la reforestación del predio de compensación concentra el 76.36 por ciento del total (5,654,220.35 de 7,404,356.08), mientras que el rescate de flora y el de fauna, que son las medidas de mayor visibilidad en obra, suman apenas el 4.14 por ciento. Esa distribución es coherente con la jerarquía del impacto: el rescate

atiende individuos y la reforestación atiende superficie y función, y es la superficie la que se pierde de manera permanente. Dentro de la propia compensación el peso lo lleva el sostenimiento y no la siembra —el mantenimiento de los años 4 a 7 vale 4,332,170.00 pesos, el 58.51 por ciento de todo el programa—, lo que traduce en dinero un criterio que el estudio sostiene en su capítulo de medidas: una reforestación se acredita por la planta que sobrevive, no por la que se planta.

El segundo bloque en magnitud es el Programa de Vigilancia Ambiental, con el 8.85 por ciento, cuyo peso responde a que se sostiene durante siete años; comprometer plantación sin comprometer seguimiento produce cifras de reforestación que nadie verifica en campo. Le sigue la prevención, con el 7.23 por ciento repartido entre el riego de superficies descubiertas, la delimitación del polígono y el manejo de residuos —partidas modestas por unidad pero que corren durante toda la obra—. La mitigación in situ y la restauración, en cambio, suman 93,806.11 pesos, el 1.27 por ciento: no porque se les reste importancia sino porque operan sobre 1.3309 y 1.3311 hectáreas, que es la superficie que el predio deja disponible una vez descontada la ocupación permanente, y porque su insumo principal —el material vegetal del desmonte y el suelo despalmado que M-6 acopia— no se compra, se conserva.

Del monto, el 21.9 por ciento descansa en precios de referencia oficiales del Acuerdo del Diario Oficial y en el tabulador de salarios mínimos, y el 72.4 por ciento en precios de mercado con referencia verificable, proporción que se explica casi por completo por el mantenimiento de los años 4 a 7 del predio de compensación: el Acuerdo publica costos de referencia para un horizonte de tres años, y el sostenimiento de los cuatro años siguientes —que este proyecto compromete— se cotiza fuera de él. El 5.7 por ciento restante son estimaciones de mercado a tanto alzado que conviene respaldar con cotización antes del ingreso del trámite.

Las tres partidas que dependían de la organización de la obra quedan dimensionadas, con el criterio que el promovente declara y el inventario de maquinaria que el proyecto ejecutivo ya publica:

Partida	Cantidad	Cómo se obtiene
P-4 · Sanitarios portátiles	3 unidades durante 24 meses en preparación del sitio; 8 unidades durante 60 meses en construcción	un sanitario por cada diez trabajadores, sobre los 30 y 80 puestos simultáneos que declara el programa de obra, por la duración de cada etapa
P-5 · Camiones de acarreo dotados de lona	3 unidades	los dos camiones de volteo de 7 m³ y el camión pipa de 10,000 L de la Tabla 17, que son los que transportan material susceptible de dispersión
M-7 · Unidades sujetas a verificación semestral	3 unidades	las mismas tres, por ser las únicas del inventario que circulan por vía pública; la maquinaria de oruga y los equipos estacionarios no son vehículos de circulación y no les resulta exigible

La razón de una unidad por cada diez trabajadores es de suficiencia sanitaria y no de costo, y su consecuencia práctica es que la cantidad sigue a la plantilla: si el promovente ajusta el número de puestos simultáneos, la partida se recalcula con el mismo criterio en lugar de renegociarse.

Las tres partidas se suman al monto y no lo redistribuyen, de modo que ninguna de las cifras anteriores se mueve. Y conviene enunciar por qué son modestas frente al conjunto: las tres actúan sobre la fracción de

la obra que más emite —la combustión de la maquinaria, que aporta casi seis veces el carbono del desmonte— con un costo unitario bajo, que es exactamente la relación que se busca en una medida preventiva.

I.7 Duración estimada del proyecto

El proyecto se ejecuta en **cinco años**, con la preparación del sitio distribuida en los primeros **veinticuatro meses** y la construcción a lo largo de **sesenta meses**. Ambas etapas se traslapan por diseño: mientras un condominio se edifica, el siguiente prepara su superficie. La operación y el mantenimiento inician al concluir cada etapa —no al término del desarrollo completo— y son **permanentes**, con una vida útil declarada de **50 años** para las edificaciones y la infraestructura.

Tabla 27. Duración estimada por etapa

Etapa	Duración	Periodo	Observaciones
Preparación del sitio	24 meses	Años 1 y 2	Comprende rescate de flora y fauna, desmonte, despalme y movimiento de tierras, acompasada con la ejecución de las cinco etapas
Construcción	60 meses	Años 1 a 5	Una etapa por año: Municipal (año 1), Condominio A (año 2), Condominio B (año 3), Condominio C (año 4), Condominio D (año 5)
Operación y mantenimiento	Permanente	Desde el año 2, conforme concluye cada etapa	Uso habitacional y mantenimiento de vialidad, áreas comunes, áreas verdes y redes
Cierre y abandono	No aplica	—	El proyecto no contempla abandono; la operación y el mantenimiento son permanentes (apartado I.5.5)
Restauración de superficies comprometidas	Escalonada	Conforme cada frente se libera	1.3311 ha; no se difiere al término del desarrollo
Mantenimiento del predio de compensación	7 años	A partir del establecimiento de la plantación	Mantenimiento y deshierbe los años 1 a 3; mantenimiento de la reforestación los años 4 a 7; asistencia técnica
Monitoreo y seguimiento ambiental	7 años	Desde el inicio de la preparación del sitio	Responsiva ambiental semestral e informe anual de cumplimiento
Vigencia solicitada para el cambio de uso de suelo	**2 años**	Años 1 y 2	Plazo dentro del cual se ejecuta la remoción de las 12.5570 ha de terreno forestal
Vida útil declarada del proyecto	50 años	—	Referida a las edificaciones y la infraestructura

Fuente: programa de obra y propuesta técnica del promovente (Anexo I.A); distribución de la superficie por etapa y año conforme a la zonificación de obra (Anexo I.B).

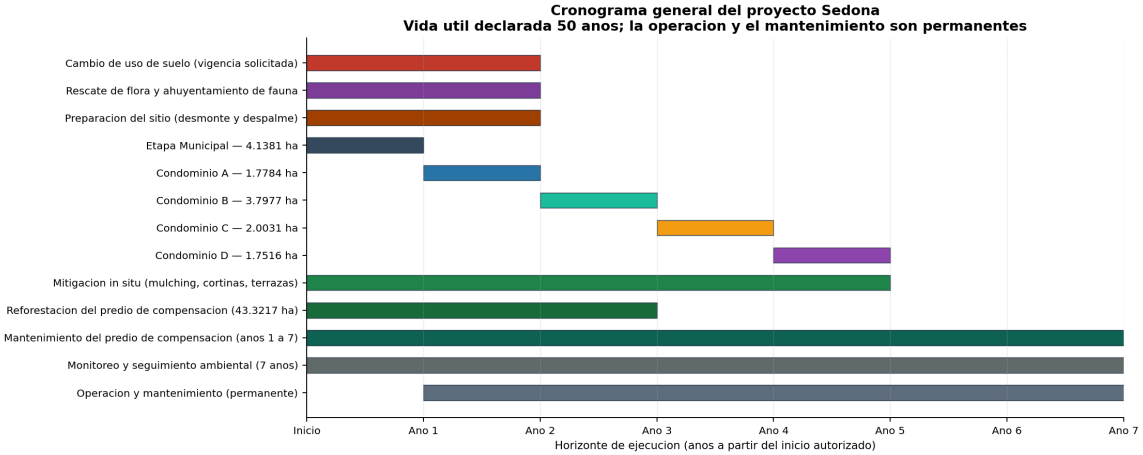


Figura 18. Cronograma general del proyecto Fraccionamiento Sedona. Fuente: elaboración propia con el programa de obra del promovente (Anexo I.A) y la zonificación de obra por etapa y año (Anexo I.B).

El cronograma expone una decisión que conviene leer con detenimiento: **la vigencia solicitada para el cambio de uso de suelo es de dos años, mientras que la construcción se extiende a cinco**. Esto significa que la remoción de las 12.5570 hectáreas de terreno forestal se concentra en los dos primeros años y no acompaña a la edificación durante todo el periodo. La consecuencia práctica es doble. Por un lado, el suelo desnudo permanece expuesto más tiempo del que tardaría cada frente en edificarse, lo que aumenta la exposición a la erosión durante las temporadas de lluvia intermedias; el proyecto responde a ese riesgo con la ejecución escalonada de las obras de mitigación y con la conservación sin despalme de 1.9129 hectáreas. Por otro lado, concentrar la remoción en dos años acota temporalmente el impacto sobre la fauna, que es el que peor tolera la reiteración: el ahuyentamiento y el rescate se realizan en un periodo definido y no se repiten durante cinco años sobre poblaciones que ya se desplazaron.

La restauración de las 1.3311 hectáreas comprometidas y la reforestación del predio de compensación no esperan al cierre del desarrollo. La compensación se establece en los primeros tres años y su mantenimiento se sostiene hasta el año siete, de modo que la plantación tenga tiempo de consolidarse dentro del horizonte de ejecución del proyecto y no quede como un compromiso pendiente al momento de la entrega final. El monitoreo y el seguimiento ambiental corren durante ese mismo horizonte de siete años, con responsiva semestral e informe anual: el compromiso ambiental del proyecto **sobrevive dos años a la última vivienda edificada**, que es lo que distingue una medida ejecutada de una medida ejecutada y verificada.

Las duraciones de este apartado son relativas al inicio de obra, no a una fecha de calendario. El proyecto no declara fecha prevista de inicio porque no depende del promovente: la obra arranca una vez notificada la resolución en materia de impacto ambiental y obtenidas las autorizaciones municipales del fraccionamiento, y el plazo de esos actos lo fija la autoridad. Fijar una fecha aquí produciría un cronograma que el propio expediente desmentiría al momento de la resolución. Los veinticuatro meses de preparación del sitio, los sesenta de construcción y los dos años de vigencia solicitada para el cambio de uso de suelo se cuentan, en consecuencia, a partir del inicio efectivo de los trabajos, que el promovente comunica a la autoridad conforme a las condicionantes que la resolución establezca.

I.8 Tabla resumen de características del proyecto

Este apartado concentra los consumos, las emisiones, los residuos y las descargas que el proyecto genera, desagregados entre la etapa de preparación del sitio y construcción y la etapa de operación. Cada renglón se acompaña de la fórmula, el coeficiente y la fuente que lo sustentan, de modo que la cifra pueda reproducirse sin recurrir al autor del estudio.

Tabla 28. Resumen de características del proyecto, por etapa

Concepto	Preparación del sitio y construcción	Operación y mantenimiento
Consumo de agua	11,481.6 m³ en total: 1,497.6 m³ en preparación del sitio y 9,984.0 m³ en construcción, para consumo humano y servicios del personal, suministrados mediante pipas; más 15,600.0 m³ para control de polvo y compactación	374.4 m³ al año del personal de mantenimiento del desarrollo. El consumo doméstico de las 707 viviendas no lo genera el promovente sino los residentes, y lo suministra la red municipal conforme al oficio de factibilidad G.P.P.574/2025
Consumo de combustible	605,941.0 L de diésel y 10,746.4 L de gasolina	Ninguno atribuible al promovente: la operación no emplea maquinaria de combustión propia (véase la memoria)
Consumo de energía eléctrica	Ninguno de la red: la obra opera con maquinaria de diésel y gasolina, conforme a la Tabla 17	El suministro se resuelve por la red de la Comisión Federal de Electricidad conforme al oficio de factibilidad FACT-035/2025. El consumo de las viviendas lo generan los residentes y no el promovente; el de alumbrado de vialidad y áreas comunes se transfiere al municipio junto con la infraestructura
Emisiones de gases de efecto invernadero — por pérdida de vegetación	307.47 t CO_2 equivalente	No aplica: el desmonte y el despalme ocurren en la preparación del sitio
Emisiones de gases de efecto invernadero — por combustión de maquinaria	1,817.74 t CO_2 equivalente: 1,648.64 t de CO_2 y 169.10 t de CO_2 equivalente de metano y óxido nitroso	Ninguna atribuible al promovente, por la razón del renglón de combustible
Emisiones de gases de efecto invernadero — por consumo de electricidad	No aplica: la obra no consume energía de la red	Depende del renglón de consumo eléctrico en operación; se integra con él
Aprovechamiento de otros recursos naturales	Material pétreo, arena, grava y cemento para terracerías, pavimento y edificación, adquiridos a proveedor establecido con banco autorizado. El promovente informará a la autoridad el banco de procedencia y su autorización vigente al contratar el suministro	Ninguno
Residuos de manejo especial — material vegetal del desmonte	193.26 m³ rollo total árbol; se pica y se esparce íntegramente dentro del predio	No aplica

Concepto	Preparación del sitio y construcción	Operación y mantenimiento
	como cubierta de acomodo. No se dispone fuera del predio	
Residuos de manejo especial — suelo de despalme	11,556.0 m³, con espesor de referencia de 0.10 m sobre 11.5560 ha; se reincorpora preferentemente en las superficies comprometidas a restauración	No aplica
Residuos peligrosos	14,370.9 L de aceite lubricante gastado del mantenimiento de la maquinaria, más los filtros, estopas y envases impregnados asociados	Aceites y residuos de equipo manual de jardinería, en el rango de microgenerador (véase la memoria)
Residuos sólidos urbanos	71,760.0 kg en total: 9,360.0 kg en preparación del sitio y 62,400.0 kg en construcción	974,175.1 kg al año: 971,835.1 kg de las 707 viviendas y 2,340.0 kg del personal de mantenimiento
Descargas de agua residual — construcción	Sanitarios portátiles con retiro y disposición por empresa autorizada. **No hay descarga a suelo ni a cuerpo receptor**	No aplica
Descargas de agua residual — operación	No aplica	Red municipal de drenaje sanitario, por conexión a la red existente del fraccionamiento Torralba; la infraestructura de entrega a la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado se aloja dentro del predio, con centroide en 263,804.06 m Este y 2,744,201.44 m Norte, UTM zona 13 Norte, WGS84. El volumen anual se obtiene como el 75 % de la dotación, coeficiente de aportación del Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la Comisión Nacional del Agua, y se integra con el renglón de consumo de agua en operación
Actividad altamente riesgosa	No. El almacenamiento temporal de diésel se limita a 1,000 L, por debajo de las cantidades de reporte	No

Fuente: memoria de cálculo de consumos, residuos y emisiones del proyecto (Anexo I.C); volúmenes de agua conforme al programa de obra del promovente (Anexo I.A); pérdida de carbono y volumen de material vegetal conforme a los estudios específicos del proyecto (Anexo IV.A y Anexo IV.B); volumen de despalme conforme a la zonificación de obra (Anexo I.B). Factores de consumo de combustible y de aceite lubricante conforme a los artículos 201 y 203 del Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas; factores de emisión de dióxido de carbono del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, y de metano y óxido nitroso del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2006, volumen 2, cuadro 3.3.1), con los potenciales de calentamiento global del Quinto Informe de Evaluación; generación per cápita de residuos sólidos urbanos conforme al Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; ocupantes por vivienda conforme al Censo de Población y Vivienda 2020 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, municipio de Culiacán; coeficiente de aportación de agua residual conforme al Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la Comisión Nacional del Agua; pronunciamientos de factibilidad conforme a los oficios G.P.P.574/2025 de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán y FACT-035/2025 de la Comisión Federal de Electricidad (Anexo I.A).

Memoria de cálculo de los renglones determinados

Consumo de agua en la preparación del sitio: 1,497.6 m³. Se obtiene como 30 trabajadores × 80 litros por trabajador y día × 26 días hábiles al mes × 24 meses ÷ 1,000. La dotación de 80 litros por trabajador y día corresponde a personal de jornada, no residente. El volumen cubre consumo humano y servicios del personal; el riego, el control de polvo y la compactación se contabilizan por separado en el renglón correspondiente y se abastecen del mismo suministro por pipas.

Consumo de agua en la construcción: 9,984.0 m³. Se obtiene como 80 trabajadores × 80 litros por trabajador y día × 26 días hábiles al mes × 60 meses ÷ 1,000, con el mismo alcance que el renglón anterior. El consumo total de agua de la obra asciende, en consecuencia, a **27,081.6 m³**: 11,481.6 m³ de personal y 15,600.0 m³ de control de polvo y compactación.

Emisiones por pérdida de vegetación: 307.47 t CO_2 equivalente. Corresponde al carbono almacenado en la biomasa de las 12.5570 hectáreas de selva baja caducifolia que se remueven, cuantificado en el estudio de captura de carbono del proyecto. Se atribuye íntegramente a la etapa de preparación del sitio porque es en ella donde ocurre el desmonte; en la operación no hay remoción adicional de cobertura y por eso el renglón se declara no aplicable, que es un hecho del proyecto y no un dato faltante.

Material vegetal del desmonte: 193.26 m³ rollo total árbol. Es el volumen de biomasa aérea resultante del desmonte de las 12.5570 hectáreas, cuantificado en el estudio dasométrico del proyecto. Su destino no es la disposición externa sino el acomodo dentro del predio descrito en el apartado I.5.3, sobre 0.9597 hectáreas con espesor de 0.05 metros y cobertura del 80 por ciento.

Suelo de despalme: 11,556.0 m³. Se obtiene como 11.5560 hectáreas × 10,000 m²/ha × 0.10 metros de espesor de referencia. El espesor está sujeto a la verificación del estudio de mecánica de suelos. El material se reincorpora preferentemente a las superficies comprometidas a restauración; sólo el excedente sin destino en obra se maneja como residuo de manejo especial.

Agua para control de polvo y compactación: 15,600.0 m³. Corresponde a una carga de pipa de 10 m³ por día hábil durante los sesenta meses de obra. Es un supuesto central de planeación, declarado como tal, y es el volumen que la Tabla 28 separa del consumo humano porque su destino y su momento son distintos: el riego de control de polvo se concentra en la temporada seca y en los frentes de terracería activos.

Agua en operación, 374.4 m³ al año. Se obtiene como 15 trabajadores de mantenimiento × 80 litros por trabajador y día × 312 días hábiles al año ÷ 1,000. Cubre únicamente al personal que el promovente emplea en el mantenimiento del desarrollo. **No incluye el consumo doméstico de las 707 viviendas**, que no lo genera el promovente sino los residentes, que se suministra por la red municipal y cuya dotación fija la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán; su oficio de factibilidad G.P.P.574/2025 condiciona el servicio a la entrada en operación del módulo de 150 litros por segundo de la planta potabilizadora «La Limita» y de su planta de tratamiento de 100 litros por segundo, pero no establece la dotación por habitante.

Consumo de combustible: 605,941.0 litros de diésel y 10,746.4 litros de gasolina. Se obtiene equipo por equipo como `número de equipos × potencia (hp) × factor de consumo (L/hp·h) × horas activas`, con los factores del artículo 201 del Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas —0.1514 L/hp·h para diésel y 0.2271 L/hp·h para gasolina— y las horas activas de la Tabla 17. El desglose por equipo consta en esa tabla.

Emisiones por combustión de maquinaria: 1,817.74 t CO_2 equivalente. Se descomponen en dos términos. El **dióxido de carbono**, 1,648.64 toneladas, se obtiene aplicando al consumo los factores del

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático para combustibles fósiles consumidos en México —2.68 kg CO_2 por litro de diésel y 2.30 kg CO_2 por litro de gasolina—: 605,941.0 L × 2.68 ÷ 1,000 = 1,623.92 t y 10,746.4 L × 2.30 ÷ 1,000 = 24.72 t. El **metano y el óxido nitroso**, 169.10 toneladas de CO_2 equivalente, se obtienen convirtiendo el combustible a energía con los poderes caloríficos netos y las densidades del *Inventario de Gases de Efecto Invernadero* del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, edición 2006, volumen 2, y aplicando los factores de emisión de maquinaria todo terreno de su cuadro 3.3.1 —4.15 kg de CH_4 y 28.6 kg de N_2O por terajoule para diésel; 50 kg y 2.0 kg por terajoule para gasolina—, con los potenciales de calentamiento global del Quinto Informe de Evaluación que emplea el Registro Nacional de Emisiones: 28 para el metano y 265 para el óxido nitroso. Conviene notar que **ese segundo término, que suele omitirse, aporta el 9.3 por ciento del total**: descartarlo por pequeño subestimaría la emisión de la obra en casi una décima parte.

Aceite lubricante gastado: 14,370.9 litros. Se obtiene con la misma estructura del consumo de combustible, aplicando los factores del artículo 203 del Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas: 0.00358 L/hp·h para equipos de 100 caballos de potencia o más y 0.00307 L/hp·h para los de menor potencia. Es la corriente que determina el régimen de manejo de residuos peligrosos de la obra.

Residuos sólidos urbanos del personal de obra: 71,760.0 kg. Se obtiene como `trabajadores × 0.50 kg por trabajador y día × días hábiles`: 30 × 0.50 × 624 = 9,360.0 kg en la preparación del sitio y 80 × 0.50 × 1,560 = 62,400.0 kg en la construcción. La generación de 0.50 kilogramos por trabajador y día equivale a **cerca del 46 por ciento de la generación per cápita nacional** que reporta el *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos* de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 1.076 kilogramos por habitante y día; la diferencia es deliberada y se justifica en que el trabajador no genera en obra la basura de un hogar completo sino la de su jornada.

Residuos sólidos urbanos en operación: 974,175.1 kg al año. El término dominante es el de las viviendas: 707 viviendas × 3.5 ocupantes por vivienda × 1.076 kg por habitante y día × 365 días = **971,835.1 kg al año**. El promedio de 3.5 ocupantes por vivienda particular habitada es el que el *Censo de Población y Vivienda 2020* del Instituto Nacional de Estadística y Geografía reporta para el municipio de Culiacán, y la generación per cápita es la nacional del *Diagnóstico Básico* citado. A ello se suman 2,340.0 kg al año del personal de mantenimiento (15 × 0.50 × 312). El resultado equivale a **2,669.0 kilogramos diarios, es decir, 2.67 toneladas al día que el servicio municipal de recolección deberá absorber**; es la presión más tangible que el desarrollo introduce sobre un servicio público existente y el estudio la declara con esa magnitud, sin diluirla en unidades anuales que la hagan parecer menor.

Residuos peligrosos en operación. La operación del desarrollo **no emplea maquinaria de combustión propiedad del promovente ni de la administración condominal**: el mantenimiento de la vialidad, las áreas comunes y las áreas verdes se realiza con equipo manual —desbrozadoras y podadoras portátiles— sobre una superficie de áreas verdes y comunes inferior a dos hectáreas. Por esa razón el renglón de consumo de combustible y el de emisiones por combustión se declaran sin cifra atribuible al promovente en la operación, y la generación de aceites y residuos impregnados se ubica en el rango de **microgenerador** —menos de 400 kilogramos anuales— que distingue el artículo 44 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. No es una omisión de dato: es un hecho del tipo de proyecto, y declararlo con una cifra inventada sería peor que declararlo con su razón. La administración de cada condominio registrará la categoría que su generación real determine y entregará los residuos a empresa autorizada.

Alcance de los renglones pendientes

Restan dos renglones, y ambos dependen de un acto de tercero que aún no ocurre. El **consumo doméstico de agua de las 707 viviendas y su descarga sanitaria** dependen de la dotación que fije la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán, que su oficio de factibilidad no establece; conocida esa dotación, el volumen de descarga se obtiene de inmediato aplicando el coeficiente de aportación de 0.75 del Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la Comisión Nacional del Agua, que el estudio ya emplea para el agua residual del personal de obra. El **consumo eléctrico del desarrollo en operación** depende de la carga que la Comisión Federal de Electricidad determine, y su propio oficio de factibilidad advierte que sólo podrá determinarse cuando el promovente presente sus necesidades específicas; conocida la carga, la emisión asociada se obtiene con el factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales publica cada año.

Ninguno de los dos condiciona la identificación de impactos del Capítulo IV, que se sustenta en las acciones del proyecto y en las superficies afectadas, pero ambos forman parte del cierre del expediente y se integran antes del ingreso del trámite. El **aprovechamiento de material pétreo** merece advertencia expresa por una razón distinta: el promovente lo adquiere a proveedor establecido y deberá informar el banco de procedencia y su autorización vigente, porque un banco no autorizado trasladaría al proyecto un impacto que no ocurre en su predio pero sí en su cadena de suministro.

I.9 Superficies generales del proyecto

Todas las superficies de este apartado provienen del **atributo de área de cada polígono** de la cartografía del proyecto, no de un cálculo geométrico posterior. El criterio importa porque la superficie que la autoridad autoriza debe ser idéntica a la que consta en los títulos de propiedad, en los planos y en los archivos vectoriales que se anexan; una superficie recalculada a partir de la geometría produce diferencias en el cuarto decimal que, acumuladas, vuelven imposible cotejar el expediente consigo mismo. La única excepción es la superficie del polígono general, que resulta de la unión espacial de los polígonos de cubierta y por esa razón se determina sobre la geometría en el sistema de proyección propio del proyecto.

Tabla 29. Superficies generales del proyecto

Concepto	Superficie (ha)	% del predio	Observaciones
Superficie total del predio (área del proyecto)	**13.4689**	100.00	Suma de las tres fracciones catastrales: 3.0661, 6.1931 y 4.2098 ha
Superficie destinada a lotes edificables e infraestructura	6.4412	47.82	Habitacional condominal unifamiliar y plurifamiliar, habitacional municipal, usos mixtos, estacionamiento e infraestructura
— Superficie de desplante de las edificaciones	2.0169	14.97	Huella de planta baja de las 707 viviendas; **contenida** en el renglón anterior, no se suma a él
— Superficie construida total de las edificaciones	4.7845	—	Suma de la superficie de todos los niveles; es

Concepto	Superficie (ha)	% del predio	Observaciones
			superficie edificada, no superficie de suelo ocupado
Superficie de intervención sin construcción	7.0277	52.18	Vialidad condominal y municipal, áreas comunes, taludes, áreas verdes, donaciones y restricción pluvial
Vegetación existente en el predio	**12.5570**	93.23	Selva baja caducifolia, en 14 polígonos
Vegetación por afectar	**12.5570**	93.23	La totalidad de la cobertura forestal del predio
Superficie forestal total sujeta a cambio de uso de suelo	**12.5570**	93.23	
— Por tipo de vegetación forestal: selva baja caducifolia	12.5570	93.23	Único tipo de vegetación forestal presente en el predio
Superficie no forestal	0.9119	6.77	No requiere cambio de uso de suelo
— Áreas desprovistas de vegetación	0.4776	3.55	Suelo ya expuesto
— Camino de terracería	0.3455	2.56	Infraestructura preexistente
— Cauce	0.0888	0.66	Trazo de cauce menor intermitente
Incidencia en cuerpos de agua	**0.0888**	0.66	Cauce menor intermitente dentro del predio; permanente
Incidencia en Zona Federal de cauce	0.0000	0.00	No aplica: el escurrimiento menor interior no tiene zona federal y ninguna obra se proyecta sobre él
Incidencia en Zona Federal Marítimo Terrestre	0.0000	0.00	No aplica: el predio no colinda con el mar ni con ecosistema costero
Superficie de afectación permanente	12.1378	90.12	Sin restauración; ocupación definitiva
Superficie de afectación temporal	1.3311	9.88	Con restauración comprometida

Concepto	Superficie (ha)	% del predio	Observaciones
Superficie con despalme (remoción del horizonte orgánico)	11.5560	85.80	Volumen estimado de 11,556.0 m³
Superficie sin despalme (el suelo permanece en sitio)	1.9129	14.20	
Superficie del predio de compensación	**43.3217**	—	Superficie externa al predio; relación 3.45 : 1 respecto de la superficie forestal removida

Fuente: cartografía digital del proyecto y su zonificación de obra (Anexo I.B); superficies leídas del atributo de cada polígono. Los porcentajes se obtienen como superficie del concepto entre 13.4689 hectáreas por cien. Las superficies de Zona Federal de cauce y de Zona Federal Marítimo Terrestre se declaran nulas por hecho del proyecto, no por ausencia de dato.

Desplante y superficie construida: dos cifras que no son la misma

La superficie de desplante y la superficie construida se confunden con frecuencia y miden cosas distintas. **El desplante es suelo ocupado**; la superficie construida suma los niveles y por eso puede superar al desplante sin que el proyecto ocupe un metro cuadrado más de terreno. La distinción es la que permite leer correctamente el efecto de la verticalización sobre el consumo de suelo forestal.

La superficie construida se obtiene de los prototipos y del número de viviendas de cada uno, conforme a las Tablas 15 y 16:

- 51 viviendas municipales unifamiliares del prototipo T-65: 51 × 65.08 m² = **3,319.08 m²**
- 368 viviendas condominales unifamiliares, con superficie media de los prototipos T-65, T-83 y T-95 —(65.08 + 81.42 + 94.07) ÷ 3 = 80.19 m²—: 368 × 80.19 m² = **29,509.92 m²**
- 288 departamentos del prototipo plurifamiliar: 288 × 52.14 m² = **15,016.32 m²**
- **Total: 47,845.32 m² = 4.7845 ha**

El desplante se obtiene dividiendo la superficie construida de cada componente entre su número de niveles, bajo el criterio de planta tipo constante —esto es, que todos los niveles de una misma edificación cubren la misma huella—:

- Unifamiliares municipales, dos niveles: 3,319.08 ÷ 2 = **1,659.54 m²**
- Unifamiliares condominales, dos niveles: 29,509.92 ÷ 2 = **14,754.96 m²**
- Plurifamiliares, cuatro niveles: 15,016.32 ÷ 4 = **3,754.08 m²**
- **Total: 20,168.58 m² = 2.0169 ha**

Dos precisiones acotan el alcance de esta cifra. La primera: **el desplante calculado corresponde exclusivamente a las 707 viviendas** y no incluye la edificación de los usos mixtos, la infraestructura ni el módulo de estacionamiento, cuyos proyectos arquitectónicos no están definidos; para esos usos, la superficie que el estudio declara es la de lote. La segunda: el criterio de planta tipo constante es una simplificación razonable para vivienda en serie de mampostería confinada, pero es una simplificación, y el proyecto arquitectónico definitivo puede arrojar una huella algo mayor en los prototipos con terraza. Por esa razón la cifra se declara como estimación de proyecto y no como dato de obra terminada.

La lectura que importa es esta: **las 707 viviendas ocupan 2.0169 hectáreas de suelo, el 14.97 por ciento del predio, y edifican 4.7845 hectáreas de superficie construida sobre ellas**. El resto de las 6.4412 hectáreas de lotes edificables corresponde a patios, accesos, jardines de lote y los usos cuya edificación aún no se dimensiona. La superficie impermeable permanente del proyecto no la determina el desplante de la vivienda sino la vialidad, con 4.6197 hectáreas entre condominal y municipal: **la calle ocupa más del doble de suelo que las casas**, y es ahí, no en la edificación, donde se concentra el efecto sobre la infiltración que el Capítulo IV cuantifica.

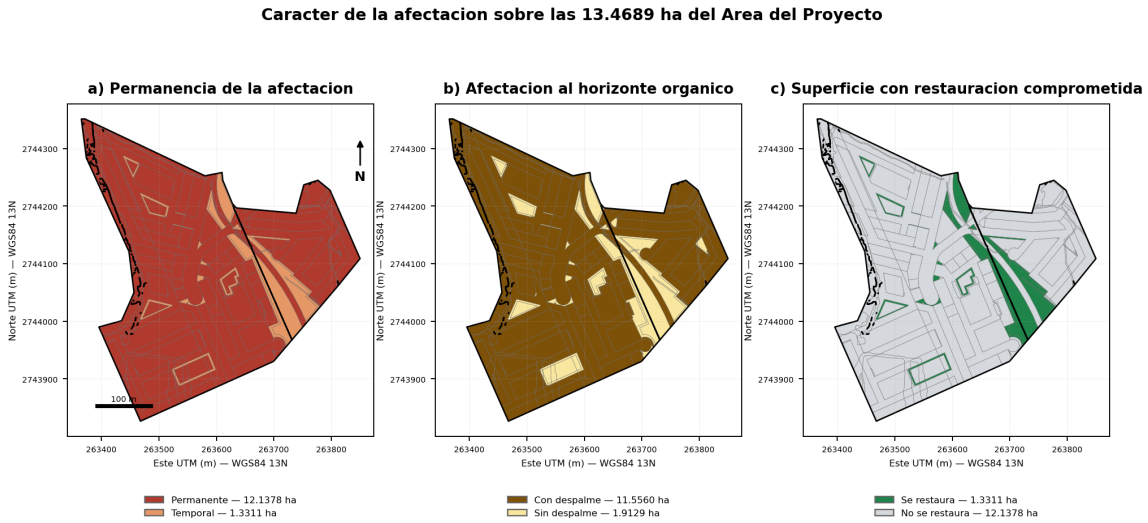


Figura 19. Carácter de la afectación sobre las 13.4689 hectáreas del Área del Proyecto: permanencia, afectación al horizonte orgánico y superficie con restauración comprometida. Fuente: elaboración propia con la zonificación de obra sobre la cartografía digital del proyecto (Anexo I.B). Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613); fecha de elaboración: agosto de 2026.

Los tres paneles de la figura describen tres cosas distintas que suelen confundirse y que conviene separar. El panel a) muestra que **12.1378 hectáreas —el 90.12 por ciento del predio— reciben afectación permanente**: sobre ellas no habrá recuperación de cobertura en el horizonte del proyecto. El panel b) muestra que el despalme, esto es, la remoción del horizonte orgánico, alcanza **11.5560 hectáreas**, una superficie **menor** que la de afectación permanente: hay 0.5818 hectáreas de área común que quedan permanentemente ocupadas pero cuyo suelo no se remueve. El panel c) muestra que la restauración comprometida cubre **1.3311 hectáreas**, que coinciden exactamente con la superficie de afectación temporal.

La distinción entre las tres capas es la que permite dimensionar correctamente el impacto sobre el recurso suelo. Si sólo se leyera la afectación permanente, se sobrestimaría la pérdida de suelo en 0.5818 hectáreas; si sólo se leyera el despalme, se subestimaría la ocupación definitiva del terreno. El estudio reporta ambas y las mantiene separadas en todo el documento.

Congruencia de las superficies

La correspondencia entre las cifras se verifica en tres cierres independientes, y los tres cuadran de manera exacta:

- **Por cubierta:** 12.5570 ha de selva baja caducifolia + 0.9119 ha sin cobertura forestal = **13.4689 ha**.

- **Por destino:** 6.4412 ha de lotes edificables e infraestructura + 7.0277 ha de intervención sin construcción = **13.4689 ha**.
- **Por permanencia:** 12.1378 ha de afectación permanente + 1.3311 ha de afectación temporal = **13.4689 ha**.

La superficie de cambio de uso de suelo en terreno forestal, **12.5570 hectáreas**, es congruente con los catorce polígonos forestales identificados en el apartado I.4.3 y con la zonificación de obra del apartado I.5.2, y es la misma cifra que el Capítulo IV emplea para valorar el impacto sobre la biodiversidad, el suelo, el régimen hídrico y la captura de carbono.

La afectación que este cuadro declara es sustancial y el estudio no la relativiza: se pierde el 93.23 por ciento de la cobertura vegetal del predio, de forma permanente sobre nueve décimas partes de su superficie. Lo que el proyecto sostiene no es que esa pérdida sea menor, sino que está acotada a un predio de borde ya bajo presión urbana, que se conserva sin remoción el 14.20 por ciento del suelo, que se restaura el 9.88 por ciento de la superficie y que se restituye cobertura forestal en una superficie 3.45 veces mayor que la removida. La demostración numérica de que ese conjunto de medidas hace compatible el proyecto con la permanencia de los servicios ambientales corresponde al Capítulo IV.

I.10 Información sectorial complementaria

Este apartado reúne la información socioeconómica del proyecto que complementa su descripción técnica: el empleo que genera, la inversión que moviliza y las presiones que su ejecución y operación introducen en el entorno. Se presenta con una advertencia de método: **las cifras del proyecto son datos del promovente y las del entorno provienen de fuentes oficiales; ninguna se estima para completar el cuadro**.

Empleo directo

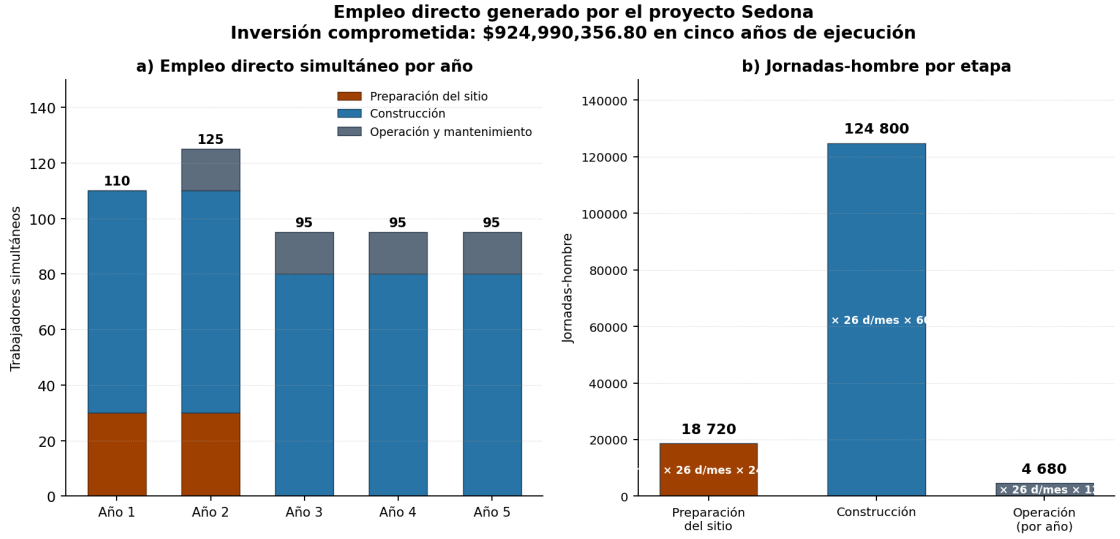


Figura 20. Empleo directo generado por el proyecto Fraccionamiento Sedona, por año y por etapa. Fuente: elaboración propia con el programa de obra y la propuesta de personal del promovente (Anexo I.A).

El proyecto sostiene **110 puestos directos simultáneos durante los dos primeros años** —80 de construcción y 30 de preparación del sitio—, y entre 95 y 110 durante el resto de la ejecución, conforme la

operación de los condominios concluidos se suma a la obra en curso. Al término de las cinco etapas, la operación y el mantenimiento del desarrollo sostienen **15 puestos permanentes**. En jornadas-hombre, la construcción aporta 124,800, la preparación del sitio 18,720 y la operación 4,680 por año.

La composición del empleo es la propia de la obra civil: mano de obra de la construcción, operadores de maquinaria, personal técnico de supervisión y, en la operación, personal de mantenimiento, jardinería y vigilancia. Son puestos de calificación media y baja, con alta capacidad de absorción local, lo que hace probable que la contratación se resuelva en el mercado laboral de Culiacán sin requerir afluencia de personal foráneo en volumen significativo.

Tabla 30. Indicadores socioeconómicos del proyecto

Indicador	Valor	Fuente
Inversión comprometida	$924,990,356.80	Presupuesto del proyecto ejecutivo del promovente (Anexo I.A)
Empleos directos — preparación del sitio	30, durante 24 meses	Programa de obra del promovente (Anexo I.A)
Empleos directos — construcción	80, durante 60 meses	Programa de obra del promovente (Anexo I.A)
Empleos directos — operación y mantenimiento	15, permanentes	Programa de obra del promovente (Anexo I.A)
Jornadas-hombre totales de la ejecución	143,520	18,720 de preparación del sitio + 124,800 de construcción
Empleos indirectos	37, simultáneos	110 puestos directos × 0.34 indirectos por directo (Matriz de Insumo-Producto del INEGI, sector 23 Construcción)
Derrama económica local estimada	$924,990,356.80, ejercidos en cinco años: $664,351,589.90 de edificación (71.82 %) y $260,638,766.90 de urbanización (28.18 %)	Memoria descriptiva y presupuesto del proyecto ejecutivo del promovente (Anexo I.A)
Viviendas producidas	707	Proyecto ejecutivo del promovente (Anexo I.A)
Superficie de área de donación municipal	0.2054 ha	Zonificación de obra (Anexo I.B)
Superficie de área verde municipal y común	0.0483 ha	Zonificación de obra (Anexo I.B)
Vialidad municipal que se incorpora al patrimonio público	1.3083 ha	Zonificación de obra (Anexo I.B)

Fuente: los indicadores del proyecto provienen del expediente del promovente (Anexo I.A) y de la cartografía del proyecto (Anexo I.B). Las jornadas-hombre se obtienen como trabajadores × 26 días hábiles al mes × meses de duración.

El factor de empleo indirecto: por qué el que se aplica

El empleo indirecto no se mide, se deriva de un factor, y la elección del factor cambia el resultado en un orden de magnitud. El estudio no lo resuelve por omisión ni adopta el primero que encuentra: contrastó las dos metodologías federales publicadas con sustento verificable y aplica la segunda, por las razones que se exponen.

La metodología contrastada — Comisión Nacional de Vivienda, en sus propias unidades. La *Metodología del cálculo de empleos directos e indirectos generados con la construcción de vivienda* (CONAVI, 2021, Cuadro 6) asigna a la línea de apoyo de **vivienda nueva 4.5 empleos directos y 1.5 empleos indirectos por vivienda**. Aplicada a las 707 viviendas del proyecto arroja **3,182 empleos directos y 1,061 indirectos** a lo largo del programa completo. Es metodología federal, específica del sector vivienda, y entrega ambos términos de una misma fuente. Su desventaja es que esos empleos son un conteo acumulado por vivienda edificada y **no son comparables con los 110 puestos simultáneos** que declara el programa de obra: mezclarlos produciría un cuadro incoherente.

La metodología aplicada — razón de indirectos por directo, de la matriz insumo-producto. La relación implícita en el mismo cuadro de CONAVI es de **0.33 indirectos por directo** (1.5 ÷ 4.5), coincidente con el **0.34** que Arriaga Navarrete y colaboradores (2021, *Contaduría y Administración*, UNAM) derivan de la Matriz de Insumo-Producto del INEGI para el sector 23, Construcción, y del orden del **0.45** que reporta el CEESCO–CMIC (2018) para la serie 2007–2017. Aplicada a los 110 puestos directos simultáneos del proyecto con el factor de 0.34, arroja **37 empleos indirectos simultáneos**, cifra directamente comparable con el resto de la tabla.

El estudio aplica la razón de indirectos por directo, porque la tabla que aloja la cifra reporta puestos simultáneos y no acumulados, y un cuadro que mezclara ambas unidades sería indefendible ante el dictaminador. Se advierte expresamente que **el factor de 1.5 indirectos por cada directo, de circulación frecuente en el sector, no tiene metodología publicada que lo sostenga**: proviene de leer como razón lo que la Comisión Nacional de Vivienda pública como conteo por vivienda. El estudio prefiere una cifra menor y sustentada a una mayor y huérfana, y esa preferencia es deliberada: **declarar menos empleo indirecto del que otros estudios reportan no favorece al proyecto, pero sí lo hace defendible**, que es lo que aquí interesa.

Beneficio y presión: lectura simétrica

Lo que el proyecto aporta. La inversión de $924,990,356.80 se ejecuta íntegramente en el municipio de Culiacán a lo largo de cinco años, con una demanda continua de mano de obra local, de materiales de construcción y de servicios de transporte. El desarrollo incorpora al patrimonio público 1.3083 hectáreas de vialidad municipal, 0.2054 hectáreas de área de donación y 0.0219 hectáreas de área verde municipal, además de la infraestructura de agua potable y drenaje que se transfiere a la Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán. Y produce 707 viviendas con servicios completos en suelo conectado a la red urbana existente, en una ciudad cuyo crecimiento demanda vivienda formal.

Lo que el proyecto presiona. El mismo desarrollo introduce demanda adicional sobre servicios que el entorno ya presta: agua potable y drenaje sanitario para 707 viviendas, recolección de residuos sólidos urbanos, capacidad vial en los accesos, y equipamiento educativo y de salud en el sector. La urbanización de 13.4689 hectáreas de borde extiende la mancha urbana sobre el frente forestal, con el efecto de acercar la presión antrópica —tránsito, mascotas domésticas, iluminación nocturna, extracción informal— a los macizos de selva baja caducifolia que permanecen por los rumbos Sur y Sureste. Durante la construcción, el tránsito de maquinaria y camiones sobre la vialidad Rey Prisciliano y las vías de acceso genera molestias por ruido y polvo a la población que ya reside en el sector.

Ninguno de esos efectos se presenta aquí como valorado: su identificación, calificación y las medidas que los atienden corresponden al Capítulo IV. Lo que este apartado sostiene es que **el balance socioeconómico**

del proyecto no se agota en el lado del beneficio, y que presentarlo así volvería el capítulo un alegato en lugar de una descripción.

Anclaje en el entorno

La graduación del beneficio de empleo depende de la condición del mercado laboral y del grado de marginación del entorno: en un entorno con marginación alta y población económicamente activa desocupada elevada, 110 puestos directos son un beneficio significativo; en un entorno urbano ya dinámico, el mismo número es marginal. La caracterización que sigue permite decidir cuál de los dos casos es el del proyecto.

Tabla 31. Caracterización socioeconómica del entorno, por escala

Indicador	Área de Influencia	Región Ecológica	Municipio de Culiacán
Población total	7,475 habitantes	814,126 habitantes	1,003,530 habitantes
Población económicamente activa	3,545 (47.42 %)	417,473 (51.28 %)	504,998 (50.32 %)
Población ocupada	—	—	498,256
Población desocupada	—	—	6,742 (1.33 % de la PEA)
Grado de marginación	Muy bajo en 6 áreas geoestadísticas básicas, Bajo en 2, sin dato publicado en 2	Bajo en 31, Muy bajo en 21, Medio en 12, Alto en 5, Muy alto en 3, sin dato en 17	Localidad de Culiacán Rosales: Muy bajo
Grado de rezago social	Bajo en 6, Muy bajo en 3, Medio en 1	Bajo en 43, Muy bajo en 12, Medio en 12, Alto en 7, Muy alto en 2	Muy bajo; índice de −1.20435, lugar 2,374 de 2,469 municipios del país
Unidades económicas	222, en 25 subsectores	5,637, en 67 subsectores	46,670
Unidades económicas de la construcción (sector 23)	0	21	403, de las cuales 216 son de edificación
— Edificación de vivienda unifamiliar (236111)	0	—	113
— Edificación de vivienda multifamiliar (236112)	0	—	15

Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020 —Iteración por localidad y Resultados por área geoestadística básica y manzana urbana—; CONAPO, Índice de marginación por localidad y por AGEB urbana 2020, estimaciones con base en el Censo 2020; CONEVAL, Índice de Rezago Social 2020, a nivel entidad-municipio, localidad y AGEB urbana; INEGI, Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, actualización de mayo de 2026.

Alcance del dato y su escala real. Ninguna de las cuatro fuentes se publica a la escala del Área de Influencia ni de la Región Ecológica: la unidad mínima de la marginación, del rezago social y de la población económicamente activa es la localidad o el área geoestadística básica. Los valores de las dos primeras columnas se obtuvieron por intersección espacial de cada polígono con esas unidades, y los de población y población económicamente activa del Área de Influencia corresponden a las **diez áreas geoestadísticas básicas urbanas contenidas al cien por ciento** dentro de ella, sumadas aritméticamente. Debe declararse además que **el 53.76 por ciento de la superficie del Área de Influencia corresponde a un área geoestadística básica rural**, para la cual CONAPO y CONEVAL no publican grado de marginación ni de rezago social, porque ambos índices cubren únicamente el ámbito urbano: es un hueco estructural de la

fuente oficial, no una omisión del estudio. Las unidades económicas, en cambio, provienen de un directorio geolocalizado punto a punto y su conteo por polígono sí es exacto.

Lo que la caracterización obliga a concluir. El entorno del proyecto **no es un entorno marginado**: el municipio ocupa el lugar 2,374 de 2,469 en rezago social —esto es, entre los noventa y seis municipios con menor rezago del país—, la localidad de Culiacán Rosales tiene grado de marginación Muy bajo, y las ocho áreas geoestadísticas básicas del Área de Influencia que tienen grado de marginación publicado —de diez— están todas en los grados Muy bajo o Bajo. La tasa de desocupación municipal es de 1.33 por ciento de la población económicamente activa. En consecuencia, **los 110 puestos directos del proyecto no son un beneficio determinante para el entorno**: se insertan en un mercado laboral de más de medio millón de personas económicamente activas, con desocupación baja, y equivalen al 0.02 por ciento de esa población. El estudio lo declara así y no lo presenta de otro modo, porque sostener que el empleo generado transforma la condición social del sector sería un argumento que el propio dato oficial desmiente.

Donde el beneficio sí es nítido es en el **tejido económico local de la construcción**: las 403 unidades económicas del sector 23 en el municipio —216 de ellas de edificación— constituyen la base de proveedores y subcontratistas que absorbe una inversión de $924,990,356.80 sin requerir empresa foránea. Y su contraparte, que este apartado también debe declarar, es que **el Área de Influencia no cuenta con una sola unidad económica de la construcción**: la derrama no se queda en el entorno inmediato del predio, se distribuye en la ciudad. La afirmación de beneficio local es cierta a escala municipal y falsa a escala de barrio, y conviene no confundirlas.

Factibilidad de servicios

Las tres dependencias competentes se han pronunciado sobre la dotación de servicios a las 707 viviendas, y sus pronunciamientos constan en la Certificación de Cabildo número 022/2026 con la que el Ayuntamiento de Culiacán autorizó el proyecto de lotificación. La tabla siguiente los identifica por oficio y por sentido, porque de ellos depende una afirmación que este capítulo sostiene en varios apartados: que el desarrollo se conecta a infraestructura municipal existente y no resuelve sus servicios con soluciones autónomas. Esa afirmación no es del promovente, es de las dependencias que prestan el servicio, y por eso se documenta con el número de oficio de cada una y no con una declaración genérica de factibilidad.

Tabla 32. Pronunciamientos de factibilidad de servicios

Servicio	Dependencia	Documento	Sentido
Agua potable y alcantarillado sanitario	Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán	Oficio G.P.P.574/2025	Factible, condicionada
Energía eléctrica	Comisión Federal de Electricidad, División de Distribución Noroeste, Zona Culiacán	Oficio FACT-035/2025, del 14 de abril de 2025	Factible, con obras a cargo del solicitante
Alumbrado público	Ayuntamiento de Culiacán	Oficio DAPEE/-FRACC/019/2025	Emitido

Fuente: Certificación de Cabildo 022/2026, Secretaría del Ayuntamiento de Culiacán, del 16 de febrero de 2026, que transcribe los tres pronunciamientos (Anexo I.A).

La factibilidad de agua potable y drenaje **es condicionada, y la condición no es menor**: la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado supedita la dotación a que estén construidos y operando el nuevo módulo

de 150 litros por segundo de la planta potabilizadora Juan de Dios Bátiz «La Limita» y la planta de tratamiento de aguas residuales de 100 litros por segundo del mismo sitio. Añade que el abasto por gravedad sólo alcanza por debajo de la cota 82.00 metros sobre el nivel del mar, de modo que las superficies del desarrollo situadas por encima requieren tanque de almacenamiento y cárcamo de bombeo, y que los edificios de departamentos requieren cisterna. La conexión de agua potable se resuelve sobre la tubería existente de seis pulgadas de la calle Del Portal, con cierre de circuito en la calle Pietro, y la de alcantarillado sobre la red existente del fraccionamiento Torralba.

Que la condición dependa de infraestructura municipal ajena al proyecto tiene una lectura ambiental directa: **el desarrollo no resuelve su abasto con fuente propia**. No perfora pozo, no deriva agua de cauce y no instala planta de tratamiento individual; se conecta a un sistema municipal cuya ampliación es condición previa de su ocupación. Esa dependencia, que desde la perspectiva del promovente es una restricción, desde la perspectiva ambiental es la alternativa de menor impacto disponible, y es la razón por la que el proyecto no incorpora aprovechamiento de aguas nacionales ni descarga a cuerpo receptor.

La factibilidad eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad se emite sin declarar carga autorizada, porque las obras corren a cargo del solicitante y su dimensionamiento se determina cuando el promovente presente sus necesidades específicas. La electrificación del fraccionamiento es **subterránea** y el alumbrado es de tecnología de diodo emisor de luz sobre postes de ocho metros, conforme al proyecto ejecutivo.

El proyecto tampoco incide en territorio ni en localidad indígena: la localidad indígena más próxima se encuentra a 91,986 metros del predio, conforme al catálogo del Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas, por lo que no se actualiza el supuesto de consulta previa por afectación territorial.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

MODALIDAD PARTICULAR

CAPÍTULO II.

Sedona

Contenido

Contenido 2
Índice de tablas 2
Índice de figuras 3
II.1 Marco jurídico federal en materia ambiental 6
II.1.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) 12
II.1.2 Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA) 14
II.1.3 Otras leyes federales relacionadas 17
II.2 Programas de ordenamiento ecológico 30
II.2.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) 31
II.2.2 Ordenamiento ecológico del territorio del estado de Sinaloa 37
II.2.3 Ordenamiento ecológico local del municipio de Culiacán 38
II.3 Programas y planes de desarrollo urbano 39
II.3.1 Clasificación y zonificación del predio 42
II.3.2 Congruencia estratégica con el modelo de desarrollo urbano 46
II.3.3 Constancia municipal de uso de suelo 48
II.4 Áreas Naturales Protegidas y otras áreas de relevancia 50
II.4.1 Áreas Naturales Protegidas (federales, estatales y municipales) 52
II.4.2 Otras áreas de relevancia para la conservación (CONABIO) en las que el proyecto incide 57
II.4.3 Áreas de relevancia en las que el proyecto no incide (constancia) 64
II.5 Normas Oficiales Mexicanas aplicables 73
II.6 Otros instrumentos relevantes 78
II.6.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos 79
II.6.2 Tratados internacionales 80
II.6.3 Instrumentos de planeación del desarrollo 82
II.7 Localidades con población indígena 86

Índice de tablas

Tabla 1. Marco jurídico federal en materia de evaluación del impacto ambiental 10
Tabla 2. Otras leyes federales: resultado de la criba de aplicabilidad 11
Tabla 3. Índices de diversidad del Área del Proyecto y de su entorno homólogo 19
Tabla 4. Diversidad beta entre el Área del Proyecto y su entorno 20

Tabla 5. Especies en categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 registradas en el Área del Proyecto 21
Tabla 6. Programas de ordenamiento ecológico examinados..... 31
Tabla 7. Incidencia del Área del Proyecto en las Unidades Ambientales Biofísicas del POEGT 32
Tabla 8. Atributos que el POEGT asigna a cada una de las dos unidades..... 32
Tabla 9. Congruencia del proyecto con las estrategias sectoriales de las unidades 34
Tabla 10. Ordenamientos ecológicos regionales examinados 37
Tabla 11. Ordenamiento ecológico local del municipio de Culiacán 39
Tabla 12. Programas y planes de desarrollo urbano — estado de la vinculación..... 41
Tabla 13. Zonificación que el instrumento municipal asigna al Área del Proyecto..... 42
Tabla 14. Normas técnicas de la zona RTA y modalidad que el proyecto emplea 42
Tabla 15. Zonificación propuesta por el proyecto sobre el Área del Proyecto 44
Tabla 16. Congruencia del proyecto con los criterios del modelo de desarrollo urbano 46
Tabla 17. Áreas naturales protegidas federales más próximas al predio..... 53
Tabla 18. Áreas naturales protegidas estatales y municipales más próximas al predio 54
Tabla 19. Incidencia del proyecto en áreas de relevancia para la conservación 58
Tabla 20. Respuesta del proyecto al diagnóstico de la figura 59
Tabla 21. Áreas de relevancia para la conservación más próximas al predio, medidas desde el polígono .. 65
Tabla 22. Normas Oficiales Mexicanas — criba de aplicabilidad y forma de cumplimiento 74
Tabla 23. Otros instrumentos relevantes — resumen de la congruencia..... 78
Tabla 24. Instrumentos de planeación del desarrollo — congruencia del proyecto 82
Tabla 25. Instrumentos normativos de las esferas estatal y municipal 84
Tabla 26. Localidades con población indígena — resultado por escala de análisis 86

Índice de figuras

Figura 1. Jerarquía de los ordenamientos vinculados en este capítulo, conforme al artículo 133 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Fuente: elaboración propia a partir de los ordenamientos citados en el Capítulo II; orden de prelación conforme al artículo 133 constitucional. 8
Figura 2. Resultado de la criba de aplicabilidad del capítulo, instrumento por instrumento. Fuente: elaboración propia a partir de las Tablas 1 a II.9 del presente capítulo. 9
Figura 3. Incidencia del proyecto en la unidad ambiental biofísica del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. Fuente: elaboración propia a partir de las Unidades Ambientales Biofísicas del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Diario Oficial de la Federación, 7 de septiembre de 2012) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2. 36
Figura 4. Zonificación del instrumento municipal de desarrollo urbano sobre el predio. Fuente: elaboración propia a partir de la zonificación del instrumento de ordenamiento territorial y desarrollo urbano del municipio de Culiacán y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del

Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2. 46
Figura 5. Incidencia territorial del proyecto respecto de las áreas naturales protegidas, las áreas de relevancia para la conservación y las unidades del ordenamiento ecológico. Fuente: elaboración propia a partir de las capas oficiales de Áreas Naturales Protegidas Federales (CONANP, edición 2025), Áreas Naturales Protegidas Estatales, Municipales, Ejidales, Comunitarias y Privadas (CONABIO, edición 2025), Sitios Prioritarios para la Restauración (CONABIO y CONAFOR), Regiones Terrestres y Regiones Hidrológicas Prioritarias y Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (CONABIO), Unidades Ambientales Biofísicas del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (SEMARNAT, Diario Oficial de la Federación, 7 de septiembre de 2012) y sitios Ramsar (Convención de Ramsar), y de los polígonos del Área del Proyecto y del Área de Influencia. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. La figura se reproduce en el Anexo II.2. 52
Figura 6. No incidencia del proyecto en Áreas Naturales Protegidas federales. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Áreas Naturales Protegidas Federales de México (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, edición 2025) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2. 56
Figura 7. No incidencia del proyecto en Áreas Naturales Protegidas estatales, municipales y privadas. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Áreas Naturales Protegidas Estatales, Municipales, Ejidales, Comunitarias y Privadas de México (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, edición 2025) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2. 57
Figura 8. Incidencia del proyecto en Sitios Prioritarios para la Restauración. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Sitios Prioritarios para la Restauración (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Comisión Nacional Forestal) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2. 62
Figura 9. Incidencia del proyecto en sitios de atención para la restauración del paisaje forestal. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Sitios de atención para restauración del paisaje forestal en México (Comisión Nacional Forestal) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2. 63
Figura 10. Incidencia del proyecto en corredores bioclimáticos para la conservación de la biodiversidad. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Corredores bioclimáticos para la conservación de la biodiversidad de México (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2. 64

Figura 11. No incidencia del proyecto en Regiones Prioritarias para la Biodiversidad. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Regiones Prioritarias para la Biodiversidad (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2. 67
Figura 12. No incidencia del proyecto en Sitios de Atención Prioritaria para la Conservación. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Sitios de Atención Prioritaria para la Conservación (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2. 68
Figura 13. No incidencia del proyecto en Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2. 69
Figura 14. No incidencia del proyecto en Regiones Terrestres Prioritarias. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Regiones Terrestres Prioritarias (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2. 70
Figura 15. No incidencia del proyecto en Regiones Hidrológicas Prioritarias. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Regiones Hidrológicas Prioritarias (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2. 71
Figura 16. No incidencia del proyecto en Regiones Marinas Prioritarias. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Regiones Marinas Prioritarias (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2. 72
Figura 17. No incidencia del proyecto en sitios Ramsar. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Sitios Ramsar (Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional, por conducto de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2. 73

II.1 Marco jurídico federal en materia ambiental

El proyecto consiste en el desarrollo de un fraccionamiento habitacional sobre un predio de **13.4689 ha** localizado en el municipio de Culiacán, Sinaloa, en coordenadas UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). De esa superficie, **12.5570 ha** están cubiertas por **selva baja caducifolia** —terreno forestal en el sentido de la legislación forestal— y **0.9119 ha** corresponden a usos no forestales preexistentes. La ejecución del proyecto implica la remoción de esa cobertura para destinar la superficie a vivienda unifamiliar y plurifamiliar en régimen condominal, vialidad, áreas de donación, infraestructura y áreas verdes, conforme a la zonificación descrita en el Capítulo I.

Ese hecho —y no la naturaleza inmobiliaria del proyecto por sí sola— determina qué normas le resultan aplicables. Dos supuestos federales se actualizan simultáneamente: el proyecto es una **obra sujeta a evaluación de impacto ambiental** por implicar cambio de uso del suelo en área forestal, y es un **cambio de uso de suelo en terrenos forestales** que requiere autorización de la Secretaría en materia forestal. Ambos convergen en un solo expediente por la vía del artículo 14 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, y ambos se vinculan en este capítulo.

Las restantes materias federales —vida silvestre, residuos, aguas nacionales, cambio climático, responsabilidad ambiental— se incorporan **sólo donde su articulado leído confirma que el supuesto se actualiza** para las obras y actividades reales del proyecto. La coincidencia entre el título de una norma y la actividad del proyecto no basta: una norma entra a la tabla porque su ámbito de aplicación la alcanza, no porque su nombre suene pertinente. Las que no la alcanzan se resuelven expresamente —con la razón de su no aplicación— cuando su materia guarda relación con un impacto real del proyecto, y se omiten cuando son ajenas.

Método de vinculación. Cada instrumento se presenta en el formato tabular de tres columnas que exige la Guía para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular: (1) el instrumento y el precepto concreto; (2) la disposición o restricción aplicable al proyecto en materia de evaluación del impacto ambiental; (3) la congruencia o el cumplimiento, argumentado con el dato del capítulo que lo sustenta. La tercera columna no se llena con declaraciones de buena voluntad: cada afirmación de cumplimiento remite al capítulo, anexo o fuente oficial donde el evaluador puede verificarla.

Verificación de vigencia. Antes de citarse, la versión vigente y la última reforma de cada ley, reglamento y norma oficial mexicana de este capítulo se confirmaron en fuente oficial —Diario Oficial de la Federación y acervo de legislación federal vigente de la Cámara de Diputados— con **fecha de consulta 17 de agosto de 2026**. La fecha de última reforma se declara junto a cada instrumento en la primera columna de su tabla. Tres cambios recientes modifican el marco respecto de estudios anteriores y por eso se señalan de entrada:

Cambio normativo	Publicación en el DOF	Efecto sobre este capítulo
Decreto que expide la Ley General de Economía Circular y reforma la LGEEPA y la LGPGIR	19 de enero de 2026	La LGEEPA y la LGPGIR se citan en su texto vigente al 19 de enero de 2026; se incorpora la Ley General de Economía Circular al análisis de residuos (II.1.3)
Decreto que expide la Ley General de Aguas y reforma, adiciona y deroga	11 de diciembre de 2025	La materia de aguas nacionales se analiza contra ambos ordenamientos; la Ley de Aguas Nacionales subsiste

Cambio normativo	Publicación en el DOF	Efecto sobre este capítulo
disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales		vigente pero parcialmente derogada (II.1.3)
Reforma al Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	20 de noviembre de 2025	El contenido exigible al estudio técnico justificativo del cambio de uso de suelo se contrasta contra el texto reglamentario vigente (II.1.3)

Fuente: Diario Oficial de la Federación y acervo de legislación federal vigente de la Cámara de Diputados; consulta del 17 de agosto de 2026.

Los tres cambios de la tabla se concentran en catorce meses y ninguno es menor para este proyecto. El primero altera el texto de las dos leyes que gobiernan la evaluación del impacto ambiental y el manejo de residuos, y añade un ordenamiento nuevo sobre la materia de valorización de materiales que el proyecto genera en volumen. El segundo modifica el régimen de aguas nacionales justo en la materia —zona federal de cauce y descargas— sobre la que este capítulo tiene que pronunciarse. Y el tercero cambia el contenido reglamentario exigible al estudio que sustenta el cambio de uso de suelo forestal. Un estudio que citara estas normas en su redacción anterior estaría invocando textos que ya no son los vigentes, y el evaluador lo advertiría en la primera lectura; por eso la fecha de última reforma acompaña a cada instrumento a lo largo del capítulo, y no sólo aquí.

Cotejo del único precepto de la Ley de Aguas Nacionales que este capítulo cita. El decreto del 11 de diciembre de 2025 reformó, adicionó y derogó diversas disposiciones de esa Ley, de modo que citarla sin verificar el estado de la fracción invocada habría sido temerario. El cotejo contra el texto vigente arroja que **el artículo 3, fracción XLVII, subsiste sin modificación**: la definición de «Ribera o Zona Federal» permanece en sus términos, y el decreto adicionó fracciones al mismo artículo sin derogar ni desplazar la que aquí interesa. La **Ley General de Aguas** expedida por ese mismo decreto tiene objeto distinto —el derecho humano al acceso, disposición y saneamiento del agua para consumo personal y doméstico— y no incorpora un régimen de zona federal que sustituya al de la Ley de Aguas Nacionales ni obligaciones de trámite adicionales para un desarrollo inmobiliario. El desarrollo del cotejo y sus consecuencias constan en II.1.3, inciso e).



Figura 1. Jerarquía de los ordenamientos vinculados en este capítulo, conforme al artículo 133 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Fuente: elaboración propia a partir de los ordenamientos citados en el Capítulo II; orden de prelación conforme al artículo 133 constitucional.

La figura ordena el capítulo y explica su recorrido. En la cúspide está la Constitución, cuyos artículos 4, 25 y 27 fijan el derecho a un medio ambiente sano, la rectoría del desarrollo sustentable y el régimen de aprovechamiento de los recursos naturales (II.6.1); enseguida los tratados internacionales de los que México es parte (II.6.2); después las leyes generales federales que dan competencia a la Secretaría y sujetan el proyecto a autorización previa (II.1.1 a II.1.3); luego sus reglamentos y las normas oficiales mexicanas que fijan límites y especificaciones exigibles (II.5); y en la base los instrumentos de ordenamiento y planeación —ecológicos, urbanos y de desarrollo— que territorializan sobre el predio concreto las políticas de los peldaños superiores (II.2, II.3 y II.6.3). El proyecto no se defiende invocando un solo peldaño: se sostiene porque en cada uno se le puede confrontar y en cada uno responde con un dato verificable.

Figura II.2. Resultado de la criba de aplicabilidad, instrumento por instrumento

■	II.1.1	LGEEPA (arts. 28-VII, 30, 34, 35, 35 BIS y 23)	Se actualiza el supuesto del art. 28-VII: cambio de uso del suelo de 12.5570 ha de area forestal
■	II.1.2	Reglamento de la LGEEPA en materia de EIA	Art. 5, inciso O), fraccion I; modalidad Particular por descarte de las cuatro hipotesis del art. 11
■	II.1.3 a	Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (art. 93)	Cambio de uso de suelo en terreno forestal; cuatro criterios legales resueltos en el Cap. IV
■	II.1.3 b	Ley General de Vida Silvestre (arts. 18 y 58)	La superficie a intervenir es habitat real y potencial de vida silvestre
■	II.1.3 b	Ley General de Vida Silvestre (art. 60 TER, manglar)	No hay manglar ni humedal en el predio; la ubicacion en entidad costera no actualiza el supuesto
■	II.1.3 c	Ley General para la Prevencion y Gestion Integral de los Residuos	Residuos de la construccion (art. 19-VII) y residuos peligrosos de maquinaria (arts. 40 a 42)
■	II.1.3 d	Ley General de Economia Circular	Vigente desde el 19 de enero de 2026; valorizacion del material vegetal y del suelo organico en sitio
■	II.1.3 e	Ley de Aguas Nacionales y Ley General de Aguas	CONAGUA determino que las 0.0889 ha clasificadas como cauce NO son zona federal; art. 3-XLVII de la LAN subsiste tras el decreto del 11-dic-2025
■	II.1.3 f	Ley General de Cambio Climatico	Perdida de acervo de carbono de 307.4653 tCO2e por el cambio de uso de suelo
■	II.1.3 g	Ley Federal de Responsabilidad Ambiental	Marco de responsabilidad; obliga a confinar la afectacion al poligono evaluado
■	II.2.1	Programa de Ordenamiento Ecologico General del Territorio	Incide en DOS unidades: UAB 32 con 8.6711 ha (64.38 %) y UAB 12 con 4.7978 ha (35.62 %); ninguna con politica de proteccion o conservacion
■	II.2.2	Ordenamiento ecologico del territorio del estado de Sinaloa	Sinaloa NO tiene ordenamiento ecologico estatal decretado; los programas marinos no alcanzan al predio
■	II.2.3	Ordenamiento ecologico local del municipio de Culiacan	Culiacan NO ha expedido su ordenamiento ecologico local; solo consta el convenio de formulacion (DOF 8-sep-2022)
■	II.3	Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Poblacion de Culiacan 2026-2046	Clave RTA 'Reserva Territorial de Alta Densidad' en el 99.75 % del AP; uso habitacional compatible de forma directa (P.O. 25-may-2026)
■	II.4.1	Areas Naturales Protegidas y ADVC	No incide en ANP federal, estatal ni municipal; la federal mas proxima a 38,008.4 m al Suroeste y la unica municipal del municipio a 6,414.8 m al Oeste-noroeste
■	II.4.2	Sitios Prioritarios para la Restauracion y corredores bioclimaticos (CONABIO)	INCIDE: el AP queda 100 % (13.4689 ha) en un sitio prioritario para la restauracion de prioridad extrema; referente tecnico, no restriccion juridica
■	II.4.3	Areas de relevancia de CONABIO y sitios Ramsar	No incide en RTP, RHP, RMP, AICA, sitio prioritario de conservacion ni sitio Ramsar; la mas proxima a 4,034.6 m y el sitio Ramsar a 35,162.9 m al Suroeste
■	II.5	Normas Oficiales Mexicanas (12 aplicables)	NOM-059, 041, 045, 080, 081, 052, 161, 002, 020-ENER y 018-ENER; NOM-001 y NOM-004 resueltas como no aplicables por conexion a red municipal
■	II.5	NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 y NOM-043-SEMARNAT-1993	El supuesto no se actualiza, pero el impacto conexo (derrames y polvo fugitivo) se atiende con medidas
■	II.6.1	Constitucion Politica de los EUM (arts. 4, 25 y 27)	Congruente: el proyecto se somete a las modalidades que el interes publico impone a la propiedad
■	II.6.2	Tratados internacionales (CDB, CITES, CMNUCC-Paris, Escazu)	Congruente o no contraviene, segun el instrumento; Ramsar no actualiza su supuesto
■	II.6.3	Planes de desarrollo nacional, estatal y municipal	PND 2025-2030, PED Sinaloa 2022-2027 y PMD Culiacan 2025-2027 con su P.O.; programas sectoriales PSEDATU, PNV y PROMARNAT identificados
■	II.7	Consulta previa a pueblos indigenas (art. 93 LGDFS y Convenio 169 OIT)	No se identifica territorio indigena en la Region Ecologica; pendiente la constancia INPI del Anexo II.6

■ Aplica (Caso A): se vincula con argumento de cumplimiento ■ No aplica (Caso B): no-aplicacion motivada

Resultado de la criba de aplicabilidad del Capitulo II: cada fila transcribe el veredicto que la tabla de su apartado publica. Ningun instrumento queda por determinar en cuanto al sentido de su vinculacion; los pendientes que subsisten son de respaldo documental y se declaran en su apartado. Las superficies de incidencia y las distancias proceden del cruce de los poligonos del Area del Proyecto y del Area de Influencia contra las capas oficiales, en UTM WGS 84 zona 13N. Vigencia de cada instrumento verificada en fuente oficial el 17 de agosto de 2026. Fuente: elaboracion propia a partir de las tablas II.1 a II.9 del presente capitulo.

Figura 2. Resultado de la criba de aplicabilidad del capítulo, instrumento por instrumento. Fuente: elaboración propia a partir de las Tablas 1 a II.9 del presente capítulo.

La figura adelanta el resultado de todo el capítulo para que el evaluador disponga del mapa completo antes de recorrer las tablas. De los veintitrés bloques de vinculación que el capítulo desarrolla, **dieciséis se resolvieron por Caso A** —el instrumento aplica y se vincula con argumento de cumplimiento— y **siete por Caso B** —no aplica, con la razón expresa de por qué su supuesto no se actualiza—. Ningún bloque queda por determinar en cuanto al sentido de su vinculación.

Conviene precisar qué son los siete casos de no aplicación, porque no todos tienen la misma naturaleza. Tres son no-incidencias territoriales verificadas **con el polígono del predio y no con un punto**: el proyecto no incide en área natural protegida alguna —federal, estatal ni municipal; la federal más próxima queda a 38,008.4 metros y la única área municipal del municipio a 6,414.8 metros— ni en Región Terrestre Prioritaria, Región Hidrológica Prioritaria, Área de Importancia para la Conservación de las Aves o sitio Ramsar —la más cercana de esas figuras a 24,643.2 metros y el sitio Ramsar a 35,162.9 metros— (II.4.1 y II.4.3). Dos son inexistencias de instrumento acreditadas en fuente oficial: ni el estado de Sinaloa ni el municipio de Culiacán han expedido su programa de ordenamiento ecológico, de modo que la vinculación territorial se resuelve contra el Programa General del Territorio (II.2.2 y II.2.3). Y dos son no-aplicaciones de norma cuyo supuesto no se actualiza pero cuyo impacto conexo el proyecto atiende igualmente con medidas: el artículo 60 TER de la Ley General de Vida Silvestre y las normas de hidrocarburos en suelo y de partículas de fuentes fijas (II.1.3, inciso b, y II.5).

Dos resultados del análisis territorial merecen destacarse aquí, porque cambian el balance del capítulo respecto de lo que una lectura superficial del expediente sugeriría. El primero es que el proyecto **sí incide** en dos figuras de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad —queda íntegramente comprendido en un Sitio Prioritario para la Restauración de prioridad extrema y en una celda de alta conectividad de la capa de corredores bioclimáticos—, y que ninguna de las dos es una restricción jurídica: son referentes técnicos de planeación que identifican al territorio como deteriorado y valioso a la vez, diagnóstico coherente con la política de restauración que el ordenamiento ecológico federal le asigna y con el 53.31 % de degradación de suelo que documenta el Capítulo III (II.4.2). El segundo es que el predio incide en **dos** Unidades Ambientales Biofísicas del Programa General y no en una, por asentarse sobre el contacto entre el piedemonte serrano y la llanura costera, y que ninguna de las dos tiene política de protección o conservación (II.2.1). Ambos resultados se declaran con su superficie porque una incidencia real omitida es lo primero que un evaluador detecta, y porque las dos juegan a favor del planteamiento del proyecto en lugar de en su contra.

Lo que sigue abierto, y de qué naturaleza es. Ningún bloque queda sin sentido de vinculación, pero varios conservan marcadores subsidiarios de **respaldo documental**: el oficio de la Comisión Nacional del Agua que documenta el pronunciamiento —ya emitido— de que la superficie clasificada como cauce no constituye zona federal (II.1.3, inciso e); las factibilidades de servicio del organismo operador municipal (II.1.3, inciso e, y II.3.3); el decreto y el polígono oficial de la Reserva Estatal Sierra de Tacuichamona, que la búsqueda en fuente primaria no localizó (II.4.1); y la constancia del Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (II.7). A ellos se suman dos cantidades que corresponde declarar al Capítulo I y que este capítulo transcribe sin recalcular: las cantidades de residuos por etapa y las emisiones de gases de efecto invernadero por combustión y por consumo eléctrico. Ninguno de estos pendientes altera el sentido de una vinculación; todos completan su respaldo. El capítulo los declara con precisión en lugar de taparlos con una afirmación genérica, porque un hueco declarado se resuelve con un insumo, mientras que un hueco disimulado se resuelve con un requerimiento de información adicional.

Tabla 1. Marco jurídico federal en materia de evaluación del impacto ambiental

Instrumento jurídico	Disposiciones y restricciones aplicables al proyecto	Congruencia o cumplimiento
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).	Artículo 28, fracción VII: sujeción a autorización previa en materia de impacto ambiental de los cambios de uso del suelo	El proyecto actualiza el supuesto del artículo 28, fracción VII, por remover 12.5570 ha de selva baja caducifolia;

Instrumento jurídico	Disposiciones y restricciones aplicables al proyecto	Congruencia o cumplimiento
DOF 28-ene-1988; última reforma DOF 19-ene-2026	de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas. Artículo 30: contenido mínimo de la manifestación. Artículos 34, 35 y 35 BIS: procedimiento, consulta pública, criterios de resolución y plazos. Artículo 23: criterios ambientales que debe observar la planeación del desarrollo urbano y de la vivienda	se somete al procedimiento presentando esta manifestación en modalidad Particular y aporta los elementos de los artículos 30 y 35. Desarrollo completo en II.1.1
Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA). DOF 30-may-2000; última reforma DOF 31-oct-2014	Artículo 5, inciso O), fracción I: cambio de uso del suelo para desarrollo inmobiliario e infraestructura urbana en predios con vegetación forestal. Artículos 9, 10, 11 y 12: presentación, modalidad y contenido de la manifestación. Artículo 14: acumulación del componente forestal en una sola manifestación. Artículo 36: declaratoria bajo protesta de decir verdad de quien elabora el estudio	El proyecto encuadra en el inciso O), fracción I, sin ubicarse en su excepción; la modalidad Particular resulta de no actualizarse ninguna hipótesis del artículo 11; el estudio se estructura conforme al artículo 12. Desarrollo completo en II.1.2

Fuente: Diario Oficial de la Federación (textos vigentes de la LGEEPA y del REIA); superficies del Capítulo I. Consulta de vigencia del 17 de agosto de 2026.

Tabla 2. Otras leyes federales: resultado de la criba de aplicabilidad

El desarrollo de cada una se presenta en II.1.3. Aquí se anticipa el resultado de la criba para que el evaluador vea de entrada qué se incluyó, qué se excluyó y por qué.

Ley federal	Supuesto que se examinó	Resultado de la criba
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	Remoción de vegetación forestal para uso distinto al forestal (artículo 93)	**Aplica** — 12.5570 ha de selva baja caducifolia sujetas a cambio de uso de suelo
Ley General de Vida Silvestre	Afectación de hábitat de vida silvestre por remoción de cobertura (artículos 18 y 58); obras que afecten manglar (artículo 60 TER)	**Aplica parcialmente** — artículos 18 y 58 sí; el artículo 60 TER no se actualiza: no hay manglar ni humedal en el predio
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	Residuos de la construcción y residuos peligrosos por mantenimiento de maquinaria (artículos 19 fracción VII, 40 a 42)	**Aplica** — el proyecto genera residuos de manejo especial de la construcción, incluidos 193.26 m³ rta de material vegetal y el suelo del despalme, y asume la calidad de generador de residuos peligrosos por el mantenimiento menor de maquinaria
Ley General de Economía Circular	Jerarquía de manejo y valorización de materiales y residuos	**Aplica** — instrumento vigente desde el 19 de enero de 2026
Ley de Aguas Nacionales y Ley General de Aguas	Ocupación de zona federal de cauce; descargas a cuerpo receptor nacional	**No se actualiza el supuesto de ocupación**, pero se atiende el impacto conexo: no hay cauce dentro del predio

Ley federal	Supuesto que se examinó	Resultado de la criba
Ley General de Cambio Climático	Emisión de gases de efecto invernadero y pérdida de acervo de carbono por el desmonte	**Aplica** — la remoción de cobertura libera 307.4653 tCO_2e de acervo, frente a los cuales el sistema con medidas cierra con un balance neto de +357.84 tCO_2e sobre la línea base
Ley Federal de Responsabilidad Ambiental	Régimen de responsabilidad por daño al ambiente	**Aplica como marco de responsabilidad**, no como obligación de trámite
Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano	Competencia municipal sobre zonificación y usos del suelo; congruencia entre planeación urbana y ambiental	**Aplica** — la zonificación y las licencias de urbanización y construcción corresponden al Ayuntamiento de Culiacán, cuya determinación sobre el predio se confronta en II.3

Fuente: articulado vigente de cada ley, consultado en el Diario Oficial de la Federación y en el acervo de legislación federal vigente de la Cámara de Diputados el 17 de agosto de 2026; obras, actividades y superficies del Capítulo I; incidencia territorial del Capítulo III.

Ninguna de las leyes anteriores se incluyó por pertenecer al repertorio habitual de un proyecto inmobiliario. Cada una se resolvió leyendo el precepto que la haría aplicable y confrontándolo con las obras y actividades declaradas en el Capítulo I y con la incidencia territorial real del predio.

II.1.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

Vigencia verificada. Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988; última reforma publicada en el DOF el **19 de enero de 2026**, por el decreto que expide la Ley General de Economía Circular. Verificación en el acervo de legislación federal vigente de la Cámara de Diputados y en el DOF, con fecha de consulta **17 de agosto de 2026**.

La LGEEPA se vincula con el proyecto por más de tres artículos, de modo que se desarrolla en forma consolidada: se identifica el supuesto que el proyecto actualiza, se describe cómo se satisface cada grupo de preceptos y se cierra con la conclusión de cumplimiento, aterrizada en el capítulo que la sustenta.

El supuesto que se actualiza (artículo 28, fracción VII). El artículo 28 sujeta a autorización previa de la Secretaría, en materia de impacto ambiental, la realización de las obras y actividades que enumera. Su fracción VII comprende los **cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas**. El proyecto pretende remover la cobertura de **12.5570 ha de selva baja caducifolia** —el 93.23 % de las 13.4689 ha del predio, resultado de 12.5570 ÷ 13.4689 × 100— para destinarlas a un uso habitacional, vial y de infraestructura urbana. La superficie es forestal, la vegetación es selva y el destino es no forestal: los tres elementos del supuesto concurren, sin que medie excepción alguna. La subsunción no es genérica ni trasladable a otro proyecto: es el propio polígono, con su superficie de atributo y su tipo de vegetación acreditado en el Capítulo III, el que cae dentro de la fracción VII.

Conviene precisar el alcance de esta vinculación, porque de ella depende la competencia. El artículo 28 no somete al proyecto por ser un fraccionamiento —la construcción de vivienda, en sí misma, no es materia federal— sino por el cambio de uso del suelo forestal que su ejecución exige. Si el predio no tuviera cobertura forestal, la obra sería exclusivamente de competencia municipal y estatal. Es la vegetación existente la que abre la competencia federal, y por eso el estudio se organiza en torno a lo que esa vegetación aporta y a lo que su remoción cuesta.

Contenido de la manifestación (artículo 30). El artículo 30 exige que la manifestación contenga, por lo menos, la descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados,

considerando el conjunto de sus elementos, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente. El proyecto satisface este precepto con el contenido íntegro del estudio y no con una declaración: el Capítulo III caracteriza la Región Ecológica de **37,971.7516 ha** y describe los componentes abiótico, biótico, socioeconómico y perceptual en las tres escalas de análisis —Región Ecológica, Área de Influencia de **276.19 ha** y Área del Proyecto de **13.4689 ha**—; y el Capítulo IV identifica, describe y evalúa los impactos por etapa —preparación del sitio, construcción y operación— y establece las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración que los atienden.

El estudio no presenta la afectación como inexistente. La remoción de la cobertura forestal implica pérdidas que se cuantifican y se declaran: la pérdida de acervo de carbono asociada al cambio de uso de suelo asciende a **307.4653 tCO_2e**, la superficie con despalme del horizonte orgánico es de **11.5560 ha** y el material vegetal removido representa **193.26 m³ rta**, cifras que se reportan en los capítulos correspondientes y que este capítulo transcribe sin recalcular. Lo que el estudio demuestra no es que no haya afectación, sino que la afectación es acotada, medida y compensada, y que el conjunto de medidas la vuelve compatible con la permanencia de los servicios ambientales del entorno.

Procedimiento y resolución (artículos 34, 35 y 35 BIS). El artículo 34 ordena que la manifestación se ponga a disposición del público una vez integrado el expediente y regula la consulta pública, incluida la obligación del promovente de publicar a su costa un extracto del proyecto en un periódico de amplia circulación en la entidad federativa. El artículo 35 establece que, para resolver, la Secretaría se sujetará a esta Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, **así como a los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico del territorio, las declaratorias de áreas naturales protegidas y las demás disposiciones jurídicas aplicables**, y que deberá evaluar los efectos de la obra en el conjunto de los elementos del ecosistema y no únicamente en los recursos sujetos a aprovechamiento. El artículo 35 BIS fija el plazo de resolución.

Ese segundo párrafo del artículo 35 es la razón de ser de las secciones II.2, II.3 y II.4 de este capítulo: la ley obliga a la autoridad a resolver contrastando el proyecto contra los ordenamientos ecológicos, los programas de desarrollo urbano y las declaratorias de áreas naturales protegidas. El promovente le entrega ese contraste hecho —con la unidad territorial en que el predio incide, la política que le asigna y la confrontación de usos— para que la evaluación no dependa de una reconstrucción propia de la autoridad. Del mismo modo, el estudio atiende el mandato de evaluar el ecosistema en su conjunto y no sólo los recursos aprovechables: por eso el Capítulo III no se limita al arbolado sino que caracteriza suelo, agua, clima, fauna, paisaje y componente socioeconómico.

Criterios ambientales de la planeación urbana y de la vivienda (artículo 23). Este artículo suele omitirse en los estudios de proyectos inmobiliarios, y es el que más directamente los interpela. Dispone que la planeación del desarrollo urbano y la vivienda considerará, entre otros criterios, que los planes y programas de desarrollo urbano tomen en cuenta los lineamientos y estrategias de los programas de ordenamiento ecológico del territorio (fracción I); que en la determinación de los usos del suelo se busque diversidad y eficiencia y se eviten esquemas segregados o unifuncionales y las tendencias a la suburbanización extensiva (fracción II); que en la determinación de áreas de crecimiento se fomente la mezcla de usos habitacionales con productivos que no representen riesgo y **se evite que se afecten áreas con alto valor ambiental** (fracción III); y que se establezcan y manejen prioritariamente las áreas de conservación ecológica en torno a los asentamientos humanos (fracción V).

El proyecto responde a estos criterios con hechos de diseño, no con adhesiones retóricas. Contra la suburbanización extensiva y el esquema unifuncional que censuran las fracciones II y III, el desarrollo se implanta **en continuidad con la mancha urbana de Culiacán Rosales** —el centro de población más próximo, con el que el predio presenta incidencia según el análisis socioterritorial del Capítulo III— y no como una pieza aislada que obligue a extender redes e infraestructura sobre territorio abierto; y su zonificación no es exclusivamente habitacional: incorpora áreas de usos mixtos, áreas de donación, áreas verdes comunes y municipales, infraestructura y vialidad, en la proporción que detalla el Capítulo I y que se retoma en II.3.1. Frente al criterio de la fracción III de evitar la afectación de áreas de alto valor ambiental, el estudio no elude la cuestión: la superficie a intervenir sí es forestal, y por eso el proyecto se somete a este procedimiento; lo que sostiene su congruencia es que se trata de un rodal de selva baja caducifolia inserto en un entorno de fuerte presión urbana y agropecuaria —el 53.31 % de la superficie del área sujeta a cambio de uso presenta degradación de suelo, y el Área de Influencia registra ya un 46.54 % de zona urbana frente al 46.55 % de selva baja caducifolia, según el análisis de vegetación propia del Capítulo III— y no de un macizo continuo en buen estado de conservación. Finalmente, en atención a la fracción V, el proyecto conserva áreas verdes y áreas de talud no aptas para vivienda con restauración comprometida, que operan como los espacios de conservación en torno al asentamiento que el precepto pide.

Conclusión. El proyecto cumple con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Reconoce que su ejecución actualiza el supuesto del artículo 28, fracción VII, por implicar el cambio de uso del suelo de 12.5570 ha de área forestal; se somete previamente al procedimiento de evaluación del impacto ambiental mediante la presentación de esta manifestación; aporta, con el contenido de los Capítulos III y IV, la descripción de los efectos sobre el ecosistema en el conjunto de sus elementos y las medidas preventivas, de mitigación, compensación y restauración que exige el artículo 30; entrega a la autoridad el contraste con los ordenamientos ecológicos y urbanos que el artículo 35 le obliga a considerar al resolver; y orienta su diseño urbano conforme a los criterios ambientales del artículo 23. En consecuencia, el proyecto no contraviene disposición alguna de esta Ley y proporciona a la Secretaría los elementos técnicos necesarios para resolver sobre su procedencia ambiental.

II.1.2 Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA)

Vigencia verificada. Reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de mayo de 2000; última reforma publicada en el DOF el **31 de octubre de 2014**. Verificación en el índice de reglamentos federales vigentes de la Cámara de Diputados y en el DOF, con fecha de consulta **17 de agosto de 2026**.

Si la LGEEPA abre la competencia federal, el Reglamento la precisa: dice exactamente en qué inciso cae el proyecto, en qué modalidad debe presentarse el estudio y qué debe contener. De los tres, el primero es el que un dictaminador revisa antes que nada, porque un encuadre equivocado vicia todo el trámite.

El inciso exacto (artículo 5, inciso O), fracción I). El artículo 5 enumera las obras y actividades que requieren autorización previa de la Secretaría en materia de impacto ambiental. Su inciso **O) «Cambios del uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas»**, fracción I, comprende el cambio de uso del suelo para actividades de **desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana** o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios **en predios con vegetación forestal**, con excepción de la construcción de vivienda unifamiliar y del establecimiento de instalaciones comerciales o de servicios en predios menores a 1,000 metros cuadrados cuando su construcción no implique el derribo de arbolado en superficie mayor a 500 metros cuadrados ni la eliminación o fragmentación del hábitat de ejemplares sujetos a régimen de protección especial.

El proyecto encuadra en la hipótesis y queda fuera de la excepción, por dos razones que se acreditan con dato y no por afirmación. Primera: el destino de la superficie es precisamente el que la fracción nombra —desarrollo inmobiliario e infraestructura urbana—, según la zonificación del Capítulo I, que distribuye la superficie entre áreas habitacionales condominales unifamiliares y plurifamiliares, vialidad condominal y municipal, usos mixtos, áreas de donación, infraestructura y áreas verdes. Segunda: la excepción está construida para intervenciones menores, y ninguno de sus tres umbrales se satisface aquí. El predio no mide menos de 1,000 m²: mide **134,689 m²**, es decir, 134.7 veces el umbral. El derribo de arbolado no se limita a 500 m²: alcanza **125,570 m²** de selva baja caducifolia, 251.1 veces el umbral. Y el proyecto no es una vivienda unifamiliar aislada sino un fraccionamiento con vivienda unifamiliar y plurifamiliar en régimen condominal. Confrontados los umbrales con las magnitudes reales, la excepción no puede operar y el supuesto de la fracción I se actualiza plenamente.

Presentación y modalidad (artículos 9, 10 y 11). El artículo 9 obliga al promovente a presentar ante la Secretaría una manifestación de impacto ambiental en la modalidad que corresponda, con información referida a las circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto, y prevé que la Secretaría publique guías para facilitar su presentación; este estudio se elabora conforme a la Guía correspondiente. El artículo 10 fija dos modalidades: Regional y Particular. El artículo 11 determina cuándo procede la Regional, y su párrafo final resuelve el resto: «En los demás casos, la manifestación deberá presentarse en la modalidad particular.»

La modalidad Particular no se eligió: resulta de descartar, una por una, las cuatro hipótesis de la modalidad Regional. El proyecto **no** es un parque industrial o acuícola, granja acuícola mayor a 500 ha, carretera, vía férrea, proyecto de generación de energía nuclear ni presa, y no altera una cuenca hidrológica: es un desarrollo habitacional de 13.4689 ha sin obra de aprovechamiento, derivación o almacenamiento de aguas nacionales (fracción I). **No** forma parte de un conjunto de obras incluido en un plan o programa parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico sometido a consideración de la Secretaría en los términos del artículo 22 del propio Reglamento (fracción II). **No** es un conjunto de proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada: es un proyecto único, con un promovente y un polígono (fracción III). Y **no** se ubica en un sitio donde, por su interacción con los componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas (fracción IV): el análisis de impactos acumulativos y sinérgicos del Capítulo IV es el que sustenta este descarte, y a él se remite. Descartadas las cuatro, opera el párrafo final y corresponde la modalidad **Particular**, que es la declarada en el Capítulo I. La coincidencia entre ambas declaraciones no es casual: es el mismo razonamiento, expuesto allí en su vertiente descriptiva y aquí en su vertiente jurídica.

Contenido del estudio (artículo 12). El artículo 12 fija el contenido de la manifestación en modalidad Particular. La correspondencia con la estructura de este estudio es directa y se presenta a continuación para que el evaluador pueda verificar la completitud sin reconstruirla.

Fracción del artículo 12 del REIA	Contenido exigido	Dónde lo entrega este estudio
I	Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio	Capítulo I, apartados I.1 a I.3
II	Descripción del proyecto	Capítulo I, apartados I.4 a I.9

Fracción del artículo 12 del REIA	Contenido exigido	Dónde lo entrega este estudio
III	Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y, en su caso, con la regulación sobre uso del suelo	Capítulo II (el presente)
IV	Descripción del sistema ambiental y señalamiento de la problemática ambiental detectada en el área de influencia	Capítulo III, en particular III.7 y III.8
V	Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales	Capítulo IV, apartados IV.1 a IV.3 y IV.6
VI	Medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales	Capítulo IV, apartados IV.4, IV.5, IV.8 y IV.10
VII	Pronósticos ambientales y, en su caso, evaluación de alternativas	Capítulo IV
VIII	Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información	Capítulo IV, apartado IV.1.1, y anexos técnicos del estudio

Fuente: artículo 12 del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, texto vigente publicado en el Diario Oficial de la Federación (consulta del 17 de agosto de 2026), confrontado contra el índice de este estudio.

Obsérvese que la fracción III es la que da existencia a este capítulo: la vinculación jurídica no es un añadido de cortesía sino un contenido reglamentario exigible, y su omisión o su tratamiento genérico es causa de requerimiento de información adicional.

Un solo estudio para dos materias (artículo 14). El artículo 14 dispone que, cuando la obra o actividad sujeta a evaluación de impacto ambiental involucre además el cambio de uso del suelo de áreas forestales y en selvas y zonas áridas, los promoventes **podrán presentar una sola manifestación de impacto ambiental que incluya la información relativa a ambos proyectos**. El proyecto se encuentra exactamente en ese supuesto: la obra requiere autorización en materia de impacto ambiental por el inciso O) del artículo 5, y la remoción de 12.5570 ha de vegetación forestal requiere autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales conforme al artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (II.1.3). El promovente ejerce la opción del artículo 14 y presenta un solo estudio que integra la información de ambos componentes, lo que evita duplicar la caracterización del sitio y permite que las medidas se diseñen una sola vez, sin riesgo de que dos expedientes impongan condiciones divergentes sobre el mismo polígono.

Responsabilidad de quien elabora el estudio (artículo 36). El artículo 36 obliga a quienes elaboran los estudios a observar la Ley, el Reglamento, las normas oficiales mexicanas y demás ordenamientos aplicables, y a declarar bajo protesta de decir verdad que los resultados se obtuvieron mediante las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y con el uso de la mayor información disponible, y que las medidas propuestas son las más efectivas para atenuar los impactos. Esta obligación se cumple con la declaratoria suscrita que forma parte del Capítulo I, apartado I.3.6, y se materializa en el propio contenido del estudio: los índices de diversidad, los balances de suelo, agua y carbono y la valoración de impactos se obtuvieron con metodologías declaradas y con memorias de cálculo verificables, que se anexan.

Conclusión. El proyecto cumple con el Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Encuadra en el supuesto del artículo 5, inciso O), fracción I, sin ubicarse en su excepción —cuyos umbrales de 1,000 m² de predio y 500 m² de arbolado son excedidos en 134.7 y 251.1 veces, respectivamente—; se presenta en la modalidad Particular que resulta de descartar las cuatro hipótesis del artículo 11; se estructura conforme a las ocho fracciones del artículo 12; integra en un solo documento la información de impacto ambiental y de cambio de uso de suelo forestal al amparo del artículo 14; y se acompaña de la declaratoria bajo protesta de decir verdad que exige el artículo 36.

II.1.3 Otras leyes federales relacionadas

Las leyes de este apartado se incorporaron una por una, leyendo el precepto que las haría aplicables y confrontándolo con las obras y actividades declaradas en el Capítulo I. La vigencia de cada una se verificó en el acervo de legislación federal vigente de la Cámara de Diputados y en el Diario Oficial de la Federación, con **fecha de consulta 17 de agosto de 2026**, y se declara en la primera columna. Cada ley conserva su propio apartado y su propia conclusión.

a) Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)

Vigencia verificada. DOF 5 de junio de 2018; última reforma publicada en el DOF el **1 de abril de 2024**. Su Reglamento fue publicado en el DOF el 9 de diciembre de 2020, con última reforma publicada el **20 de noviembre de 2025**.

Precepto y subsunción. El artículo 93 dispone que la Secretaría sólo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales **por excepción** y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido establece el Reglamento, los cuales deben demostrar que **la biodiversidad de los ecosistemas afectados se mantenga** y que **la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen** en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal. Añade que las autorizaciones deberán integrar un **programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna** afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, y que deberán sujetarse a lo que dispongan los programas de ordenamiento ecológico, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables.

El supuesto se actualiza sin margen de duda: el proyecto remueve **12.5570 ha de selva baja caducifolia** —terreno forestal— para destinarlas a uso habitacional y de infraestructura urbana. Al ejercerse la opción del artículo 14 del REIA (II.1.2), la información que sustenta la solicitud de cambio de uso de suelo se integra a esta manifestación, y por eso los cuatro criterios del artículo 93 se resuelven aquí.

Cumplimiento por criterio. El artículo 93 no pide una declaración de intención: pide cuatro demostraciones. Se presentan con la cifra que las prueba y su capítulo-fuente.

Criterio del artículo 93	Afectación cuantificada (escenario sin medidas)	Respuesta del proyecto, con su cifra	Resultado de la comparación	Capítulo-fuente
Que la **biodiversidad** de los ecosistemas afectados se mantenga	Pérdida de 12.5570 ha de cobertura de selva baja caducifolia. Del arbolado del Área del Proyecto se registran	La composición del predio es un **subconjunto anidado** de la de su entorno: comparte 15 de sus 20 especies arbóreas con el Área de Influencia (Sørensen 0.81) y 28 de sus	**Se mantiene**: la biodiversidad del predio no contiene elementos ausentes del ecosistema	Capítulos III y IV

Criterio del artículo 93	Afectación cuantificada (escenario sin medidas)	Respuesta del proyecto, con su cifra	Resultado de la comparación	Capítulo-fuente
	20 especies, con índice de Shannon de 2.63 y de Simpson de 0.91	29 especies de aves con la Región Ecológica (Sørensen 0.78), con componente de recambio propio (βSIM) de 0.03 en aves y de 0.00 en mamíferos y reptiles. A ello se suman el programa de rescate y reubicación de flora y fauna, 1.3311 ha con restauración comprometida y la restauración del predio de compensación	circundante, y las medidas actúan sobre las especies que sí alberga	
Que la **erosión de los suelos** se mitigue	Erosión eólica: de **1.92 t·año⁻¹** de línea base a **180.17 t·año⁻¹** sin medidas, un incremento de 178.25 t·año⁻¹. Erosión hídrica: de **5.77 t·año⁻¹** a **334.51 t·año⁻¹**, un incremento de 328.73 t·año⁻¹	Ganancia de las medidas permanentes: **184.08 t·año⁻¹** en erosión eólica y **804.72 t·año⁻¹** en erosión hídrica	**Se mitiga**: las medidas acumulan 974.82 toneladas en siete años frente a un impacto eólico de 891.26 toneladas —**109.4 % de cobertura**—, y 4,948.31 toneladas frente a un impacto hídrico de 1,643.67 toneladas —**301.1 %**—	Capítulo IV
Que la **capacidad de almacenamiento de carbono** se mitigue	Pérdida de acervo por el cambio de uso de suelo: **307.4653 tCO_2e** (escenario 1, 934.26 tCO_2e, menos escenario 2, 626.79 tCO_2e)	Escenario 3, sistema con medidas: **1,292.10 tCO_2e**. Balance neto sobre la línea base: **+357.84 tCO_2e**	**Se mitiga con margen**: el sistema con medidas supera a la línea base, de modo que la captura de la compensación revierte la pérdida del cambio de uso	Capítulo IV
Que el **deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación** se mitiguen	Reducción de la superficie de infiltración por impermeabilización de la superficie habitacional y vial	Recuperación de infiltración in situ acumulada: **19,325 m³**	**Se mitiga**: sobre un acuífero sin disponibilidad y en déficit, la recarga conservada es la variable sobre la que el proyecto puede actuar en favor del recurso (inciso e)	Capítulo IV

Fuente: artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, texto vigente (Diario Oficial de la Federación, consulta del 17 de agosto de 2026); cifras de erosión, carbono e infiltración de las memorias de cálculo del estudio (Anexo IV.1) e índices de diversidad de la memoria de biodiversidad del Capítulo III (Anexo III.1). Las magnitudes se transcriben sin recalcularse.

Los cuatro criterios se cierran con comparación explícita, que es lo que el artículo exige. La tabla ya no enuncia sólo la afectación y la respuesta: pone una frente a otra y declara el resultado. Conviene subrayar dos lecturas.

La primera es que **la comparación de la erosión se hace en cantidad acumulada y no en tasa media**, porque el impacto del cambio de uso es una cantidad de suelo —el incremento anual por los años que el suelo permanece descubierto— y no un promedio. Con una ventana de exposición de cinco años, el impacto eólico asciende a 891.26 toneladas y las medidas acumulan 974.82 toneladas al séptimo año; el impacto hídrico asciende a 1,643.67 toneladas y las medidas acumulan 4,948.31. Ambos criterios se satisfacen, el hídrico con un margen de tres a uno. Que exista un déficit en los primeros años —máximo en el año 1, cancelado al año 3 en el caso hídrico— es propio de toda medida vegetativa, que rinde conforme se establece, y por eso se declara en lugar de disolverse en un promedio.

La segunda es que **el criterio de biodiversidad se demuestra con la partición de la diversidad beta y no con una declaración de intenciones**. Lo relevante no es que el predio tenga menos especies que su entorno —las tiene, y es lo esperable en un rodal de 13.4689 ha frente a una Región Ecológica de 37,971.7516 ha— , sino **qué tipo** de diferencia es: la partición de Baselga atribuye prácticamente toda la diferencia al componente de **anidamiento** (βSNE) y casi nada al de **recambio** (βSIM = 0.03 en aves, 0.00 en mamíferos y reptiles). En términos ecológicos, eso significa que la comunidad del predio es un subconjunto de la de su entorno y no una comunidad distinta: **una sola especie de ave, y ninguna de mamífero o reptil, se registró en el Área del Proyecto sin registrarse también fuera de él**. Ésa es la demostración de que la remoción no sustrae del ecosistema elementos que sólo existan ahí, que es exactamente lo que el criterio legal pregunta.

Tabla 3. Índices de diversidad del Área del Proyecto y de su entorno homólogo

Grupo o estrato	Escala	Riqueza (S)	Shannon (H′)	Simpson (1−λ)	Margalef (DMg)
Arbóreo y regeneración	Área del Proyecto	20	2.63	0.91	2.91
Arbóreo y regeneración	Área de Influencia	17	2.37	0.89	2.56
Arbóreo y regeneración	Región Ecológica	28	2.86	0.92	3.76
Arbustivo	Área del Proyecto	12	1.90	0.81	1.49
Arbustivo	Área de Influencia	12	2.20	0.88	1.45
Aves	Área del Proyecto	29	3.31	0.96	5.71
Aves	Región Ecológica	43	3.63	0.97	7.35
Mamíferos	Área del Proyecto	3	1.04	0.63	0.83
Mamíferos	Región Ecológica	7	1.88	0.84	1.66
Reptiles	Área del Proyecto	4	1.35	0.73	1.06
Reptiles	Región Ecológica	12	2.45	0.91	2.68

Fuente: memoria de biodiversidad del Capítulo III (Anexo III.1). Valores a dos decimales, idénticos en prosa, tabla y figura.

Tabla 4. Diversidad beta entre el Área del Proyecto y su entorno

Grupo o estrato	Par comparado	Especies compartidas	Sørensen	Jaccard	βSIM (recambio)	βSNE (anidamiento)	Patrón
Arbóreo y regeneración	Área del Proyecto — Área de Influencia	15 de 22	0.81	0.68	—	—	Alta similitud
Arbóreo y regeneración	Área del Proyecto — Región Ecológica	17 de 31	0.71	0.55	—	—	Alta similitud
Aves	Área del Proyecto — Región Ecológica	28 de 44	0.78	0.64	0.03	0.19	**Anidamiento**
Mamíferos	Área del Proyecto — Región Ecológica	3 de 7	0.60	0.43	0.00	0.40	**Anidamiento**
Reptiles	Área del Proyecto — Región Ecológica	4 de 12	0.50	0.33	0.00	0.50	**Anidamiento**

Fuente: memoria de biodiversidad del Capítulo III (Anexo III.1). La partición de la diversidad beta sigue a Baselga (βSOR = βSIM + βSNE).

Nota metodológica que la comparación exige declarar. Los índices de flora se calcularon normalizando cada observación a una hectárea tipo mediante el área efectivamente medida de su unidad de muestreo, porque las unidades de las tres escalas tienen dimensiones distintas —parcelas de distinto tamaño para el estrato arbóreo adulto y subunidades anidadas para la regeneración—, y compararlas sin esa normalización habría confundido la diferencia de esfuerzo con la diferencia de diversidad. El criterio, su justificación y su memoria constan en el Capítulo III y en el Anexo III.1. Los índices de fauna no requirieron esa normalización y se calcularon por la vía ordinaria.

Programa de rescate y reubicación. El párrafo cuarto del artículo 93 obliga a que la autorización integre un programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna afectadas y su adaptación al nuevo hábitat. El proyecto lo incorpora como medida comprometida, con sus recorridos de prospección previos al desmonte, la delimitación física de la superficie autorizada, el ahuyentamiento controlado de fauna de alta movilidad, el rescate de organismos de lento desplazamiento y la liberación en sitios con condiciones ambientales análogas fuera del área de afectación. Su desarrollo operativo corresponde al Capítulo IV y a su anexo.

Territorios indígenas. El párrafo final del artículo 93 condiciona la autorización, tratándose de terrenos ubicados en territorios indígenas, a que se acompañe de medidas de consulta previa, libre, informada, culturalmente adecuada y de buena fe. El supuesto **no se actualiza**: el inventario socioterritorial de la Región Ecológica no identifica territorio alguno de pueblos indígenas, según se documenta en II.7.

Conclusión. El proyecto se ajusta al eje sustantivo y procedimental del artículo 93 de la LGDFS: reconoce el carácter excepcional de la autorización, somete a la Secretaría los elementos que demuestran el tratamiento de los cuatro criterios legales, integra el programa de rescate y reubicación que la ley exige y acredita que el supuesto de consulta a pueblos indígenas no se actualiza.

b) Ley General de Vida Silvestre (LGVS)

Vigencia verificada. DOF 3 de julio de 2000; última reforma publicada en el DOF el **16 de julio de 2025**.

Precepto y subsunción. El artículo 18 establece que los propietarios y legítimos poseedores de predios en donde se distribuye la vida silvestre tienen la obligación de contribuir a conservar el hábitat conforme a esta Ley. El artículo 58 define las categorías de especies y poblaciones en riesgo —en peligro de extinción, amenazadas y sujetas a protección especial—, que la NOM-059-SEMARNAT-2010 lista y desarrolla (II.5). El supuesto se actualiza porque las 12.5570 ha de selva baja caducifolia constituyen hábitat real y potencial de flora y fauna silvestres, y porque la remoción de cobertura, el despalme de **11.5560 ha** y el tránsito de maquinaria pueden generar desplazamiento, perturbación o afectación directa de organismos.

Cumplimiento. El proyecto no contempla aprovechamiento extractivo de ejemplares, partes o derivados de vida silvestre: su relación con esta Ley es de conservación de hábitat, no de aprovechamiento. En cumplimiento del artículo 18, el promovente asume la obligación de contribuir a conservar el hábitat mediante la delimitación física de la superficie autorizada —de modo que la afectación no exceda el polígono evaluado—, la conservación de las áreas verdes comunes y municipales y de las áreas de talud no aptas para vivienda, que suman la superficie con restauración comprometida que detalla el Capítulo I, la prohibición expresa al personal de captura, caza, colecta, daño o persecución de ejemplares, y la capacitación ambiental de las cuadrillas. **Resultado del cotejo contra la NOM-059-SEMARNAT-2010: hay dos especies en categoría de riesgo en el Área del Proyecto, y el estudio lo declara.** El inventario de campo del Capítulo III se cotejó especie por especie contra el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010, con la modificación publicada el 14 de noviembre de 2019 y su fe de erratas del 4 de marzo de 2020. El resultado es el siguiente.

Tabla 5. Especies en categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 registradas en el Área del Proyecto

Especie	Nombre común	Categoría NOM-059	Distribución	CITES	Grupo
Aspidoscelis costatus	Huico llanero	**Pr** — sujeta a protección especial	Endémica	—	Reptiles
Ctenosaura pectinata	Iguana negra o garrobo	**A** — amenazada	Endémica	Apéndice II	Reptiles

Fuente: inventario de fauna del Capítulo III cotejado contra el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de noviembre de 2019, con fe de erratas del 4 de marzo de 2020; memoria del cotejo en el Anexo III.1.

De las 36 especies de fauna registradas en el Área del Proyecto —29 de aves, 4 de reptiles y 3 de mamíferos—, **dos reptiles se encuentran en categoría de riesgo**, ambos endémicos de México. Ninguna de las 43 especies de flora registradas en el Área del Proyecto tiene categoría asignada en el Anexo Normativo III. En la Región Ecológica el cotejo arroja diez especies en categoría de riesgo, entre ellas el loro corona lila (*Amazona finschi*), en peligro de extinción, que **no se registró en el Área del Proyecto**.

Qué consecuencias tiene este resultado, que no son las que el evaluador podría temer. La presencia de especies en categoría de riesgo **no impide** el cambio de uso de suelo ni la autorización en materia de impacto ambiental: el artículo 58 de la Ley General de Vida Silvestre y la propia norma no prohíben la afectación de hábitat de especies listadas, sino que obligan a que su tratamiento sea el que la categoría exige. Lo que el resultado sí hace es **desplazar el peso de la demostración hacia el programa de rescate y reubicación**, y es ahí donde el proyecto responde:

- Las dos especies son **reptiles de desplazamiento lento o de refugio fijo**, es decir, precisamente el grupo que el rescate por captura y traslado atiende con mayor eficacia, a diferencia de la fauna de alta movilidad, que se atiende por ahuyentamiento.
- El programa de rescate y reubicación del Capítulo IV las incorpora **nominalmente** —con sus jornadas de barrido previas al desmonte, su técnica de captura y sus sitios de liberación en condiciones análogas fuera del área de afectación—, en lugar de tratarlas dentro de una categoría genérica.
- Ambas se registran también fuera del Área del Proyecto, en la Región Ecológica, de modo que la reubicación no traslada organismos a un hábitat en el que su especie esté ausente, sino a uno donde su población ya existe.
- La superficie con restauración comprometida, 1.3311 ha, y el talud no apto para vivienda, 1.1648 ha, conservan dentro del propio predio hábitat de las condiciones que estas especies ocupan.

Declarar este resultado es, además, la decisión que más conviene al proyecto. Un estudio que afirmara la ausencia de especies listadas y fuera desmentido por el propio anexo de su Capítulo III perdería credibilidad sobre el conjunto de sus afirmaciones; uno que las declara y demuestra cómo las trata, en cambio, acredita que su inventario fue real y que su cartera de medidas responde a lo que encontró.

Por lo que hace a otras categorías de conservación, el listado de especies con distribución potencial en la región incluye taxones con categoría asignada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, que es una categoría de conservación pero no una categoría legal de riesgo en el sentido del artículo 58, y que el estudio reporta como contexto y no como registro.

No aplicación del artículo 60 TER. El artículo 60 TER prohíbe la remoción, relleno, trasplante, poda o cualquier obra o actividad que afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar, del ecosistema y su zona de influencia. **No se actualiza el supuesto**: el proyecto se localiza en el municipio de Culiacán a más de sesenta kilómetros del litoral, sobre un rodal de selva baja caducifolia, y no incide en manglar, humedal ni vegetación hidrófila alguna; el Capítulo III no registra manglar en el área del proyecto ni en su área de influencia. Se deja constancia expresa de la no aplicación porque el proyecto se ubica en una entidad costera y la sola pertenencia geográfica suele suscitar el planteamiento; la aplicabilidad, sin embargo, depende del ecosistema afectado y no del estado en que se ubica el predio.

Conclusión. El proyecto cumple con la Ley General de Vida Silvestre en sus artículos 18 y 58, al reconocer que la superficie a intervenir es hábitat de vida silvestre, asumir el deber de conservación mediante medidas concretas y verificables, y acreditar el resultado del cotejo con las categorías de riesgo. El artículo 60 TER no le resulta aplicable por no afectarse manglar ni humedal.

c) Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)

Vigencia verificada. DOF 8 de octubre de 2003; última reforma publicada en el DOF el **19 de enero de 2026**, por el decreto que expide la Ley General de Economía Circular. Su Reglamento fue publicado en el DOF el 30 de noviembre de 2006, con última reforma publicada el 31 de octubre de 2014.

Precepto y subsunción. El artículo 19, fracción VII, clasifica como **residuos de manejo especial** los residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general; la fracción V del mismo artículo comprende los lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales. Los artículos 40 a 42 imponen a los generadores de **residuos peligrosos** el deber de manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada, permiten contratar servicios de manejo con empresas autorizadas —conservando responsabilidad solidaria—

y radican en el generador la responsabilidad del manejo y disposición final. El supuesto se actualiza en dos vertientes: el proyecto genera residuos de la construcción, incluido el producto del despalme, y genera residuos peligrosos por el mantenimiento y la operación de la maquinaria de preparación del sitio y construcción, principalmente aceites lubricantes gastados, estopas y filtros impregnados.

Cumplimiento. El proyecto atiende la fracción VII del artículo 19 separando en origen las corrientes de residuos de manejo especial y destinándolas a sitios autorizados: el material vegetal producto del desmonte, que asciende a **193.26 m³ rta**, se maneja preferentemente como materia prima para acolchado y mejoramiento del suelo de las áreas verdes y de restauración del propio predio, con lo que se reduce el volumen a disposición final; y el material del despalme, estimado en aproximadamente **11,556 m³** sobre las 11.5560 ha con remoción del horizonte orgánico, se acopia y se reincorpora a las áreas de restauración y áreas verdes, criterio que además sostiene el cumplimiento del criterio de suelo del artículo 93 de la LGDFS. En cuanto a los artículos 40 a 42, el promovente asume la calidad de generador de residuos peligrosos, con almacén temporal en superficie impermeabilizada, techada y con contención secundaria, entrega a empresas autorizadas por la Secretaría —cuya autorización vigente se verificará antes de cada entrega, conforme al párrafo tercero del artículo 42— y conservación de manifiestos de entrega, transporte y recepción, que quedan a disposición de la autoridad. La prohibición de mantenimiento mayor de maquinaria dentro del predio es la medida que reduce la generación en origen.

Las cantidades por etapa. La cuantificación corresponde declararla a la tabla resumen I.8 del Capítulo I, y este capítulo la transcribe sin recalcular:

Corriente	Preparación del sitio y construcción	Operación
Residuos peligrosos	14,370.9 L de aceite lubricante gastado del mantenimiento de la maquinaria, más filtros, estopas y envases impregnados	aceites y residuos de equipo manual de jardinería, en rango de microgenerador
Manejo especial — material vegetal	193.26 m³ en rollo total árbol, picado y esparcido íntegramente dentro del predio	no aplica
Manejo especial — suelo de despalme	11,556.0 m³, reincorporados a las superficies comprometidas a restauración	no aplica
Sólidos urbanos	71,760.0 kg: 9,360.0 kg en preparación y 62,400.0 kg en construcción	974,175.1 kg al año
Descargas de agua residual	ninguna: sanitarios portátiles con retiro y disposición por empresa autorizada	a la red municipal de alcantarillado

Fuente: memoria de cálculo de consumos, residuos y emisiones del proyecto (Anexo I.C), sobre el programa de obra del promovente (Anexo I.A); tasa de generación de residuos sólidos urbanos conforme al Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y factor de aceite lubricante gastado conforme al artículo 203 del Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas.

Dos rasgos de esta cuantificación sostienen el cumplimiento y conviene enunciarlos. **Las dos corrientes de mayor volumen no salen del predio:** el material vegetal y el suelo de despalme —193.26 m³ y 11,556.0 m³— se reincorporan íntegramente a las áreas verdes y de restauración, de modo que la valorización que el artículo 19 prioriza no es un compromiso declarativo sino la vía de manejo efectiva. **Y no hay descarga de**

agua residual durante la obra: los sanitarios portátiles se retiran y disponen por empresa autorizada, sin vertido a suelo ni a cuerpo receptor.

Conclusión. El proyecto cumple con la LGPGIR: clasifica correctamente sus corrientes de residuos conforme al artículo 19, prioriza la valorización del material vegetal y del suelo orgánico sobre su disposición final, y asume las obligaciones de manejo, contratación de gestores autorizados y responsabilidad del generador que imponen los artículos 40 a 42.

d) Ley General de Economía Circular

Vigencia verificada. Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el **19 de enero de 2026**, sin reformas a la fecha de consulta. Es un ordenamiento de reciente creación, cuyo decreto de expedición reformó simultáneamente la LGEEPA y la LGPGIR; se incorpora a este capítulo precisamente por ser nuevo y por incidir sobre el manejo de materiales del proyecto.

Subsunción y congruencia. El proyecto es congruente con la jerarquía de manejo que el ordenamiento promueve —prevenir, reducir, reutilizar y valorizar antes de disponer— en las dos corrientes de mayor volumen de la etapa de preparación del sitio. El material vegetal del desmonte (**193.26 m³ rta**) no se destina a disposición final sino a triturado y acolchado de las áreas verdes y de restauración del propio predio; el suelo orgánico del despalme (aproximadamente **11,556 m³**) se conserva, se acopia y se reincorpora a esas mismas áreas en lugar de retirarse como escombro. En ambos casos el material permanece dentro del ciclo productivo del proyecto y su valorización se traduce en una función ambiental concreta: la recuperación de suelo fértil y de capacidad de infiltración.

Obligaciones concretas exigibles al proyecto: cuáles son y por qué el supuesto de las principales no se actualiza. La lectura del articulado de la Ley, en su texto vigente, arroja un resultado preciso que conviene exponer con su fundamento, porque de él depende que este apartado se cierre por congruencia y no por cumplimiento.

El artículo 1 fija el objeto de la Ley —incrementar la vida útil de los productos y minimizar, recuperar, aprovechar y valorizar los residuos— y el artículo 2 identifica el mecanismo con que lo persigue: los **acuerdos generales de implementación de la Responsabilidad Extendida del Productor**, que se expiden por sector industrial, comercial o de servicios, o por producto, y que obligan a inscribir una **Gestión Circular** en el **Registro de Economía Circular**. La Ley define esa responsabilidad como el medio por el cual **la persona productora o importadora** responde ambientalmente de **su producto** a lo largo de su ciclo de vida.

De ahí se siguen tres consecuencias para un desarrollo inmobiliario:

- **La obligación de inscribir una Gestión Circular no se actualiza.** Recae sobre productores e importadores de productos, y el promovente no lo es: su relación con la Ley es la de un **generador de residuos**, no la de un productor sujeto a responsabilidad extendida. La Ley lo dice de forma expresa al establecer que la responsabilidad extendida y la responsabilidad compartida prevista en la LGPGIR son complementarias y no se excluyen: la del promovente es la segunda.
- **Las obligaciones de la Responsabilidad Extendida del Productor son, además, de exigibilidad gradual y aún no desplegada.** Sólo obligan cuando se expide el acuerdo general de implementación del sector o producto correspondiente, y la propia Ley ordena que su emisión atienda al principio de gradualidad con metas diferenciadas. A la fecha de consulta no consta acuerdo general que alcance al sector de la edificación, ni el Reglamento de la Ley.

- **Lo que sí obliga hoy, y el proyecto cumple, es la LGPGIR**, cuyo régimen de residuos de la construcción como residuos de manejo especial y de generador de residuos peligrosos se desarrolla en el inciso c) anterior, y que el decreto de expedición de esta Ley reformó sin abrogar.

Congruencia sustantiva, que es donde el proyecto sí tiene algo que acreditar. Que las obligaciones formales no se actualicen no vuelve irrelevante a este ordenamiento, porque sus **principios** sí orientan la evaluación de la obra, y el proyecto responde a ellos con hechos medibles y no con adhesión declarativa: el material vegetal del desmonte —193.26 m³ rta— se tritura y se incorpora como acolchado en lugar de disponerse; el suelo orgánico del despalme —aproximadamente 11,556 m³— se conserva y se reincorpora a las áreas de restauración y áreas verdes en lugar de retirarse como escombro. En ambos casos el material permanece dentro del ciclo del propio proyecto y su valorización se traduce en una función ambiental concreta —recuperación de suelo fértil y de capacidad de infiltración—, que es exactamente la jerarquía de manejo que la Ley promueve.

Conclusión. El proyecto es congruente con la Ley General de Economía Circular. Las obligaciones de inscripción de Gestión Circular en el Registro de Economía Circular no le resultan exigibles, por recaer sobre productores e importadores de productos y por depender de acuerdos generales de implementación que a la fecha de consulta no se han expedido para el sector de la edificación; y las obligaciones de gestión de residuos que sí le son exigibles, las de la LGPGIR, se atienden conforme al inciso c). En cuanto a los principios del ordenamiento, el proyecto los satisface al orientar sus dos corrientes principales de material hacia la valorización dentro del propio sitio antes que hacia la disposición final.

e) Ley de Aguas Nacionales y Ley General de Aguas

Vigencia verificada. La Ley de Aguas Nacionales fue publicada en el DOF el 1 de diciembre de 1992; el decreto publicado el **11 de diciembre de 2025** —que expidió la Ley General de Aguas, en vigor desde el 12 de diciembre de 2025— reformó, adicionó y derogó diversas de sus disposiciones. La Ley de Aguas Nacionales subsiste vigente, parcialmente derogada. Su Reglamento fue publicado el 12 de enero de 1994, con última reforma publicada el 25 de agosto de 2014.

Precepto examinado y resultado. El artículo 3, fracción XLVII, de la Ley de Aguas Nacionales define la ribera o zona federal como las fajas de diez metros de anchura contiguas al cauce de las corrientes o al vaso de los depósitos de propiedad nacional, medidas horizontalmente a partir del nivel de aguas máximas ordinarias, reducidas a cinco metros en cauces con anchura no mayor de cinco metros. La ocupación de zona federal exige título de concesión de la Comisión Nacional del Agua.

Lo que el análisis territorial acredita, con la precisión que el asunto exige. El análisis de proximidad hidrográfica del Capítulo I acredita que **no existe cauce dentro de la superficie forestal sujeta a cambio de uso de suelo**, y que el cauce cartografiado más próximo —el **Arroyo del Toro**— se localiza a **232.0 metros** del polígono, distancia que excede en más de veinte veces la faja de diez metros que define la fracción XLVII. Sin embargo, la cartografía propia del proyecto sí clasifica **0.0889 ha del Área del Proyecto como «cauce»**, superficie que forma parte de las 0.9119 ha no forestales del predio y sobre la cual la zonificación prevé usos: 0.0324 ha destinadas a área habitacional condominal unifamiliar, 0.0268 ha a área de talud no apta para vivienda, 0.0110 ha a área de restricción pluvial y el resto a vialidad, donación y áreas comunes.

Ese hecho es determinante y el estudio no lo omite: si esa superficie correspondiera a un cauce de propiedad nacional, la faja contigua de zona federal quedaría comprendida en el polígono y su ocupación exigiría título

de concesión de la Comisión Nacional del Agua, con independencia de la resolución en materia de impacto ambiental. La clasificación de la capa propia del proyecto no resuelve por sí sola la naturaleza jurídica del escurrimiento —que puede tratarse de un escurrimiento intermitente sin carácter de bien nacional—, y esa determinación corresponde a la autoridad del agua, no al promovente ni a este estudio.

El pronunciamiento de la autoridad del agua y su sentido. La Comisión Nacional del Agua se pronunció sobre este punto y determinó que **la superficie no constituye zona federal**. En consecuencia, no se actualiza el supuesto de ocupación de zona federal, no se requiere título de concesión por ese concepto y la zonificación de esas 0.0889 ha no queda sujeta a ajuste por esa causa. El escurrimiento que la cartografía propia del proyecto clasificó como cauce corresponde a un escurrimiento intermitente sin carácter de bien nacional, que es la hipótesis que el estudio había anticipado como posible.

El pronunciamiento consta y su sentido es el que este apartado recoge; la constancia documental que lo respalda se integra al **Anexo II.1** conforme la autoridad del agua la expide.

Pero el impacto conexo existe y se atiende. Declarar la no ocupación y cerrar el punto sería insuficiente, porque el proyecto sí modifica el régimen de escurrimiento del predio: la impermeabilización de la superficie habitacional y vial incrementa el coeficiente de escurrimiento y concentra el agua pluvial, y el sitio se ubica en una zona clasificada con grado de vulnerabilidad **alta** a inundación, según la caracterización del Capítulo III. Por eso el proyecto no se limita a constatar que el cauce queda fuera: su propia zonificación reserva **áreas de restricción pluvial** y **áreas de talud no aptas para vivienda** —que el Capítulo I detalla y II.3.1 retoma— destinadas a conducir y amortiguar el escurrimiento, y compromete la recuperación de infiltración in situ acumulada de **19,325 m³** que se reporta en el criterio de agua del artículo 93. La medida no se adopta porque una norma la imponga, sino porque el impacto es real y su atención es la que sostiene que el escurrimiento adicional no se traslade aguas abajo.

El acuífero no tiene disponibilidad, y eso condiciona el abastecimiento. El predio se ubica sobre el acuífero **Río Culiacán, clave 2504**, de la Región Hidrológico-Administrativa III Pacífico Norte. El «Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos», publicado en el Diario Oficial de la Federación el **9 de noviembre de 2023** con fecha de corte al 30 de diciembre de 2022, le asigna disponibilidad media anual **cero** y un **déficit de 53.446033 hm³ anuales**. A ello se suma su régimen de restricción: porciones del acuífero están sujetas a vedas por tiempo indefinido decretadas desde el 26 de noviembre de 1957 y sus ampliaciones de 1958 y 1960, y la porción no vedada quedó sujeta al Acuerdo General por el que se suspende provisionalmente el libre alumbramiento, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 5 de abril de 2013. El estudio técnico publicado el 27 de noviembre de 2015 recomendó sustituir ambos regímenes por una zona reglamentada, decreto que no se ha emitido para este acuífero.

La consecuencia práctica para el proyecto es directa y el estudio la asume: **un acuífero sin disponibilidad no admite la asignación de nuevos volúmenes de aprovechamiento subterráneo**, de modo que el abastecimiento del fraccionamiento en su etapa de operación no puede sustentarse en un pozo propio de nueva concesión, sino en la red del organismo operador municipal. Esa es la razón de que la zonificación del proyecto reserve 0.0285 ha para infraestructura de ese organismo (II.3.1), y no una preferencia de diseño. La misma condición del acuífero refuerza el valor de la recuperación de infiltración in situ acumulada de 19,325 m³ que el proyecto compromete: en un acuífero deficitario, la recarga que se conserva no es un adorno del balance, es la única variable sobre la que el proyecto puede actuar en favor del recurso.

Abastecimiento y descarga en la etapa de operación: red municipal en ambos casos. El proyecto ejecutivo resuelve el abastecimiento de agua potable mediante **conexión a la red general municipal**, con tubería de PVC hidráulico, cajas de registro y válvulas de seccionamiento, y el desalojo de aguas residuales mediante **conexión al alcantarillado sanitario municipal**, con descargas domiciliarias de PVC; el drenaje pluvial se conduce por separado. Para ello la zonificación reserva 0.0285 ha destinadas a infraestructura del organismo operador municipal de agua potable y alcantarillado (II.3.1). Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, el agua para consumo humano y servicios del personal de obra se adquiere y se suministra mediante pipas, sin aprovechamiento en el predio.

De esa definición se siguen tres consecuencias jurídicas que cierran el punto: **no se actualiza el supuesto de concesión de aprovechamiento de aguas nacionales**, porque el proyecto no plantea pozo propio —lo que además sería inviable sobre un acuífero sin disponibilidad y en déficit—; **no se actualiza el supuesto de permiso de descarga a cuerpo receptor de propiedad nacional**, porque la descarga es a la red municipal; y, en consecuencia, la norma aplicable en materia de descargas es la que rige las descargas al sistema de alcantarillado urbano, y no las que rigen las descargas a cuerpos receptores nacionales ni el reúso de lodos, según se precisa en II.5.

La factibilidad del servicio está acreditada ante el organismo operador: el **oficio G.P.P.574/2025** de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán se pronuncia en sentido **factible**, condicionado a la entrada en operación del módulo de 150 litros por segundo de la planta potabilizadora «La Limita» y de su planta de tratamiento de 100 litros por segundo. El oficio se integra al **Anexo II.1**, y la condicionante que impone es la razón de que el proyecto reserve superficie para infraestructura del organismo operador en lugar de plantear aprovechamiento propio.

Cotejo de la subsistencia del artículo 3, fracción XLVII, de la Ley de Aguas Nacionales. El cotejo se realizó contra el texto vigente de la Ley, con última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el **11 de diciembre de 2025**, y su resultado es que **la fracción subsiste sin modificación**: la Ley de Aguas Nacionales continúa vigente, parcialmente reformada y derogada por ese decreto, y su artículo 3, fracción XLVII, mantiene la definición de «Ribera o Zona Federal» en los términos que este apartado transcribe. El decreto adicionó fracciones a ese mismo artículo pero no derogó ni desplazó la que aquí interesa. La **Ley General de Aguas**, expedida por el mismo decreto y en vigor desde el 12 de diciembre de 2025, es un ordenamiento de objeto distinto —el derecho humano al acceso, disposición y saneamiento del agua para consumo personal y doméstico, y la concurrencia de los tres órdenes de gobierno para garantizarlo—, y no contiene un régimen de zona federal que sustituya al de la Ley de Aguas Nacionales ni impone al promovente de un desarrollo inmobiliario obligaciones de trámite distintas de las que aquí se examinan. Su régimen transitorio confirma esta lectura al mantener aplicables las disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales que no la contradigan mientras no se emita su reglamentación.

La consecuencia de este cotejo para el estudio es que la definición invocada en este inciso es la vigente a la fecha de presentación, y que la conclusión sobre la zona federal no depende de un precepto derogado —comprobación que importa porque un capítulo de vinculación que cita una fracción derogada compromete la credibilidad de todas sus demás citas—.

Conclusión. El cambio de uso de suelo forestal no incide en cauce alguno, y el cauce cartografiado más próximo queda a 232.0 metros, muy fuera de la faja de diez metros que define la zona federal. Respecto de las 0.0889 ha que la cartografía propia del proyecto clasifica como cauce dentro del Área del Proyecto, **la Comisión Nacional del Agua determinó que no constituyen zona federal**, de modo que no se actualiza

el supuesto de ocupación ni se requiere título de concesión por ese concepto, y la zonificación de esa fracción no debe ajustarse por esa causa. El artículo 3, fracción XLVII, de la Ley de Aguas Nacionales, invocado en este inciso, subsiste vigente tras el decreto del 11 de diciembre de 2025, según el cotejo que aquí se documenta. En cuanto al abastecimiento, el proyecto reconoce que el acuífero Río Culiacán 2504 se encuentra en déficit y sujeto a veda parcial y a suspensión del libre alumbramiento, y por ello no plantea aprovechamiento subterráneo propio sino conexión a las redes municipales de agua potable y de alcantarillado sanitario, con lo que no se actualizan los supuestos de concesión de aprovechamiento ni de permiso de descarga a cuerpo receptor nacional. Con independencia de todo lo anterior, el proyecto atiende con obras y reservas de suelo el impacto conexo sobre el escurrimiento pluvial que su ejecución genera, y compromete la recuperación de 19,325 m³ de infiltración in situ acumulada, que sobre un acuífero deficitario es la única variable en la que puede actuar en favor del recurso.

f) Ley General de Cambio Climático (LGCC)

Vigencia verificada. DOF 6 de junio de 2012; última reforma publicada en el DOF el **1 de abril de 2024**. Su Reglamento en materia del Registro Nacional de Emisiones fue publicado el 28 de octubre de 2014.

Precepto y subsunción. El artículo 34 dispone que, para reducir emisiones, las dependencias y entidades de la administración pública federal, las entidades federativas y los municipios promoverán el diseño y la elaboración de políticas y acciones de mitigación asociadas a los sectores correspondientes. La ley opera aquí no por la vía de una autorización sino por la de la congruencia con la política nacional de cambio climático, a la que el proyecto se alinea.

Cumplimiento. El proyecto reconoce que la remoción de la cobertura forestal incide sobre el acervo de carbono del sitio: la pérdida asociada al cambio de uso de suelo asciende a **307.4653 tCO_2e**, cifra que el estudio declara abiertamente y no diluye. Frente a ella, el proyecto compromete las medidas de compensación y restauración cuyo aporte se cuantifica en el balance de carbono del Capítulo IV. A las emisiones por pérdida de vegetación se suman las de combustión de maquinaria y las asociadas al consumo de energía eléctrica, que se estiman con el factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional vigente y se reportan en la tabla resumen del Capítulo I.

El balance de carbono con medidas, que es la cifra que cierra la comparación. El estudio evalúa el acervo del sistema —superficie sujeta a cambio de uso más predio de compensación— en tres escenarios: **934.26 tCO_2e** en la línea base, **626.79 tCO_2e** con el cambio de uso ejecutado y sin medidas, y **1,292.10 tCO_2e** con el cambio de uso ejecutado y la compensación restaurada. De ahí se obtienen las tres magnitudes que importan: la **pérdida por el cambio de uso**, de **307.4653 tCO_2e**, que es la diferencia entre el primer escenario y el segundo; el **incremento atribuible a la compensación**, de **665.30 tCO_2e**, que es la captura adicional acreditable; y el **balance neto del sistema con medidas**, de **+357.84 tCO_2e** sobre la línea base.

Ese último número es el que responde al criterio de carbono del artículo 93 de la LGDFS, y conviene enunciar lo que dice y lo que no. **No dice** que el proyecto no libere carbono: lo libera, 307.4653 tCO_2e, y el estudio lo declara en cada apartado donde la cifra viene al caso. **Dice** que el sistema evaluado, una vez ejecutadas las medidas, almacena más carbono del que almacenaba antes de la intervención, de modo que la captura de la compensación revierte la pérdida del cambio de uso y la excede en 357.84 tCO_2e. Es una comparación entre acervos —entre existencias de carbono en dos momentos del sistema— y no una tasa anual, razón por la cual no lleva asociado un horizonte en años como sí lo llevan los balances de erosión del inciso a).

Emisiones por combustión y por consumo eléctrico. A las emisiones por pérdida de vegetación se suman las de la combustión de la maquinaria de preparación del sitio y construcción. La tabla resumen I.8 del Capítulo I las declara en **1,817.74 tCO_2e**, que se descomponen en **1,648.64 t de dióxido de carbono** y **169.10 tCO_2e de metano y óxido nitroso**, calculadas sobre los 605,941.0 litros de diésel y 10,746.4 litros de gasolina que consume el inventario de maquinaria de la Tabla I.15, con los factores de emisión del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático y del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, y los potenciales de calentamiento global de su Quinto Informe de Evaluación.

Del consumo de energía eléctrica no hay emisión atribuible durante la obra, y la razón es la que el propio renglón declara: la maquinaria opera con diésel y gasolina, sin conexión a la red. En la etapa de operación, el consumo de las 707 viviendas lo generan los residentes y no el promovente, y el del alumbrado de vialidad y áreas comunes se transfiere al municipio junto con la infraestructura.

Puestas junto a las 307.47 tCO_2e de la pérdida de vegetación, las emisiones de combustión son **casi seis veces mayores**, y el estudio no lo disimula: la huella de carbono del proyecto la domina la obra, no el desmonte. Esa proporción es la que da sentido a la medida de control de emisiones de la maquinaria y a la verificación semestral de la flota, que no son un trámite accesorio sino la actuación sobre la fracción principal.

Conclusión. El proyecto es congruente con la Ley General de Cambio Climático: cuantifica su contribución a las emisiones en lugar de omitirla, la atribuye a su fuente y compromete medidas de compensación cuyo aporte se reporta con la misma unidad, de modo que la congruencia se evalúa con cifras y no con afirmaciones. Frente a las 307.4653 tCO_2e que libera el cambio de uso, el sistema con medidas cierra con un balance neto de **+357.84 tCO_2e** sobre la línea base. Queda pendiente de declarar en el Capítulo I el componente de emisiones por combustión y por consumo eléctrico, que no altera la conclusión sobre el acervo de carbono del sistema pero completa el inventario de emisiones del proyecto.

g) Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA)

Vigencia verificada. DOF 7 de junio de 2013; última reforma publicada en el DOF el **14 de noviembre de 2025**, por el decreto de homologación con el Código Nacional de Procedimientos Civiles y Familiares.

Subsunción y congruencia. Esta ley no impone al proyecto un trámite ni una autorización: establece el régimen de responsabilidad por el daño ocasionado al ambiente y los mecanismos para exigir su reparación. Se incorpora porque delimita las consecuencias de ejecutar la obra fuera de lo autorizado, y porque de ella deriva un criterio de diseño del proyecto: la afectación debe quedar confinada a lo evaluado y autorizado, ya que todo daño que exceda ese perímetro queda expuesto al régimen de reparación. Ese criterio se materializa en medidas concretas: delimitación física del polígono autorizado antes del desmonte, prohibición de afectar vegetación fuera de él, supervisión ambiental durante la ejecución y bitácora de cumplimiento verificable, todas ellas parte de la cartera de medidas y del programa de vigilancia ambiental del Capítulo IV.

Conclusión. El proyecto es congruente con la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental, en tanto sus medidas de delimitación, supervisión y registro están orientadas a que la afectación no exceda la superficie evaluada y autorizada.

h) Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU)

Vigencia verificada. DOF 28 de noviembre de 2016; última reforma publicada en el DOF el **1 de abril de 2024**.

Esta ley resulta aplicable al proyecto por ser un desarrollo habitacional sujeto a la zonificación y a los usos del suelo que determinan los instrumentos de planeación urbana. Su análisis, junto con la legislación estatal y municipal en la materia, se desarrolla en **II.3**, por razón de materia y para no duplicar el tratamiento del mismo instrumento en dos apartados del capítulo.

II.2 Programas de ordenamiento ecológico

El ordenamiento ecológico es el instrumento con que la política ambiental regula o induce el uso del suelo y las actividades productivas para proteger el medio ambiente y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y de las potencialidades de aprovechamiento del territorio. La LGEEPA lo estructura en cuatro modalidades —general del territorio, regional, local y marino— y su Reglamento en materia de Ordenamiento Ecológico, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 8 de agosto de 2003 con última reforma publicada el 31 de octubre de 2014, fija el procedimiento de su formulación, expedición y evaluación.

Para este proyecto, la vinculación con estos programas no es un ejercicio de completitud documental sino un requisito de procedencia. El segundo párrafo del artículo 35 de la LGEEPA obliga a la Secretaría a sujetarse, al resolver sobre una obra del artículo 28, a **los programas de ordenamiento ecológico del territorio**; y el párrafo quinto del artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable dispone que las autorizaciones de cambio de uso de suelo forestal deberán sujetarse a lo que dispongan los programas de ordenamiento ecológico correspondientes. Un proyecto que ignora el ordenamiento aplicable a su predio no incurre en una omisión formal: le entrega a la autoridad una laguna sobre un elemento que la ley le manda ponderar.

Cómo se vincula un ordenamiento y cómo no. La vinculación de un programa de ordenamiento ecológico se hace **por unidad territorial**, no por programa completo. Un programa puede contener decenas de unidades ambientales biofísicas o de gestión ambiental, cada una con su política, sus lineamientos y sus estrategias; lo que obliga al proyecto es la unidad en la que su polígono incide, no el promedio del instrumento. En consecuencia, cada apartado de esta sección identifica la unidad concreta con su clave, enuncia la política y los lineamientos que el programa le asigna, confronta el uso pretendido por el proyecto contra ese marco y concluye sobre su compatibilidad —directa o condicionada al cumplimiento de criterios, demostrando entonces el cumplimiento de cada uno con su dato—.

Resultado de la verificación, adelantado. De las cuatro modalidades, sólo una tiene instrumento expedido que alcance al predio: el **Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio**, cuyo cruce contra el polígono del proyecto arroja incidencia en **dos** Unidades Ambientales Biofísicas —la 32, «Llanuras Costeras y Deltas de Sinaloa», con 8.6711 ha, el 64.38 %, y la 12, «Pie de la Sierra Sinaloense Centro», con 4.7978 ha, el 35.62 %—, porque el predio se asienta sobre el contacto entre el piedemonte serrano y la llanura costera. Ni el estado de Sinaloa ni el municipio de Culiacán han expedido su ordenamiento ecológico —del municipal consta únicamente el convenio de coordinación para su formulación—, y los programas marinos y regionales no comprenden al predio en su ámbito de aplicación. Toda la vinculación con el ordenamiento ecológico se resuelve, por tanto, contra un solo instrumento y sus dos unidades, y así se desarrolla en los tres apartados siguientes.

Tabla 6. Programas de ordenamiento ecológico examinados

Programa	Ámbito	Existencia y vigencia	Incidencia del proyecto	Apartado
Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio	Federal, todo el territorio nacional	Vigente. DOF 7 de septiembre de 2012; sin modificación posterior localizada	**Incide en dos unidades**: UAB 32, «Llanuras Costeras y Deltas de Sinaloa», región ecológica 18.6, con 8.6711 ha (64.38 %); y UAB 12, «Pie de la Sierra Sinaloense Centro», región ecológica 9.19, con 4.7978 ha (35.62 %)	II.2.1
Ordenamiento ecológico del territorio del estado de Sinaloa	Estatal	**No decretado**	No aplica: no existe instrumento expedido	II.2.2
Ordenamiento ecológico local del municipio de Culiacán	Municipal	**No expedido**; consta el Convenio de Coordinación para su formulación, DOF 8 de septiembre de 2022	No aplica: el instrumento no ha delimitado unidades de gestión ambiental	II.2.3
Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California y Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Pacífico Norte	Marino y regional	Vigentes (DOF 29 de noviembre de 2006 y DOF 9 de agosto de 2018, con modificación de 11 de agosto de 2023)	No aplica: el predio se localiza en el interior del estado y su ámbito de aplicación no lo alcanza	II.2.2

Fuente: Diario Oficial de la Federación y Periódico Oficial «El Estado de Sinaloa»; modalidades de ordenamiento ecológico de la LGEEPA (artículos 19 BIS y 20 BIS 1 a 20 BIS 5). Consulta del 17 de agosto de 2026.

La cuarta fila no es un relleno: el proyecto se ubica en una entidad con litoral, y la Guía prevé el análisis del ordenamiento marino y regional para los proyectos que inciden en zona costera o marina. Se deja constancia expresa de que éste no se encuentra en ese supuesto, para que la ausencia del análisis no se lea como omisión. Y las filas segunda y tercera no son huecos del estudio sino resultados verificados: la inexistencia de un instrumento, acreditada y fechada, cierra el punto tan válidamente como su existencia.

Estado del insumo territorial: resuelto, y con una corrección que conviene explicar. La métrica de la incidencia se obtuvo del cruce del polígono del Área del Proyecto contra la capa oficial de unidades del Programa, en UTM WGS 84 zona 13N, y consta con su superficie y su porcentaje en la Tabla 7 de II.2.1. Ese cruce corrigió la determinación preliminar del estudio, que se había hecho por superposición de las coordenadas de referencia del predio: un punto sólo puede caer en una unidad, y por eso identificaba la UAB 32 y descartaba la 12. El polígono, que mide 13.4689 ha y cruza el límite entre ambas, cae en las dos. La corrección se hace constar aquí por dos razones: porque la diferencia entre medir sobre un punto y medir sobre el polígono es justamente lo que separa una identificación aproximada de una métrica de incidencia, y porque un evaluador que repita el cruce sobre las mismas capas ha de encontrar lo mismo que este estudio declara.

II.2.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio es el instrumento de mayor cobertura de la política de ordenamiento ecológico: divide el territorio nacional en 80 regiones ecológicas y 145 Unidades

Ambientales Biofísicas, y asigna a cada una política ambiental, un nivel de prioridad de atención, un sector rector y un conjunto de estrategias sectoriales. Su carácter es de orientación de política y no de regulación directa del uso del suelo predio por predio —esa función corresponde a los ordenamientos regionales y locales y a los instrumentos de desarrollo urbano—, pero su observancia es exigible a la autoridad federal por mandato del artículo 35 de la LGEEPA y del párrafo quinto del artículo 93 de la LGDFS.

Vigencia verificada. Acuerdo por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, publicado en el Diario Oficial de la Federación el **7 de septiembre de 2012**. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales lo mantiene publicado como instrumento vigente y de observancia obligatoria para la Administración Pública Federal. La consulta del **17 de agosto de 2026** en el Diario Oficial de la Federación y en el portal de la Secretaría no localizó acuerdo modificatorio posterior ni instrumento que lo sustituya.

Unidades Ambientales Biofísicas en que se ubica el predio: son dos, y el dato es del polígono, no de un punto. El cruce del polígono del Área del Proyecto contra la capa oficial de unidades del Programa acredita que el predio **no cae en una sola unidad sino en dos**, porque se asienta sobre el contacto entre el piedemonte de la Sierra Madre Occidental y la llanura costera. La determinación anterior, hecha por superposición de las coordenadas de referencia, identificaba únicamente la unidad en que cae el punto; la métrica por polígono muestra el reparto real y lo cuantifica.

Tabla 7. Incidencia del Área del Proyecto en las Unidades Ambientales Biofísicas del POEGT

Unidad Ambiental Biofísica	Región ecológica	Superficie de incidencia (ha)	% del Área del Proyecto
32, «Llanuras Costeras y Deltas de Sinaloa»	18.6	8.6711	64.38
12, «Pie de la Sierra Sinaloense Centro»	9.19	4.7978	35.62
Total		**13.4689**	**100.00**

Fuente: cruce del polígono del Área del Proyecto contra la capa oficial de Unidades Ambientales Biofísicas del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613); memoria del cruce en el Anexo II.2. Consulta del 17 de agosto de 2026.

Las dos unidades cubren la totalidad del predio sin dejar hueco: 8.6711 + 4.7978 = 13.4689 ha, la superficie total del Área del Proyecto. Los porcentajes expresan el reparto interno de esa superficie y no se suman a un tercer valor. El mismo cruce, aplicado al **Área de Influencia de 276.19 ha**, arroja el mismo reparto con proporciones más parejas: 152.9648 ha (55.38 %) en la UAB 32 y 123.2252 ha (44.62 %) en la UAB 12. El predio no está, por tanto, en el interior de una unidad ni junto a un borde accidental: está sobre la transición fisiográfica, y ambas unidades le resultan aplicables en la proporción que la tabla declara.

Tabla 8. Atributos que el POEGT asigna a cada una de las dos unidades

Atributo de la unidad	UAB 32, «Llanuras Costeras y Deltas de Sinaloa»	UAB 12, «Pie de la Sierra Sinaloense Centro»
Región ecológica	18.6	9.19
Provincia fisiográfica	VII, Llanura Costera del Pacífico	III, Sierra Madre Occidental
Superficie de la unidad	17,424.36 km²	8,156.80 km²

Atributo de la unidad	UAB 32, «Llanuras Costeras y Deltas de Sinaloa»	UAB 12, «Pie de la Sierra Sinaloense Centro»
Política ambiental	**Restauración y aprovechamiento sustentable**	**Aprovechamiento sustentable**
Área de atención prioritaria	**Media**	**Baja**
Sector rector del desarrollo	Agricultura e industria	Forestal y minería
Sectores coadyuvante y asociado	Ganadería; desarrollo social	Agricultura y ganadería; poblacional
Vegetación y uso de suelo dominantes	Agrícola-pecuario-forestal; matorral sarcocrasicaule	**Selva baja caducifolia y subcaducifolia**; agrícola-pecuario-forestal
Estado actual del medio ambiente	Inestable	Medianamente estable
Escenario tendencial al año 2033	De inestable a crítico	De medianamente estable a inestable
Estrategias sectoriales asignadas	30	21

Fuente: Acuerdo por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, Diario Oficial de la Federación, 7 de septiembre de 2012, y sus anexos de fichas técnicas por región ecológica y de unidades ambientales biofísicas; consulta del 17 de agosto de 2026.

Las dos políticas asignadas son las que deciden la vinculación, y conviene leerlas despacio. Lo primero que debe asentarse es lo que el Programa **no** asigna a ninguna de las dos unidades: ni **protección**, ni **preservación**, ni **conservación**, que son las políticas que restringen el aprovechamiento para mantener ecosistemas en buen estado. A la UAB 32 le asigna **restauración y aprovechamiento sustentable**; a la UAB 12, **aprovechamiento sustentable**. Ambas ordenan la actividad humana sobre el territorio en lugar de excluirla de él, y esa coincidencia es la que resuelve la vinculación: el proyecto no pretende un uso que su unidad de ordenamiento reserve a la conservación.

La diferencia entre ambas tampoco es indiferente, y el estudio no la disimula. La UAB 32 está diagnosticada como **inestable**, con alta degradación de suelos y muy alta degradación de la vegetación, y con tendencia **a crítico** hacia 2033; la UAB 12 se encuentra en mejor condición —**medianamente estable**, con baja degradación de suelos y media de vegetación— y su prioridad de atención es **baja**. Es decir: la fracción del predio que cae en la unidad menos deteriorada es la menor, 4.7978 ha, el 35.62 %, y la mayor parte de la intervención —8.6711 ha— recae sobre la unidad que el propio Programa reconoce ya deteriorada y en trayectoria de empeoramiento. Ese reparto favorece al proyecto, y por eso se declara con su cifra en lugar de dejarse implícito.

Hay además una correspondencia que conviene señalar porque explica el reparto y no es casual: la UAB 12 declara como vegetación dominante la **selva baja caducifolia y subcaducifolia**, que es exactamente el tipo de vegetación que el predio sostiene y que el proyecto solicita remover. El Programa, al asignar a esa unidad el sector **forestal** como rector del desarrollo, sitúa la decisión sobre esa cobertura en el terreno de la gestión forestal —que es precisamente el procedimiento por el que este proyecto transita, el cambio de uso de suelo en terreno forestal del artículo 93 de la LGDFS— y no en el de una prohibición de uso.

La caracterización del sitio coincide con ese diagnóstico y no lo contradice. El **53.31 %** de la superficie del área sujeta a cambio de uso de suelo presenta degradación de suelo, y el Área de Influencia de 276.19 ha registra ya un **46.54 %** de zona urbana frente a un 46.55 % de selva baja caducifolia (Capítulo III). El predio no es un fragmento íntegro dentro de un macizo conservado: es un rodal remanente en el borde de una

ciudad, sobre unidades cuya política ambiental federal es la de aprovechar de manera sustentable y, en la que aporta la mayor superficie, también la de restaurar.

Confrontación con las estrategias sectoriales aplicables. El Programa asigna 30 estrategias a la UAB 32 y 21 a la UAB 12, con 17 de ellas comunes a ambas. Las que interpelan directamente a un desarrollo habitacional se confrontan a continuación con el elemento del proyecto que las atiende; la última columna de la tabla identifica en qué unidad rige cada una, porque una estrategia asignada sólo a la UAB 32 no obliga a la fracción del predio que cae en la UAB 12.

Tabla 9. Congruencia del proyecto con las estrategias sectoriales de las unidades

Estrategia sectorial	Materia	Cómo responde el proyecto	Unidad en que rige	Dato que lo sustenta
7 y 8	Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales; valoración de los servicios ambientales	La remoción de cobertura forestal se tramita por la vía de excepción del artículo 93 de la LGDFS, con la demostración de los cuatro criterios legales, y el estudio cuantifica en unidades físicas los servicios afectados y recuperados —carbono, infiltración, suelo— en lugar de declararlos	UAB 32 y UAB 12	II.1.3, inciso a); Capítulo IV
12	Protección de los ecosistemas	Delimitación física del polígono autorizado antes del desmonte, prohibición de afectar vegetación fuera de él, programa de rescate y reubicación de flora y fauna, y supervisión ambiental con bitácora verificable	UAB 32 y UAB 12	II.1.3, incisos a) y g); Capítulo IV
14	**Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas**	Restauración comprometida en 1.3311 ha del propio predio; reincorporación de aproximadamente 11,556 m³ de suelo orgánico del despalme y de 193.26 m³ rta de material vegetal a las áreas de restauración y áreas verdes; restauración del predio de compensación	UAB 32 y UAB 12	Capítulo IV
24	Vivienda	El proyecto produce vivienda unifamiliar y plurifamiliar en régimen condominal sobre 5.5718 ha, en respuesta a la demanda habitacional del centro de población	UAB 32	II.3.1, Tabla 15
25 y 26	Prevención de riesgos naturales y reducción de la vulnerabilidad física	El proyecto excluye de la vivienda 1.1648 ha de talud y reserva 0.2007 ha de restricción pluvial, en un sitio clasificado con vulnerabilidad alta a inundación y grado alto de riesgo por ciclones tropicales	UAB 32	II.3.1 y Capítulo III

Estrategia sectorial	Materia	Cómo responde el proyecto	Unidad en que rige	Dato que lo sustenta
27, 28 y 29	Agua potable, alcantarillado y saneamiento	La zonificación reserva 0.0285 ha para infraestructura del organismo operador municipal, y el proyecto se conecta a las redes municipales de agua potable y de alcantarillado sanitario en lugar de aprovechamiento subterráneo propio, criterio reforzado por el déficit del acuífero (II.1.3, inciso e)	UAB 32	II.3.1 y II.1.3
31 y 32	Ciudades sustentables; frenar la expansión desordenada de las ciudades y dotarlas de suelo apto	El desarrollo se implanta en continuidad con la mancha urbana de Culiacán Rosales, sobre un predio cuyo entorno inmediato ya está urbanizado en un 46.54 %, y no como pieza aislada que obligue a extender redes sobre territorio abierto	UAB 32	II.3.2, Tabla 16
44	Ordenamiento territorial	El proyecto se somete a las autorizaciones federal, estatal y municipal que le corresponden y acredita en este capítulo su congruencia con los instrumentos de ordenamiento aplicables	UAB 32 y UAB 12	Capítulo II en su conjunto
Políticas de las unidades: restauración y aprovechamiento sustentable (UAB 32) y aprovechamiento sustentable (UAB 12)	Reversión del deterioro y aprovechamiento ordenado	Restauración comprometida en 1.3311 ha; valorización de 193.26 m³ rta de material vegetal y de aproximadamente 11,556 m³ de suelo orgánico dentro del predio; recuperación de 19,325 m³ de infiltración in situ acumulada; balance de carbono del sistema con medidas de **+357.84 tCO_2e** sobre la línea base, frente a las 307.4653 tCO_2e liberadas por el cambio de uso	UAB 32 y UAB 12	Capítulo IV

Fuente: estrategias sectoriales de las UAB 32 y 12 del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (Diario Oficial de la Federación, 7 de septiembre de 2012); superficies de la capa de zonificación del proyecto; cifras de carbono e infiltración de las memorias de cálculo del estudio (Anexo IV.1).

Un rasgo del reparto que refuerza la congruencia y no la debilita. Las estrategias propiamente urbanas —vivienda, riesgo, servicios de agua, ciudades sustentables— están asignadas únicamente a la UAB 32, que es la unidad donde recae el **64.38 %** de la superficie del predio, la unidad de llanura, la más deteriorada y la que el Programa vincula al desarrollo urbano e industrial. La UAB 12, en cambio, aporta al proyecto un mandato de otra naturaleza —forestal y de restauración— y es justamente en el terreno de ese mandato donde el proyecto concentra sus compromisos de restauración y de compensación. Las dos unidades no imponen exigencias contradictorias: le piden al proyecto que produzca ciudad donde el territorio ya está urbanizándose y que restaure donde la cobertura forestal se ve afectada, y el proyecto hace ambas cosas con superficie identificada.

Conclusión. El proyecto es congruente con el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. Su polígono incide en dos unidades ambientales biofísicas —8.6711 ha, el 64.38 %, en la UAB 32, y 4.7978 ha, el 35.62 %, en la UAB 12— y **ninguna de las dos tiene asignada una política de protección, preservación o conservación**: la primera tiene política de restauración y aprovechamiento sustentable y la segunda de aprovechamiento sustentable. El proyecto no contraviene ninguna de ellas: las atiende, al aprovechar un rodal remanente en el borde de la ciudad en lugar de territorio abierto, y al comprometer restauración, valorización de materiales y recuperación de infiltración sobre la propia superficie que interviene. La caracterización del sitio confirma el diagnóstico de la unidad principal, con el 53.31 % de superficie degradada y un entorno inmediato urbanizado en 46.54 %. Su respuesta a las estrategias 7, 8, 12, 14, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32 y 44 se acredita con el dato de la Tabla 9 y no con una declaración de adhesión.

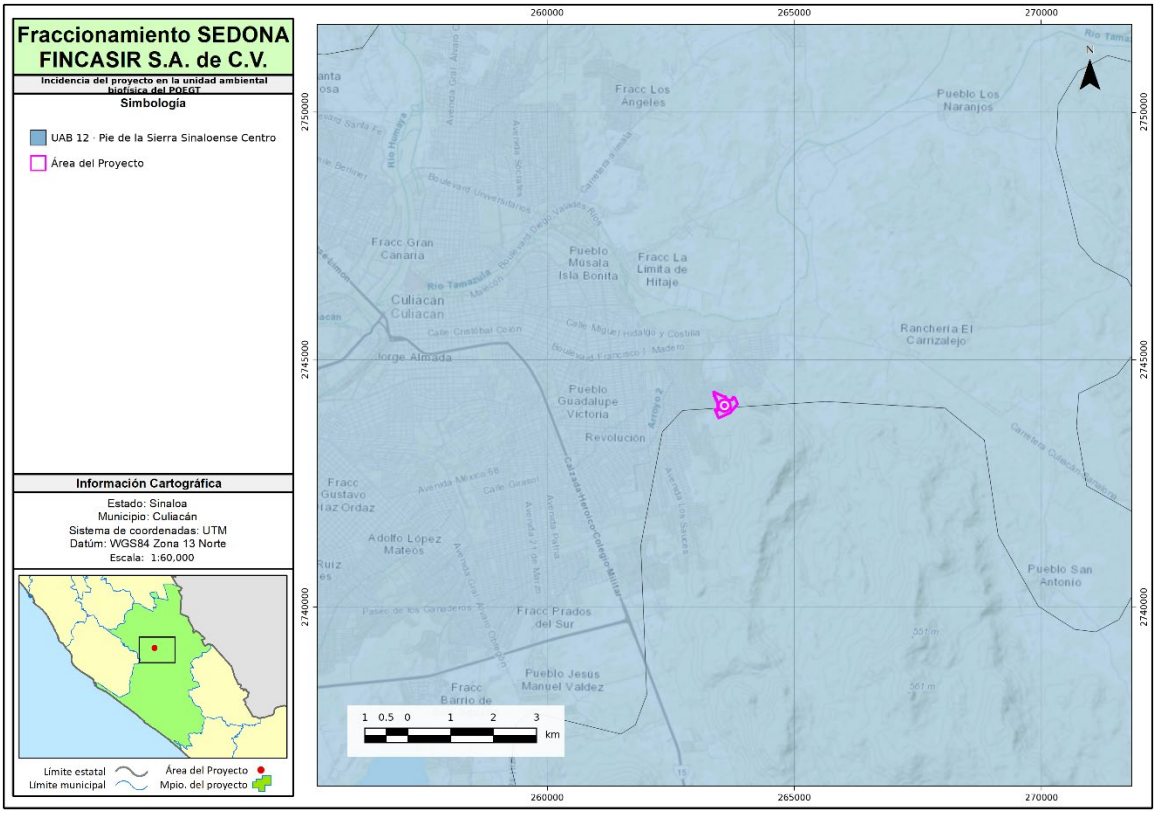


Figura 3. Incidencia del proyecto en la unidad ambiental biofísica del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. Fuente: elaboración propia a partir de las Unidades Ambientales Biofísicas del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Diario Oficial de la Federación, 7 de septiembre de 2012) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2.

Lectura de la figura. El polígono queda dentro de la unidad ambiental biofísica 12, **Pie de la Sierra Sinaloense Centro**, cuya política y lineamientos son los que este apartado confronta. La lámina hace visible algo que la sola cita del instrumento no muestra: el predio no se sitúa en el interior homogéneo de la unidad sino en su franja de transición hacia el valle agrícola, que es el contexto territorial en el que se inserta el

desarrollo y el que explica que su entorno inmediato esté ya transformado. La unidad que aquí se identifica es la misma que citan la prosa y la tabla de este apartado.

II.2.2 Ordenamiento ecológico del territorio del estado de Sinaloa

El ordenamiento ecológico regional es la modalidad que, conforme al artículo 20 BIS 2 de la LGEEPA, corresponde formular y expedir a las entidades federativas respecto de la totalidad o una parte de su territorio. A diferencia del Programa General, que orienta la política, el ordenamiento regional **sí regula usos del suelo** en las unidades de gestión ambiental que delimita, y por eso su existencia y su contenido serían determinantes para un proyecto que solicita el cambio de uso de suelo de un terreno forestal.

Resultado de la verificación: el instrumento no existe. La consulta del **17 de agosto de 2026** en el Diario Oficial de la Federación, en el Periódico Oficial «El Estado de Sinaloa» y en los portales de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y del Gobierno del Estado **no localizó ningún Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Sinaloa decretado y vigente**. Lo que consta no es un programa expedido sino un acto previo a su formulación: el **Convenio de Coordinación** celebrado el 17 de octubre de 2018 entre la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, el Gobierno del Estado de Sinaloa y el H. Ayuntamiento de Culiacán, publicado en el **Diario Oficial de la Federación el 8 de septiembre de 2022**, cuyo objeto es instalar el comité y conducir el proceso de formulación del ordenamiento ecológico local del municipio (II.2.3). Un convenio de coordinación para formular un programa no es el programa: no delimita unidades de gestión ambiental, no asigna políticas ni criterios, y no impone obligaciones de uso del suelo a un predio.

Los ordenamientos marinos y regionales tampoco alcanzan al predio. Se examinaron los dos instrumentos de esa modalidad que podrían invocarse por la condición costera del estado, y ninguno se actualiza: el **Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California** (Diario Oficial de la Federación, 29 de noviembre de 2006) circunscribe su ámbito a las zonas marinas mexicanas y a la zona federal adyacente, superficie en la que el predio no se ubica; y el **Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Pacífico Norte** (Diario Oficial de la Federación, 9 de agosto de 2018, modificado el 11 de agosto de 2023) no comprende en su ámbito de aplicación al estado de Sinaloa ni al municipio de Culiacán. El predio se localiza en el interior del estado, a más de sesenta kilómetros del litoral, y ninguno de los dos instrumentos lo alcanza.

Tabla 10. Ordenamientos ecológicos regionales examinados

Instrumento	Ámbito	Estado del instrumento	Resultado para el proyecto
Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Sinaloa	Estatal	**No decretado**; consta únicamente el Convenio de Coordinación para su formulación (DOF 8-sep-2022)	**No aplica**: no existe instrumento expedido que asigne unidades de gestión ambiental al predio
Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California	Marino federal	Vigente (DOF 29-nov-2006)	**No aplica**: su ámbito son las zonas marinas y la zona federal adyacente; el predio se ubica en el interior del estado

Instrumento	Ámbito	Estado del instrumento	Resultado para el proyecto
Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Pacífico Norte	Marino y regional	Vigente (DOF 9-ago-2018; modificación DOF 11-ago-2023)	**No aplica**: su ámbito de aplicación no comprende al estado de Sinaloa ni al municipio de Culiacán

Fuente: Diario Oficial de la Federación y Periódico Oficial «El Estado de Sinaloa»; consulta del 17 de agosto de 2026.

Qué significa esta ausencia y qué no significa. No significa que el uso del suelo del predio esté desregulado. Significa que, a falta de ordenamiento ecológico regional expedido, la orientación de política ambiental sobre el territorio la aporta el **Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio**, cuyas unidades ambientales biofísicas 32 y 12, y sus políticas de restauración y aprovechamiento sustentable y de aprovechamiento sustentable, se analizan en II.2.1; y que la **regulación del uso del suelo** sobre el predio recae en el instrumento municipal de desarrollo urbano, que se analiza en II.3. La declaración de inexistencia, verificada y fechada, cierra el punto sin dejar un hueco que la autoridad deba resolver por su cuenta.

Conclusión. No se actualiza el supuesto de vinculación con un ordenamiento ecológico regional: el estado de Sinaloa no cuenta con Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio decretado y vigente, y los dos programas marinos y regionales examinados no comprenden al predio en su ámbito de aplicación. La vinculación territorial del proyecto se resuelve, en consecuencia, por el Programa General del Territorio (II.2.1) y por el instrumento municipal de desarrollo urbano (II.3).

Reconfirmación a la fecha de presentación, y una precisión que evita una confusión frecuente. La búsqueda activa del **17 de agosto de 2026** en el Periódico Oficial «El Estado de Sinaloa», en el Diario Oficial de la Federación y en los portales de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y del Gobierno del Estado **no localizó Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Sinaloa expedido y vigente**; el instrumento estatal permanece en fase de formulación. Conviene no confundirlo con el **Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Sinaloa**, aprobado por el Consejo Estatal en 2024: ése es un instrumento de planeación territorial y urbana, de la familia de la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, y no el instrumento ambiental que regulan los artículos 20 BIS 2 y siguientes de la LGEEPA. La distinción importa porque un evaluador que encuentre citado aquel programa podría leerlo como el ordenamiento ecológico que este apartado declara inexistente: son instrumentos distintos, de leyes distintas y con efectos distintos, y este estudio los trata por separado —el territorial y urbano, en II.3—.

II.2.3 Ordenamiento ecológico local del municipio de Culiacán

El ordenamiento ecológico local es la modalidad que, conforme a los artículos 20 BIS 4 y 20 BIS 5 de la LGEEPA, corresponde formular y expedir a las autoridades municipales respecto de su territorio, con dos objetos que la ley precisa: determinar las distintas áreas ecológicas que se localicen en la zona o región de que se trate, describiendo sus atributos físicos, bióticos y socioeconómicos, y regular **fuera de los centros de población** los usos del suelo con el propósito de proteger el ambiente y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales.

Resultado de la verificación: el instrumento está en formulación, no expedido. La consulta del **17 de agosto de 2026** acredita que el municipio de Culiacán **no cuenta con un Programa de Ordenamiento Ecológico Local decretado y vigente**. Lo que existe es el **Convenio de Coordinación** celebrado el 17 de octubre de 2018 entre la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Comisión Nacional de Áreas

Naturales Protegidas, el Gobierno del Estado de Sinaloa y el H. Ayuntamiento de Culiacán, publicado en el **Diario Oficial de la Federación el 8 de septiembre de 2022**, cuyo objeto es instalar el comité de ordenamiento ecológico y conducir el proceso de formulación del programa. Un convenio de esa naturaleza fija el procedimiento por el que un programa habrá de elaborarse; no delimita unidades de gestión ambiental, no asigna políticas ni criterios y no regula el uso del suelo de ningún predio. El mismo día se publicó un convenio equivalente para el municipio de Guasave, con idéntico estatus.

La frontera con el instrumento urbano, y por qué aquí no llega a plantearse. El ordenamiento ecológico local regula el suelo **fuera de los centros de población**; dentro de ellos la regulación corresponde a los programas de desarrollo urbano. Los indicios del expediente apuntan a que el predio se ubica dentro o en el borde inmediato del centro de población: el análisis socioterritorial del Capítulo I registra que Culiacán Rosales **incide** sobre el predio, y el Área de Influencia de 276.19 ha presenta ya un 46.54 % de zona urbana. Aun sin esa consideración, el resultado es el mismo: no existe instrumento expedido cuya frontera de aplicación haya que trazar. La cuestión conservará interés cuando el programa se expida, y por eso se deja asentada.

Tabla 11. Ordenamiento ecológico local del municipio de Culiacán

Elemento	Situación verificada
Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Culiacán	No expedido a la fecha de consulta
Acto que consta en fuente oficial	Convenio de Coordinación para su formulación, publicado en el DOF el 8 de septiembre de 2022
Unidades de gestión ambiental asignadas al predio	Ninguna: el instrumento no las ha delimitado
Instrumento que regula el uso del suelo del predio, en su lugar	Instrumento municipal de desarrollo urbano de Culiacán, analizado en II.3
Instrumento que orienta la política ambiental del territorio, en su lugar	Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, UAB 32 y UAB 12, analizadas en II.2.1

Fuente: Diario Oficial de la Federación, 8 de septiembre de 2022; consulta del 17 de agosto de 2026.

Conclusión. No se actualiza el supuesto de vinculación con un ordenamiento ecológico local: el municipio de Culiacán no ha expedido su Programa de Ordenamiento Ecológico Local, y el convenio publicado en 2022 corresponde a la etapa de formulación. La ausencia de este instrumento no deja el uso del suelo del predio sin regulación —lo regula el instrumento municipal de desarrollo urbano de II.3— ni al territorio sin política ambiental, que la aportan las UAB 32 y 12 del Programa General (II.2.1).

Reconfirmación a la fecha de presentación. La búsqueda del **17 de agosto de 2026** en el Periódico Oficial «El Estado de Sinaloa», en el Diario Oficial de la Federación y en los portales del H. Ayuntamiento de Culiacán y de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales **no localizó Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Culiacán expedido ni publicado**; el único acto que consta en fuente oficial sigue siendo el convenio de coordinación de 2022. No existe, en consecuencia, unidad de gestión ambiental que asignar al predio, y la regulación del uso de su suelo corresponde íntegramente al instrumento municipal de desarrollo urbano que se analiza en II.3.

II.3 Programas y planes de desarrollo urbano

De todas las secciones de este capítulo, ésta es la que un evaluador revisa con mayor detenimiento cuando el proyecto es un desarrollo habitacional, y por una razón que conviene enunciar antes de entrar en materia:

es la sección donde se comprueba que la remoción de 12.5570 ha de vegetación forestal responde a un destino urbano previsto por la planeación del territorio, y no a una decisión aislada del propietario del predio.

La Guía para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental exige la vinculación con la regulación sobre uso del suelo, y el segundo párrafo del artículo 35 de la LGEEPA obliga a la Secretaría a sujetarse, al resolver, a **los programas de desarrollo urbano** además de a los de ordenamiento ecológico. La Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano —publicada en el DOF el 28 de noviembre de 2016, con última reforma publicada el **1 de abril de 2024**, verificada con fecha de consulta 17 de agosto de 2026— reparte las competencias de esta materia y radica en el municipio la formulación, aprobación y administración de la zonificación y de los planes de desarrollo urbano de su territorio, así como la expedición de las autorizaciones, licencias o permisos de uso de suelo, construcción y urbanización.

Los tres niveles de la regulación urbanística sobre este predio.

Nivel	Instrumento	Función respecto del proyecto
Federal	Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano	Fija los principios y el reparto de competencias; no zonifica el predio
Estatal	**Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Sinaloa** (Decreto 365; Periódico Oficial núm. 027, 28 de febrero de 2018; última reforma Periódico Oficial núm. 135, 6 de noviembre de 2024)	Establece el marco al que deben sujetarse los instrumentos municipales; no zonifica el predio
Municipal	**Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Culiacán 2026–2046 (PDUC)**, Decreto Municipal núm. 16, publicado en el Periódico Oficial «El Estado de Sinaloa» el **25 de mayo de 2026**	**Zonifica el predio** y determina qué usos admite en él; es el instrumento que resuelve la compatibilidad

Fuente: Periódico Oficial «El Estado de Sinaloa» y Diario Oficial de la Federación; consulta del 17 de agosto de 2026.

Tres precisiones sobre la tabla, y la primera es la que más importa. El instrumento municipal vigente **no es** el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Culiacán publicado en el Periódico Oficial núm. 131 del 29 de octubre de 2021, sino el **Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Culiacán 2026–2046**, expedido por Decreto Municipal núm. 16 y publicado en el Periódico Oficial del **25 de mayo de 2026**, que lo sustituyó. Este capítulo se vincula contra el instrumento de 2026, que es el aplicable a la fecha de presentación; citar el de 2021 —o, con mayor razón, el **Plan Director de Desarrollo Urbano de Culiacán** publicado el 22 de diciembre de 2010, aplicable durante la década anterior— sería un error que el evaluador detectaría de inmediato, porque la zonificación del predio no es la misma en un instrumento y en otro. La segunda precisión es que existe un **Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Sinaloa**, aprobado por el Consejo Estatal en 2024, cuya publicación en el Periódico Oficial no pudo confirmarse en fuente primaria; por esa razón no se incluye en la tabla como instrumento vigente, y su ausencia no afecta a la vinculación, porque quien zonifica el predio es el instrumento municipal. La tercera es que ese programa estatal no debe confundirse con un ordenamiento ecológico:

pertenece a la familia de la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano y no a la de la LGEEPA, distinción que se desarrolla en II.2.2.

Cómo está organizada la sección. El apartado II.3.1 confronta la zonificación que el instrumento municipal asigna al predio contra la que el proyecto propone sobre él, que es la prueba puntual de compatibilidad. El apartado II.3.2 responde a una pregunta distinta: si el proyecto empuja a la ciudad en la dirección que su modelo de desarrollo declara querer, que es la prueba estratégica, y expone además el razonamiento aplicable si la clave de zonificación resultara restrictiva. El apartado II.3.3 identifica el documento oficial que cierra la cuestión —la constancia municipal de uso de suelo— y precisa qué puntos del capítulo resuelve.

Tabla 12. Programas y planes de desarrollo urbano — estado de la vinculación

Instrumento	Disposición aplicable al proyecto	Congruencia o cumplimiento
Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (DOF 28-nov-2016; última reforma DOF 01-abr-2024)	Principios de política pública en materia de ordenamiento territorial y desarrollo urbano; competencia municipal sobre zonificación, usos del suelo y licencias de urbanización y construcción	El proyecto reconoce la competencia municipal sobre el uso final del suelo y se compromete a obtener las autorizaciones, licencias y dictámenes municipales antes de ejecutar ese uso; su diseño responde a los principios de crecimiento contiguo, mezcla de usos y prevención del riesgo que se demuestran en la Tabla 16 de II.3.2
Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Sinaloa (P.O. núm. 027, 28-feb-2018; última reforma P.O. núm. 135, 6-nov-2024)	Marco estatal al que se sujetan la zonificación municipal y los actos de autorización de fraccionamientos	El proyecto se sujeta al procedimiento estatal y municipal de autorización de fraccionamientos que esta ley articula, y su zonificación interna —vialidad municipal, áreas de donación y áreas verdes— responde a las cesiones que el régimen de fraccionamientos exige (II.3.1)
Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Culiacán 2026–2046 (Decreto Municipal núm. 16; P.O. 25-may-2026)	Zonificación del predio, usos permitidos, condicionados y prohibidos, y coeficientes aplicables	**Compatible**: el instrumento asigna al predio la zona **RTA, Reserva Territorial de Alta Densidad**, sobre el 99.75 % de su superficie, cuyo destino es precisamente el crecimiento urbano habitacional de alta densidad que el proyecto ejecuta (II.3.1)
Constancia o dictamen municipal de uso de suelo	Acreditación oficial de la zonificación y del pronunciamiento sobre el uso pretendido	Acreditada mediante el dictamen de uso de suelo folio **D.US-CZO/116/25**, que autoriza uso habitacional con densidad de hasta 400 habitantes por hectárea; se integra al Anexo II.1 — ver II.3.3

Fuente: Diario Oficial de la Federación (Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano), Periódico Oficial «El Estado de Sinaloa» y apartados II.3.1 a II.3.3 del presente capítulo.

La sección se declara **cerrada en cuanto a la compatibilidad urbanística**, que era la pieza de la que dependía el resto del capítulo. Los instrumentos aplicables están identificados por su denominación oficial y su fecha de publicación; la clave que el instrumento municipal asigna al predio está determinada por el cruce

del polígono contra la capa oficial de zonificación y consta con su superficie en II.3.1; y el dictamen municipal que lo acredita está identificado por su folio. Los apartados siguientes desarrollan cada una de esas piezas y el efecto que tienen sobre el resto del capítulo.

II.3.1 Clasificación y zonificación del predio

La compatibilidad urbanística de un proyecto se demuestra confrontando dos zonificaciones: la que el instrumento municipal asigna al predio y la que el propio proyecto propone sobre él. Este apartado presenta ambas y las confronta.

Zonificación que el instrumento municipal asigna al predio. El cruce del polígono del Área del Proyecto contra la capa oficial de zonificación del **Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Culiacán 2026–2046** —Decreto Municipal núm. 16, Periódico Oficial «El Estado de Sinaloa» del 25 de mayo de 2026— acredita que el predio queda comprendido en su totalidad dentro del instrumento, repartido entre dos claves de zona, con una de ellas absolutamente dominante.

Tabla 13. Zonificación que el instrumento municipal asigna al Área del Proyecto

Clave	Denominación de la zona	Superficie (ha)	% del Área del Proyecto
RTA	**Reserva Territorial de Alta Densidad**	**13.4349**	**99.75**
HCSM	Habitacional, Comercio y Servicios de Media Densidad	0.0021	0.02
—	Desfase cartográfico de borde entre la capa de zonificación y el polígono levantado del predio	0.0319	0.24
Total		**13.4689**	**100.00**

Fuente: cruce del polígono del Área del Proyecto contra la capa oficial de zonificación del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Culiacán 2026–2046 (Decreto Municipal núm. 16, Periódico Oficial «El Estado de Sinaloa», 25 de mayo de 2026), en UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613); memoria del cruce en el Anexo II.2. Consulta del 17 de agosto de 2026.

Dos lecturas de la tabla, y ninguna es accesoria. La primera es que **el 99.75 % del predio tiene clave RTA**: la fracción HCSM, de 0.0021 ha —veintiún metros cuadrados—, es un roce de borde sin consecuencia práctica, y el 0.24 % restante corresponde al desfase entre el trazo de la capa de zonificación municipal y el levantamiento del polígono del predio, no a una superficie sin zonificar. La segunda es que la clave dominante **no es una zona de conservación ni de preservación**, sino una **reserva territorial de alta densidad**: suelo que el propio instrumento municipal identifica y reserva para incorporarse al crecimiento urbano habitacional.

Confrontación del uso pretendido contra el uso zonificado. Ésta es la prueba puntual de compatibilidad, y su resultado es directo.

Tabla 14. Normas técnicas de la zona RTA y modalidad que el proyecto emplea

Modalidad de la zona RTA	Densidad y lote mínimo	COS	CUS	Área libre	Altura máxima	Uso que el proyecto propone
RTA unifamiliar	100 viviendas por hectárea; lote mínimo 96	0.80	2.40	0.20	12 m	Condominio unifamiliar y vivienda

Modalidad de la zona RTA	Densidad y lote mínimo	COS	CUS	Área libre	Altura máxima	Uso que el proyecto propone
	m²; frente mínimo 6 m					unifamiliar de régimen municipal
RTA dúplex	Lote mínimo 160 m²; frente mínimo 10 m	0.80	2.40	0.20	12 m	Vivienda dúplex del régimen condominal
RTA multifamiliar	Lote mínimo 350 m²; frente mínimo 20 m	0.75	3.50	0.25	18 m	Condominio plurifamiliar vertical

Fuente: normas técnicas por clave de zonificación del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Culiacán 2026–2046 (Decreto Municipal núm. 16, Periódico Oficial «El Estado de Sinaloa», 25 de mayo de 2026).

El uso pretendido es el uso zonificado, y esa coincidencia resuelve la compatibilidad. El proyecto es un fraccionamiento habitacional unifamiliar y plurifamiliar en régimen condominal; la zona que el instrumento municipal le asigna sobre el 99.75 % de su superficie es reserva territorial destinada a vivienda de alta densidad, con las tres modalidades —unifamiliar, dúplex y multifamiliar— que el proyecto emplea. No se actualiza, por tanto, el supuesto de un uso condicionado ni el de un uso prohibido: **la compatibilidad urbanística es directa**, y el razonamiento subsidiario de separación de competencias que II.3.2 desarrolla queda como argumento de reserva y no como fundamento de esta vinculación.

Esa compatibilidad es, además, la respuesta a la pregunta que abre II.3 y que un evaluador formula siempre ante un cambio de uso de suelo forestal: **si la remoción de 12.5570 ha de vegetación responde a un destino urbano previsto por la planeación del territorio o a una decisión aislada del propietario**. La clave RTA contesta que el destino urbano del predio estaba previsto por el instrumento municipal vigente antes de que este estudio se presentara, y que el proyecto ejecuta ese destino en lugar de forzarlo.

Acreditación documental. La zonificación queda acreditada ante la autoridad municipal mediante el dictamen de uso de suelo folio **D.US-CZO/116/25**, que autoriza el uso habitacional con densidad de hasta 400 habitantes por hectárea, y que se integra al Anexo II.1 conforme a II.3.3.

Acreditada la zonificación que el instrumento asigna, se expone a continuación la zonificación interna que el proyecto propone, que proviene de su proyecto ejecutivo y consta en la capa de zonificación que sustenta el Capítulo I.

Zonificación que el proyecto propone. La superficie total del Área del Proyecto, **13.4689 ha**, se distribuye entre diez agrupaciones de uso. Las superficies provienen del atributo de superficie de la capa de zonificación del proyecto y las agrupaciones resultan de sumar ese atributo por clase de uso; el porcentaje se obtiene dividiendo la superficie de cada agrupación entre las 13.4689 ha del Área del Proyecto y multiplicando por cien.

Tabla 15. Zonificación propuesta por el proyecto sobre el Área del Proyecto

Agrupación de uso	Clases que la integran	Superficie (ha)	% del Área del Proyecto
Habitacional	Condominio unifamiliar (4.0077), condominio plurifamiliar (0.9798), municipal unifamiliar (0.5843)	5.5718	41.37
Vialidad	Condominal (3.3114), municipal (1.3083)	4.6197	34.30
Talud no apto para vivienda	Talud con restauración comprometida	1.1648	8.65
Área común	Áreas comunes del régimen condominal	0.7888	5.86
Usos mixtos	Superficie de uso habitacional mezclado con comercio y servicios	0.6154	4.57
Área de donación	Superficie de cesión al municipio	0.2054	1.53
Área de restricción pluvial	Superficie reservada al manejo del escurrimiento	0.2007	1.49
Módulo de estacionamiento condominal	Estacionamiento de uso común	0.1803	1.34
Infraestructura	Condominal (0.0364), del organismo operador de agua (0.0285), municipal (0.0088)	0.0737	0.55
Áreas verdes	Común (0.0264), municipal (0.0219)	0.0483	0.36
Total		**13.4689**	**100.00**

Fuente: capa de zonificación del proyecto ejecutivo, superficies del atributo. La suma de los porcentajes individuales difiere de 100.00 en dos centésimas por efecto del redondeo a dos decimales; el total se conserva invariable en 13.4689 ha.

Lectura de la zonificación. Tres rasgos de esta distribución son relevantes para la vinculación urbanística, y ninguno de ellos es accesorio.

El primero es que **el uso habitacional no llega a la mitad de la superficie**: 5.5718 ha, el 41.37 %. La superficie destinada a vialidad —4.6197 ha, el 34.30 %— es casi tan grande, y una parte relevante de ella corresponde a vialidad municipal (1.3083 ha), es decir, a superficie que se incorpora a la red vial pública. Un fraccionamiento en el que la vialidad y las áreas de cesión ocupan más superficie que el suelo vendible es un fraccionamiento estructurado como pieza de ciudad, no como enclave cerrado sobre sí mismo.

El segundo es que **1.6192 ha —el 12.02 %— se destinan a usos que el proyecto se autoimpone como no edificables**: 1.1648 ha de talud no apto para vivienda, 0.2007 ha de restricción pluvial, 0.2054 ha de donación al municipio y 0.0483 ha de áreas verdes (1.1648 + 0.2007 + 0.2054 + 0.0483 = 1.6192 ha; 1.6192 ÷ 13.4689 × 100 = 12.02 %). Esa superficie no es residuo de un trazo: el talud y la restricción pluvial responden

a condiciones físicas del sitio —pendiente y escurrimiento— que el proyecto reconoce y respeta en lugar de forzar, en un predio clasificado con vulnerabilidad **alta** a inundación según la caracterización del Capítulo III. La reserva de esa superficie es la que hace materialmente posible el manejo del escurrimiento que se compromete en II.1.3, inciso e).

El tercero es que **la superficie que se restaura está identificada y no es una promesa genérica**: 1.3311 ha —el 9.88 % del Área del Proyecto— están clasificadas como afectación temporal con restauración comprometida, frente a 12.1378 ha de afectación permanente. De igual modo, la afectación al horizonte orgánico del suelo se acota: 11.5560 ha con despalme y 1.9129 ha sin él. Estas cifras son las que después sostienen, en el Capítulo IV, el balance de suelo y de infiltración.

Correspondencia entre zonificación y cobertura forestal. La superficie forestal sujeta a cambio de uso —12.5570 ha de selva baja caducifolia— no coincide con el Área del Proyecto: la diferencia de 0.9119 ha corresponde a superficie no forestal preexistente, integrada por tres coberturas —superficie desprovista de vegetación (0.4776 ha), camino de terracería (0.3455 ha) y superficie clasificada como cauce (0.0889 ha)— cuyas superficies proceden de la capa de zonificación y difieren del total en una diezmilésima de hectárea por redondeo del atributo, sin afectar la superficie forestal canónica de 12.5570 ha. Esa distinción importa para la vinculación urbanística tanto como para la forestal: el instrumento municipal regula el uso de la totalidad del predio, mientras que la autorización federal de cambio de uso de suelo alcanza únicamente a la fracción forestal. Y sobre la fracción clasificada como cauce, en la que el proyecto prevé usos, la Comisión Nacional del Agua ya se pronunció: **no constituye zona federal**, conforme se documenta en II.1.3, inciso e), de modo que la zonificación de esa superficie no queda sujeta a ajuste por ese motivo.

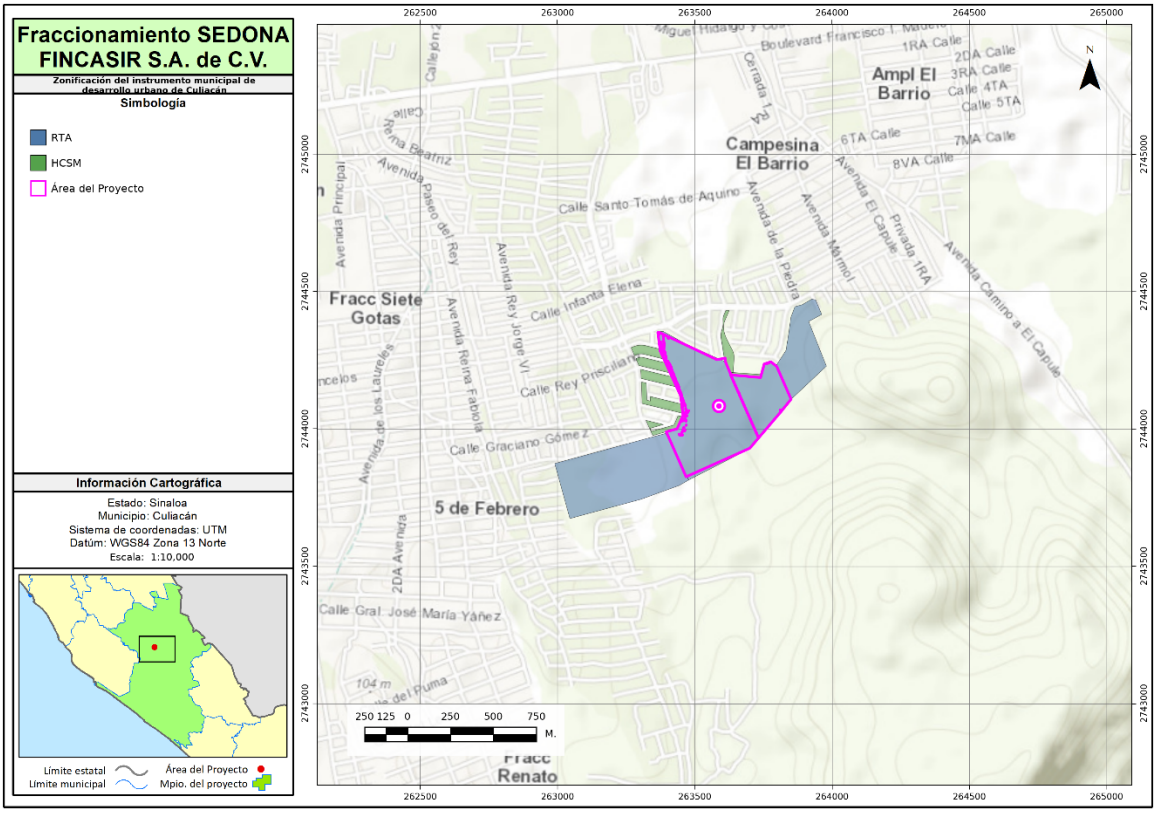


Figura 4. Zonificación del instrumento municipal de desarrollo urbano sobre el predio. Fuente: elaboración propia a partir de la zonificación del instrumento de ordenamiento territorial y desarrollo urbano del municipio de Culiacán y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2.

Lectura de la figura. La clave **RTA, Reserva Territorial de Alta Densidad**, cubre el 99.75 % de la superficie del predio; el resto corresponde a la clave contigua. La lámina muestra que el predio no queda en el borde de la zonificación sino inserto en un continuo de reserva territorial ya clasificada para el crecimiento urbano, lo que sostiene lo que este apartado afirma: el uso habitacional que el proyecto plantea es el que el instrumento municipal previó para este suelo, y no una excepción que hubiera que justificar frente a él. El porcentaje dibujado es el mismo que reportan la prosa y la tabla.

II.3.2 Congruencia estratégica con el modelo de desarrollo urbano

La confrontación de claves de zonificación que se plantea en II.3.1 es la prueba puntual de compatibilidad. Este apartado responde a una pregunta distinta y más amplia, que es la que un instrumento de planeación urbana formula: **si el proyecto empuja a la ciudad en la dirección que su propio modelo de desarrollo declara querer, o en la contraria**. Un proyecto puede ser compatible con la clave de su zona y aun así ser regresivo respecto del modelo; y puede ser estratégicamente congruente aunque su clave exija tramitar un cambio de uso. Ambas cosas se demuestran por separado.

El criterio con que se juzga la congruencia. No lo fija este estudio: lo fija el artículo 23 de la LGEEPA, analizado en II.1.1, que ordena a la planeación del desarrollo urbano y de la vivienda evitar la suburbanización extensiva y los esquemas segregados o unifuncionales, fomentar la mezcla de usos, evitar la afectación de áreas con alto valor ambiental y manejar prioritariamente áreas de conservación ecológica en torno a los asentamientos. La Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano —publicada en el DOF el 28 de noviembre de 2016, con última reforma publicada el **1 de abril de 2024**, verificada con fecha de consulta 17 de agosto de 2026— recoge los mismos principios y los formula como directrices que los instrumentos de planeación de los tres órdenes de gobierno deben observar. Contra esos criterios se confronta el proyecto a continuación.

Tabla 16. Congruencia del proyecto con los criterios del modelo de desarrollo urbano

Criterio del modelo de desarrollo urbano	Cómo responde el proyecto	Dato que lo sustenta
Crecimiento en continuidad con la ciudad existente, en lugar de suburbanización extensiva	El predio se localiza en contigüidad con la mancha urbana de Culiacán Rosales, con la que el análisis socioterritorial registra incidencia; no constituye una implantación aislada que obligue a extender redes de infraestructura sobre territorio abierto	Capítulo III, componente socioeconómico: el centro de población más cercano incide sobre el predio; el Área de Influencia ya presenta 46.54 % de zona urbana
Aprovechamiento de infraestructura y servicios existentes	La zonificación reserva 0.0285 ha para infraestructura del organismo operador municipal de agua potable y alcantarillado y 1.3083 ha de vialidad municipal que se incorporan a la red pública	II.3.1, Tabla 15
Mezcla de usos y no unifuncionalidad	El uso habitacional ocupa 5.5718 ha —41.37 % del Área del Proyecto—; el	II.3.1, Tabla 15

Criterio del modelo de desarrollo urbano	Cómo responde el proyecto	Dato que lo sustenta
	proyecto incorpora además 0.6154 ha de usos mixtos, 0.2054 ha de donación al municipio, 0.1803 ha de estacionamiento común y áreas verdes y comunes	
Evitar la afectación de áreas con alto valor ambiental	La superficie a intervenir es forestal —12.5570 ha de selva baja caducifolia— y el proyecto lo reconoce sin atenuarlo; se trata, sin embargo, de un rodal inserto en un entorno de fuerte presión urbana y agropecuaria, no de un macizo continuo en buen estado de conservación	Capítulo III: el Área de Influencia registra 46.54 % de zona urbana frente a 46.55 % de selva baja caducifolia; el 53.31 % de la superficie del área sujeta a cambio de uso presenta degradación de suelo
Áreas de conservación ecológica en torno al asentamiento	1.6192 ha —12.02 % del Área del Proyecto— se reservan como no edificables: talud no apto para vivienda, restricción pluvial, donación y áreas verdes; de ellas, 1.3311 ha se clasifican como afectación temporal con restauración comprometida	II.3.1, Tabla 15
Prevención del riesgo en la determinación de los usos del suelo	El sitio se clasifica con vulnerabilidad alta a inundación y grado alto de riesgo por ciclones tropicales; el proyecto reserva 0.2007 ha de restricción pluvial y 1.1648 ha de talud excluidas de vivienda, y compromete la recuperación de 19,325 m³ de infiltración in situ acumulada	Capítulos III y IV

Fuente: criterios del artículo 23 de la LGEEPA y principios de la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (Diario Oficial de la Federación, consulta del 17 de agosto de 2026); superficies de la capa de zonificación del proyecto; caracterización socioterritorial y de riesgos del Capítulo III.

Lectura de la tabla. El proyecto no se presenta como una intervención sin costo ambiental, porque no lo es: remueve 12.5570 ha de cobertura forestal y libera 307.4653 tCO_2e de acervo de carbono. Lo que la tabla demuestra es que ese costo se asume en la modalidad que el modelo de desarrollo urbano prefiere —crecimiento contiguo, con mezcla de usos, aprovechando infraestructura existente y reservando suelo no edificable donde el sitio lo exige— y no en la que ese modelo censura, que es la ocupación dispersa de territorio abierto con conjuntos unifuncionales que multiplican la superficie afectada por vivienda producida. La demanda de suelo habitacional de Culiacán existe y se satisface en algún sitio: el juicio pertinente no es entre este proyecto y la ausencia de proyecto, sino entre esta forma de crecer y la alternativa dispersa, que para el mismo número de viviendas afectaría más superficie y exigiría más infraestructura.

Sobre la clave de zonificación: resuelta, y un razonamiento de reserva que aquí no hace falta emplear. La determinación está hecha y consta en II.3.1: el instrumento municipal vigente —el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Culiacán 2026–2046— asigna al predio la zona **RTA, Reserva Territorial de Alta Densidad**, sobre el 99.75 % de su superficie, y el uso habitacional pretendido es exactamente el que esa zona destina. **La compatibilidad es directa** y por esa vía se cierra la prueba puntual. Se conserva, no

obstante, el razonamiento siguiente, porque delimita el alcance del acto que la Secretaría emitirá y porque el reparto de competencias subsiste con independencia de que la clave resulte compatible.

La autorización que la Secretaría emite en materia de impacto ambiental y de cambio de uso de suelo en terrenos forestales **no autoriza el uso final** del predio: se pronuncia sobre la procedencia ambiental de remover la vegetación forestal, bajo condiciones de mitigación, compensación y seguimiento. La compatibilidad urbanística del uso habitacional, en cambio, corresponde al Ayuntamiento, que conserva íntegras sus atribuciones para formular y administrar la zonificación y para expedir las licencias de urbanización y construcción. Son dos actos, de dos órdenes de gobierno, con dos objetos distintos, tal como reconoce el propio artículo 27 constitucional analizado en II.6.1 y como confirma el sistema de la LGEEPA, cuya autorización federal en materia ambiental no obliga a las autoridades locales a expedir los permisos que a ellas corresponden.

De ahí se seguiría que una eventual restricción en la zonificación municipal incidiría sobre las autorizaciones urbanísticas posteriores —que el promovente debe obtener antes de ejecutar el uso final— sin constituir por sí sola causal de improcedencia del acto federal, ni transferir al Ayuntamiento la competencia para resolver sobre la remoción de vegetación forestal. La resolución federal puede válidamente limitarse a su ámbito sectorial, dejando expresamente a salvo las autorizaciones, dictámenes y licencias municipales y estatales que resulten aplicables; y su otorgamiento no genera por sí mismo derecho adquirido alguno para urbanizar o construir un uso que el instrumento municipal no admita. Planteado así, el asunto no es un conflicto entre órdenes de gobierno sino un supuesto ordinario de coordinación intergubernamental.

Esta línea de razonamiento tiene un límite que conviene explicitar: **defiende la separación de competencias, no suple un balance ambiental deficiente**. Su eficacia depende de que la viabilidad ambiental del proyecto esté sólidamente acreditada en los Capítulos III y IV —biodiversidad, suelo, agua y carbono—, que es donde este estudio concentra su demostración.

Cómo se cierra esta subsección. Por **compatibilidad directa**, y no por compatibilidad condicionada ni por el razonamiento subsidiario de separación de competencias. El instrumento municipal destina el predio a reserva territorial de alta densidad y el proyecto ejecuta precisamente ese destino (II.3.1); la congruencia estratégica con el modelo de desarrollo urbano queda acreditada, criterio por criterio y con su dato, en la Tabla 16. Las dos pruebas que II.3 anunciaba —la puntual y la estratégica— se resuelven así en el mismo sentido, que es la situación más favorable que un proyecto de esta naturaleza puede presentar ante la autoridad: el uso que solicita no sólo cabe en la clave de su zona, sino que empuja a la ciudad en la dirección que su propio instrumento de planeación declara querer.

II.3.3 Constancia municipal de uso de suelo

La constancia o dictamen municipal de uso de suelo es el documento con el que la autoridad competente en materia urbanística —el Ayuntamiento de Culiacán— hace constar qué zonificación corresponde al predio y qué usos resultan permitidos, condicionados o prohibidos en ella. Su valor en este expediente es probatorio: convierte en dato oficial lo que de otro modo sería una lectura del promovente sobre el plano del instrumento de desarrollo urbano.

Por qué se integra al expediente aunque no condicione la resolución federal. La Secretaría, al resolver en materia de impacto ambiental, debe sujetarse —entre otros ordenamientos— a los programas de desarrollo urbano, por mandato del segundo párrafo del artículo 35 de la LGEEPA (II.1.1). La constancia municipal es el medio idóneo para que la autoridad federal conozca la determinación urbanística sin tener

que deducirla, y es también el documento que acredita ante ella que el promovente no está omitiendo la vía municipal. Ahora bien, su integración no altera el reparto de competencias que se expone en II.3.2: la resolución federal se pronuncia sobre la procedencia ambiental de remover la vegetación forestal, y la autorización municipal sobre la viabilidad urbanística del uso final. Ambas son necesarias para ejecutar el proyecto, y ninguna sustituye a la otra.

Documento que acredita la zonificación. El H. Ayuntamiento de Culiacán expidió el **dictamen de uso de suelo folio D.US-CZO/116/25**, que identifica el predio, reconoce la zonificación que le corresponde en el instrumento de desarrollo urbano vigente y autoriza el **uso habitacional con densidad de hasta 400 habitantes por hectárea**. Ese documento es el que convierte en dato oficial la clave de zonificación que II.3.1 confronta, y se integra al **Anexo II.1**.

La densidad autorizada merece una lectura, porque es un límite y no una meta: el proyecto desarrolla 707 viviendas sobre las 13.4689 ha del Área del Proyecto, de las cuales 5.5718 ha son de uso habitacional, y no agota el techo normativo que el dictamen le concede. El margen entre lo autorizado y lo proyectado es relevante para la evaluación ambiental porque significa que la superficie que el proyecto interviene no está determinada por el máximo que el municipio permite, sino por el partido de diseño que reserva 1.6192 ha como no edificables y 1.3311 ha con restauración comprometida (II.3.1).

Efecto del dictamen sobre el resto del capítulo.

Punto del capítulo	Apartado	Qué resuelve el dictamen
Clave de zonificación y usos permitidos en el predio	II.3.1	Acredita oficialmente la zonificación que el cruce cartográfico determinó —clave **RTA, Reserva Territorial de Alta Densidad**, sobre el 99.75 % de la superficie— y el uso habitacional que admite
Compatibilidad del uso habitacional pretendido	II.3.2	Cierra la vinculación por **compatibilidad directa**: el uso autorizado por el dictamen es el uso que el proyecto ejecuta, sin necesidad de acudir al razonamiento subsidiario de separación de competencias
Restricciones y condicionantes urbanísticas —densidad, coeficientes, alturas y áreas de cesión—	II.3.1 y II.3.2	Fija la densidad máxima aplicable y permite verificar que la zonificación propuesta por el proyecto se mantiene dentro de ella y de los coeficientes de la zona

Fuente: dictamen de uso de suelo folio D.US-CZO/116/25, expedido por la autoridad municipal competente del H. Ayuntamiento de Culiacán (Anexo II.1); apartados II.3.1 y II.3.2 del presente capítulo.

Documentación complementaria del anexo. El **Anexo II.1** integra, junto con el dictamen de uso de suelo folio **D.US-CZO/116/25**, la documentación que acredita la propiedad del predio —escrituras públicas inscritas en el Registro Público de la Propiedad— y las factibilidades de servicio emitidas por los organismos operadores: el **oficio G.P.P.574/2025** de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán, en materia de agua potable y alcantarillado, y el **oficio FACT-035/2025** de la Comisión Federal de Electricidad, en materia de energía eléctrica. Ese soporte documental es el que respalda la afirmación de conexión a red municipal en que se apoyan II.1.3, inciso e), y la vinculación de la NOM-002-SEMARNAT-1996 en II.5.

Con el dictamen de uso de suelo integrado, **la vinculación urbanística del capítulo queda acreditada y no pendiente de cierre**: la clave está determinada, el uso pretendido coincide con el uso zonificado y la autoridad competente lo hizo constar. Lo que resta es respaldo documental complementario del anexo, no una determinación abierta.

II.4 Áreas Naturales Protegidas y otras áreas de relevancia

Esta sección responde a un mandato expreso: el segundo párrafo del artículo 35 de la LGEEPA obliga a la Secretaría a sujetarse, al resolver, a **las declaratorias de áreas naturales protegidas**; y el artículo 28, fracción XI, de la propia Ley sujeta a autorización previa las obras y actividades en áreas naturales protegidas de competencia federal, supuesto distinto y adicional al que aquí se actualiza. Determinar si el predio incide o no en un área protegida no es, por tanto, un dato de contexto: define qué régimen jurídico le resulta aplicable y si se actualiza una hipótesis competencial adicional.

Dos naturalezas jurídicas distintas que no deben confundirse. La sección agrupa instrumentos que pesan de manera muy diferente ante el evaluador, y el estudio los trata en consecuencia.

Las **áreas naturales protegidas** —federales, estatales o municipales— y las áreas destinadas voluntariamente a la conservación son **restricciones jurídicas**: nacen de un decreto o de una certificación, su régimen de usos permitidos y prohibidos consta en el instrumento que las crea y en su programa de manejo, y su incumplimiento tiene consecuencia sancionatoria. Si el predio incidiera en una de ellas, la vinculación tendría que hacerse subzona por subzona contra las reglas administrativas del programa de manejo. Se desarrollan en II.4.1 y, en su caso, en II.4.2.

Las **áreas de relevancia para la conservación identificadas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad** —Regiones Terrestres Prioritarias, Regiones Hidrológicas Prioritarias, Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves, Sitios Prioritarios de Conservación y de Restauración— son **referentes técnicos de planeación**, no restricciones jurídicas. No prohíben el proyecto ni condicionan su autorización. Su utilidad, cuando el predio incide en alguna, es distinta y concreta: la ficha oficial de esa región identifica la problemática ambiental que la Comisión reconoce para ese territorio, y esa problemática es la que orienta las medidas del proyecto, para acreditar que su ejecución no incrementa las presiones ya identificadas. Se desarrollan en II.4.2 cuando el predio incide y en II.4.3 cuando no.

Regla que gobierna esta sección: la cercanía no aplica normas ajenas. Que un área de relevancia se localice a pocos kilómetros del predio no traslada al proyecto el régimen de esa área ni activa las prohibiciones que la protegen. La constancia de no incidencia se documenta con su distancia y su dirección precisamente para cerrar esa cuestión con un dato, no para insinuar una obligación que no existe. Por la misma razón, este capítulo no invoca normas de protección de ecosistemas ausentes del predio: la conclusión de II.1.3, inciso b), sobre la no aplicación del artículo 60 TER de la Ley General de Vida Silvestre se sostiene en que no hay manglar en el sitio, no en la distancia a la que se encuentra el manglar más próximo.

Resultado de la verificación, adelantado, y conviene leerlo con la distinción anterior en la mano. El predio **no incide en ninguna restricción jurídica** y **sí incide en dos referentes técnicos de planeación**. Ni el Área del Proyecto ni el Área de Influencia inciden en área natural protegida alguna —federal, estatal, municipal, ejidal, comunitaria o privada—: no existe área federal en el municipio de Culiacán y la más próxima, el Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California, queda a 38,008.4 metros al Suroeste, mientras que la única área municipal del municipio, la «Isla de Oraba», de 4 hectáreas, queda a 6,414.8 metros al Oeste-noroeste (II.4.1). En cambio, el predio **sí incide** en dos figuras de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad: queda **íntegramente comprendido** —13.4689 ha, el 100 %— dentro de un **Sitio Prioritario para la Restauración** de prioridad extrema, y dentro de una celda de alta conectividad de la capa de **corredores bioclimáticos** (II.4.2). Ninguna de las dos prohíbe el proyecto ni condiciona su autorización, y ambas se declaran con su superficie porque una incidencia real omitida es lo primero que un evaluador detecta. El predio queda además fuera de toda Región Terrestre Prioritaria, Región

Hidrológica Prioritaria, Región Marina Prioritaria, Área de Importancia para la Conservación de las Aves, sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad, sitio de atención prioritaria para la conservación y sitio Ramsar —éste último, «Ensenada de Pabellones», a 35,162.9 metros al Suroeste—, con la figura más próxima de todas a 4,034.6 metros (II.4.3). Una sola determinación queda abierta y se identifica en su apartado: la distancia a la Reserva Estatal Sierra de Tacuichamona, cuyo polígono oficial no se localizó.

Que el predio caiga en un sitio prioritario para la restauración no es un hallazgo adverso, y conviene decir por qué desde aquí. Estas figuras no señalan territorios íntegros que deban conservarse, sino territorios **deteriorados en los que restaurar rendiría el mayor beneficio de biodiversidad**; un sitio alcanza la prioridad extrema por combinar valor ecológico con deterioro acreditado. El cruce lo confirma por partida doble: el predio incide en la capa de **restauración** y no incide en la de **conservación** de la biodiversidad. La cartografía federal clasifica este territorio como el que hay que reparar, y coincide en ello con la política de restauración que el ordenamiento ecológico general asigna a la unidad donde recae la mayor parte del predio (II.2.1) y con el 53.31 % de degradación de suelo que documenta el Capítulo III. El desarrollo del punto, con los compromisos de restauración que el proyecto opone a ese diagnóstico, corresponde a II.4.2.

Cómo se obtuvieron esas superficies y esas distancias. Por cruce de los **polígonos** del Área del Proyecto y del Área de Influencia contra las capas oficiales de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, en UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613), en la consulta del **17 de agosto de 2026**. Las superficies de incidencia proceden de la intersección geométrica; las distancias se miden de borde a borde, no de centroide a centroide; y el rumbo se expresa con el nombre completo. Este método sustituye a la determinación preliminar del estudio, hecha desde las coordenadas de referencia del predio, que —por tratarse de un punto y no de un polígono— no había detectado las dos incidencias que aquí se declaran. La memoria del cruce y los recortes cartográficos por tema se integran al Anexo II.2.

Figura II.3. Incidencia territorial del proyecto respecto de las áreas naturales protegidas, las áreas de relevancia para la conservación y las unidades del ordenamiento ecológico

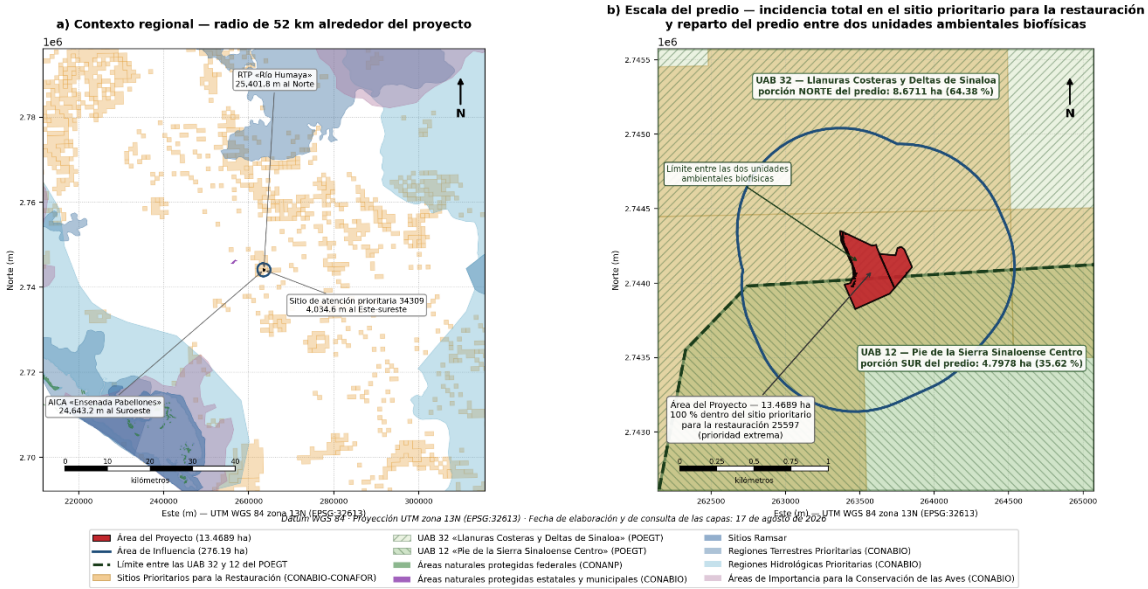


Figura 5. Incidencia territorial del proyecto respecto de las áreas naturales protegidas, las áreas de relevancia para la conservación y las unidades del ordenamiento ecológico. Fuente: elaboración propia a partir de las capas oficiales de Áreas Naturales Protegidas Federales (CONANP, edición 2025), Áreas Naturales Protegidas Estatales, Municipales, Ejidales, Comunitarias y Privadas (CONABIO, edición 2025), Sitios Prioritarios para la Restauración (CONABIO y CONAFOR), Regiones Terrestres y Regiones Hidrológicas Prioritarias y Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (CONABIO), Unidades Ambientales Biofísicas del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (SEMARNAT, Diario Oficial de la Federación, 7 de septiembre de 2012) y sitios Ramsar (Convención de Ramsar), y de los polígonos del Área del Proyecto y del Área de Influencia. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. La figura se reproduce en el Anexo II.2.

Lectura de la figura. Los dos paneles resuelven escalas distintas y juntos muestran el resultado que esta sección declara. El de la izquierda, a escala regional, sitúa al proyecto frente a las figuras de conservación del entorno: todas se agrupan hacia el suroeste, sobre el sistema lagunar costero de la Ensenada del Pabellón, y ninguna alcanza al polígono —la más próxima de ellas queda a poco más de cuatro kilómetros y las regionales a más de veinticuatro—. El de la derecha, a escala del predio, muestra las dos incidencias: el Área del Proyecto y el Área de Influencia quedan enteramente dentro del sitio prioritario para la restauración de prioridad extrema, y la línea que separa las dos unidades ambientales biofísicas del ordenamiento ecológico general atraviesa el propio polígono, que es el hecho descrito en II.2.1. Las afirmaciones centrales del apartado —no incidencia en restricciones jurídicas, incidencia total en la figura de restauración y reparto del predio entre dos unidades de ordenamiento— se leen así en una sola lámina, con los mismos valores que reportan la prosa y las tablas.

II.4.1 Áreas Naturales Protegidas (federales, estatales y municipales)

Las áreas naturales protegidas son zonas del territorio sobre las que la Federación, las entidades federativas o los municipios ejercen su jurisdicción, sujetas a un régimen especial de protección conforme a la LGEEPA, a su Reglamento en materia de Áreas Naturales Protegidas —publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 2000, con última reforma publicada el 21 de mayo de 2014— y al decreto y al programa de manejo de cada una.

Por qué la determinación de incidencia es decisiva y no accesoria. Si el predio incidiera en un área natural protegida de competencia federal se actualizaría un supuesto adicional al que motiva este estudio: la fracción XI del artículo 28 de la LGEEPA y el inciso S) del artículo 5 de su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental. La vinculación tendría entonces que hacerse subzona por subzona contra las reglas administrativas del programa de manejo, y la propia procedencia del cambio de uso de suelo quedaría sujeta a ese régimen.

Cómo se hizo la determinación. Por cruce del **polígono** del Área del Proyecto y del **polígono** del Área de Influencia contra las capas oficiales de áreas naturales protegidas federales de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y de áreas naturales protegidas estatales, municipales, ejidales, comunitarias y privadas de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad —edición 2025, cotejada por la propia institución contra los decretos oficiales de creación y modificación—, en UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613), con fecha de consulta del **17 de agosto de 2026**. Las distancias se miden de borde a borde y el rumbo se expresa con el nombre completo. Sustituyen a la determinación preliminar del estudio, hecha desde las coordenadas de referencia del predio.

Áreas naturales protegidas federales: no existe ninguna en el municipio, y la más próxima queda a decenas de kilómetros. El cruce acredita que **ni el Área del Proyecto ni el Área de Influencia inciden en**

área natural protegida federal alguna, y que **el municipio de Culiacán no contiene ninguna**. De las seis áreas federales cuyo decreto comprende total o parcialmente al estado de Sinaloa, ninguna alcanza al predio.

Tabla 17. Áreas naturales protegidas federales más próximas al predio

Área natural protegida	Categoría	Superficie (ha)	Decreto y última publicación en el DOF	Distancia desde el Área del Proyecto	Rumbo	Incidencia
Islas del Golfo de California	Área de protección de flora y fauna	374,553.63	Decreto de 2 de agosto de 1978; DOF 7 de junio de 2000; programa de manejo DOF 17 de abril de 2001	38,008.4 m (38.01 km)	Suroeste	**No incide**
Playa Ceuta	Santuario	503.09	Decreto de 29 de octubre de 1986; DOF 24 de diciembre de 2022	77,351.2 m (77.35 km)	Sur	**No incide**
Cerro Mohinora (Chihuahua)	Área de protección de flora y fauna	9,126.36	DOF 10 de julio de 2015; programa de manejo DOF 22 de mayo de 2017	130,681.7 m (130.68 km)	Norte-noreste	**No incide**
Meseta de Cacaxtla	Área de protección de flora y fauna	50,862.31	Decreto de 27 de noviembre de 2000; programa de manejo DOF 29 de octubre de 2015	132,550.2 m (132.55 km)	Sur-sureste	**No incide**
Playa El Verde Camacho	Santuario	128.48	DOF 29 de diciembre de 2023	162,643.2 m (162.64 km)	Sur-sureste	**No incide**

Fuente: capa oficial de Áreas Naturales Protegidas Federales de México, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (edición 2025), y decretos publicados en el Diario Oficial de la Federación; consulta del 17 de agosto de 2026. Distancias de borde a borde desde el polígono del Área del Proyecto en UTM WGS 84 zona 13N; memoria del cruce en el Anexo II.2. Desde el Área de Influencia, la más próxima queda a 37,319.1 metros.

La lectura de la tabla es inequívoca en lo que importa. La distancia más corta —**38,008.4 metros** al Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California— es dos órdenes de magnitud mayor que la dimensión del predio, cuyo lado máximo no alcanza los 500 metros. Ninguna franja de amortiguamiento, zona de influencia o subzona de esa área puede alcanzar al polígono. En consecuencia, **no se actualiza el supuesto de la fracción XI del artículo 28 de la LGEEPA ni el del inciso S) del artículo 5 de su Reglamento**, y el trámite se sustenta exclusivamente en el supuesto de cambio de uso del suelo en área forestal analizado en II.1.1 y II.1.2.

Áreas naturales protegidas estatales y municipales: el registro oficial contiene ocho en Sinaloa, y una sola en el municipio de Culiacán. El cruce contra la capa oficial de áreas naturales protegidas estatales, municipales, ejidales, comunitarias y privadas —edición 2025, elaborada a partir de los portales de los gobiernos estatales y cotejada contra los decretos de creación y modificación de cada área— acredita que **ni el Área del Proyecto ni el Área de Influencia inciden en ninguna de ellas**. El registro contiene ocho áreas en el estado, y la única que se localiza en el municipio de Culiacán es la **«Isla de Oraba»**.

Tabla 18. Áreas naturales protegidas estatales y municipales más próximas al predio

Área natural protegida	Tipo y categoría del decreto	Municipio	Superficie (ha)	Publicación del decreto	Distancia desde el Área del Proyecto	Rumbo	Incidencia
Isla de Oraba	Municipal — Parque Urbano de Preservación Ecológica de Centro Poblado	**Culiacán**	4.0000	Periódico Oficial «El Estado de Sinaloa» núm. 066, 2 de junio de 2004	6,414.8 m (6.41 km)	Oeste-noroeste	**No incide**
Vado Hondo y Gruta Cosalá	Municipal — Zona de Preservación Ecológica de los Centros de Población	Cosalá	3,842.4967	Decreto de 20 de octubre de 2004	65,172.3 m (65.17 km)	Sureste	**No incide**
Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria	Estatal — Zona Sujeta a Conservación Ecológica	Cosalá	1,256.01	Decreto de 27 de marzo de 2002	83,497.7 m (83.50 km)	Este-sureste	**No incide**
Surutato	Municipal — Zona de Preservación Ecológica de Centro de Población	Badiraguato	31,242.1654	Decreto de 16 de junio de 2004	99,852.7 m (99.85 km)	Norte	**No incide**
Navachiste	Estatal — Zona Sujeta a Conservación Ecológica	Ahome y Guasave	17,055.7726	Decreto de 4 de junio de 2004	160,929.6 m (160.93 km)	Oeste-noroeste	**No incide**

Fuente: capa oficial de Áreas Naturales Protegidas Estatales, Municipales, Ejidales, Comunitarias y Privadas de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (edición 2025), y decretos publicados en el Periódico Oficial «El Estado de Sinaloa». Distancias de borde a borde desde el polígono del Área del Proyecto en UTM WGS 84 zona 13N; memoria del cruce en el Anexo II.2. Consulta del 17 de agosto de 2026. Se omiten de la tabla las tres áreas restantes del estado —El Palmito, Islas del municipio de Mazatlán y La Cueva del Murciélago del Ejido Topo Viejo—, todas ellas a más de 190 kilómetros.

La única área municipal de Culiacán queda a 6,414.8 metros y su naturaleza refuerza la conclusión. La «Isla de Oraba» es un parque urbano de preservación ecológica de 4 hectáreas dentro del centro de población, no un área de gran extensión con zona de influencia: su decreto la circunscribe a su propio polígono. A 6,414.8 metros al Oeste-noroeste del predio, y con esa superficie, no existe supuesto por el cual pueda alcanzarlo. Con este dato queda resuelta la relación de áreas naturales protegidas municipales del municipio de Culiacán, que el estudio no había podido confirmar en fuente oficial: el registro nacional consigna una, con su categoría, su superficie y la publicación de su decreto.

Áreas destinadas voluntariamente a la conservación. El registro consultado no consigna área destinada voluntariamente a la conservación alguna en el estado de Sinaloa, y por tanto ninguna en el municipio de Culiacán. Ese registro es el de la cartografía oficial de áreas protegidas no federales; la certificación de las áreas destinadas voluntariamente a la conservación corresponde a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y se lleva en un listado propio, cuyo examen directo no pudo completarse en la consulta. Como el predio no incide en ninguna de las áreas de las dos capas oficiales cruzadas, y como una certificación de esa naturaleza recae necesariamente sobre un predio de tercero y no sobre el del promovente, la cuestión no

afecta a la conclusión de este apartado; se deja declarada por exactitud del método y no porque penda de ella una determinación.

La Reserva Estatal Sierra de Tacuichamona: su declaratoria y el alcance de la verificación. La **Reserva Estatal Sierra de Tacuichamona** es la primera área natural protegida de competencia estatal de Sinaloa. Su decreto, firmado el **13 de octubre de 2020**, se publicó en el **Periódico Oficial «El Estado de Sinaloa» núm. 125, del viernes 16 de octubre de 2020**, y declara el área con categoría de Reserva Estatal y superficie de **44,675-99-73.392 ha**, comprendida en los municipios de **Culiacán, Elota y Cosalá**. Su **Programa de Manejo** se publicó en el Periódico Oficial núm. 108, del **7 de septiembre de 2022**, con plano de localización y subzonificación.

Un hecho debe asentarse con precisión: **la reserva no figura en la capa oficial de áreas naturales protegidas estatales y municipales edición 2025**, que sí registra las otras ocho áreas del estado con su decreto. Esa ausencia es de la cartografía y no del acto —el decreto está publicado y el área es exigible—, y es la razón de que su distancia al predio no se haya medido con el cruce que este apartado aplica a las demás. La delimitación consta en el propio decreto, en el mapa limítrofe a escala 1:50,000 del estudio justificativo de diciembre de 2017 y en el plano de subzonificación del Programa de Manejo.

La ubicación del predio, en el borde de la ciudad de Culiacán Rosales, y la de la sierra de Tacuichamona, en la porción serrana del sur del municipio y compartida con Elota y Cosalá, hacen improbable la incidencia; pero improbable no es lo mismo que verificado, y este estudio no declara una no incidencia que no ha medido.

Conclusión. El proyecto no incide en área natural protegida alguna, federal, estatal, municipal, ejidal, comunitaria ni privada, y la constancia se emite con el cruce de los polígonos del Área del Proyecto y del Área de Influencia contra las dos capas oficiales de la materia. El municipio de Culiacán no contiene área federal alguna y la más próxima se localiza a 38,008.4 metros al Suroeste; contiene una sola área municipal, la «Isla de Oraba», de 4 hectáreas, a 6,414.8 metros al Oeste-noroeste. En consecuencia, no se actualizan los supuestos de la fracción XI del artículo 28 de la LGEEPA ni del inciso S) del artículo 5 de su Reglamento, y el trámite se sustenta exclusivamente en el supuesto de cambio de uso del suelo en terreno forestal analizado en II.1.1 y II.1.2. Queda abierta una sola verificación, la de la Reserva Estatal Sierra de Tacuichamona, cuya no incidencia se presume por la ubicación del predio pero **no se declara acreditada** hasta que se integre el polígono oficial que este apartado solicita.

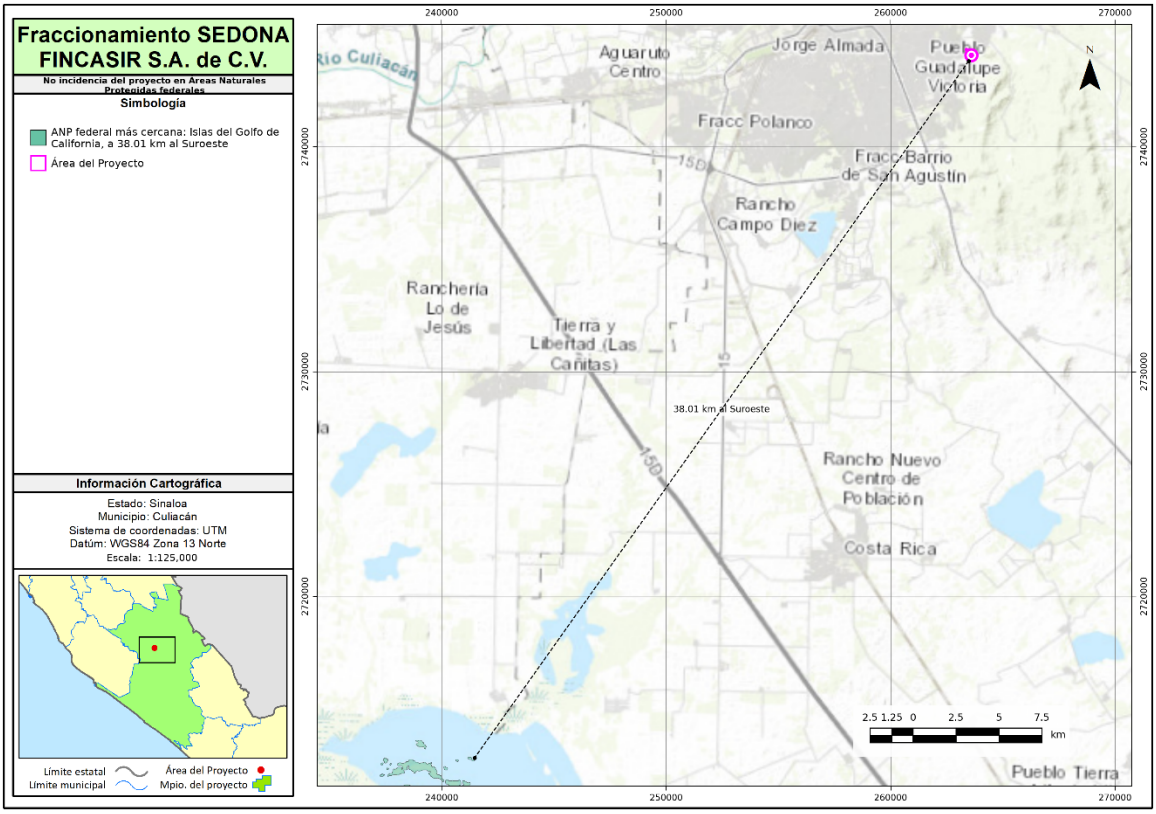


Figura 6. No incidencia del proyecto en Áreas Naturales Protegidas federales. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Áreas Naturales Protegidas Federales de México (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, edición 2025) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2.

Lectura de la figura. El área natural protegida federal más próxima es **Islas del Golfo de California**, a **38.01 km al Suroeste**, sobre el sistema insular del litoral. La lámina dibuja el rasgo y la línea que lo une con el predio, de modo que la no incidencia queda demostrada y no sólo afirmada: entre ambos media el valle agrícola de Culiacán en su totalidad. Ninguna otra área federal aparece en el encuadre, que abarca la ventana regional completa alrededor del proyecto.

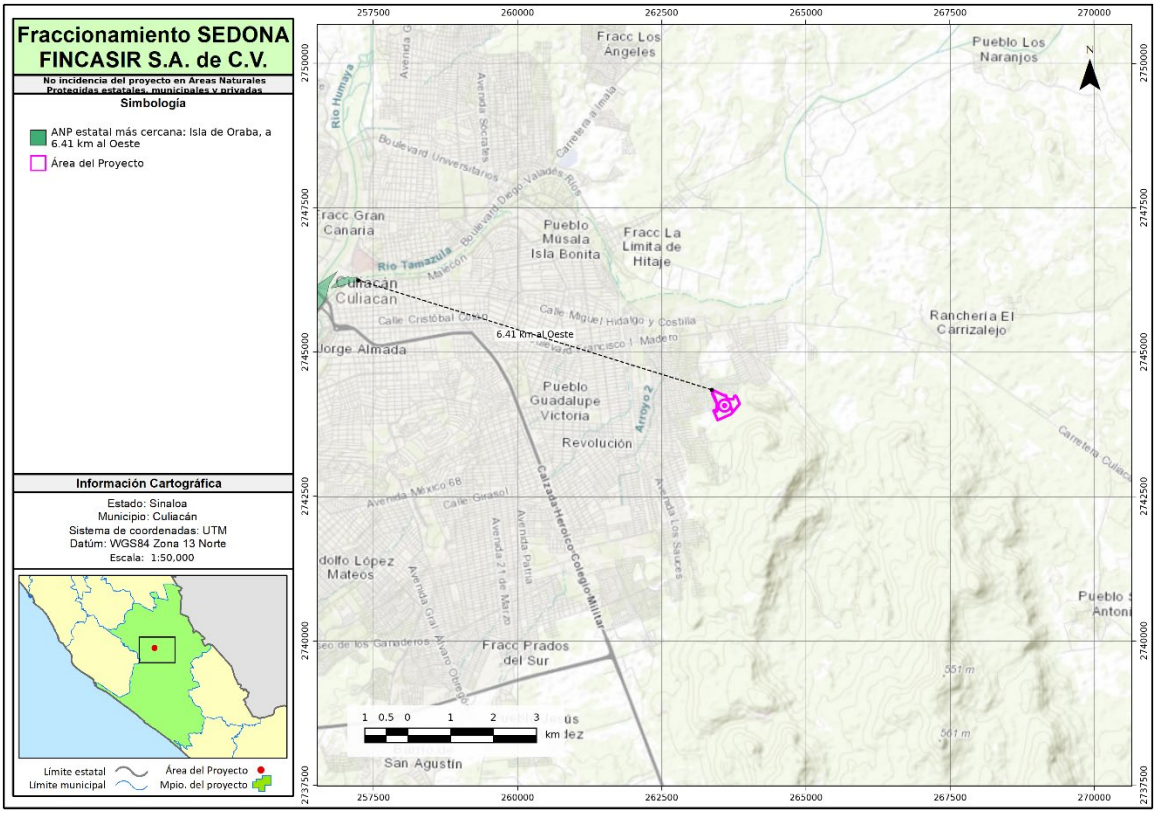


Figura 7. No incidencia del proyecto en Áreas Naturales Protegidas estatales, municipales y privadas. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Áreas Naturales Protegidas Estatales, Municipales, Ejidales, Comunitarias y Privadas de México (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, edición 2025) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2.

Lectura de la figura. El área protegida no federal más próxima es **Isla de Oraba**, a **6.41 km al Oeste**. Es la distancia más corta de todo el apartado y por eso merece leerse con cuidado: aun siendo la más cercana, el rasgo queda fuera del Área del Proyecto y fuera del Área de Influencia, y entre uno y otro se interpone el cauce del río Culiacán. La lámina lo enseña a la escala en que esa separación es verificable, que es lo que exige declarar una no incidencia a esta distancia.

II.4.2 Otras áreas de relevancia para la conservación (CONABIO) en las que el proyecto incide

Resultado: el proyecto incide en dos de las doce figuras examinadas, y ninguna de las dos es una restricción jurídica. El cruce del polígono del Área del Proyecto y del Área de Influencia contra las capas oficiales de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, hecho el **17 de agosto de 2026** en UTM WGS 84 zona 13N, arroja incidencia en los **Sitios Prioritarios para la Restauración** y en los **corredores bioclimáticos para la conservación de la biodiversidad**. En las diez figuras restantes — Regiones Terrestres Prioritarias, Regiones Hidrológicas Prioritarias, Regiones Marinas Prioritarias, Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves, sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad terrestre, sitios de atención prioritaria para la conservación, sitios de atención para restauración del paisaje

forestal, sitios Ramsar y las dos capas de áreas naturales protegidas— **no hay incidencia**, y su constancia con distancia y rumbo medidos desde el polígono se desarrolla en II.4.3.

Este apartado se ocupa de las dos en que sí la hay. Conviene decir desde el principio qué significa esa incidencia y qué no, porque de ello depende cómo debe leerse el resto: **ninguna de las dos figuras prohíbe el proyecto, condiciona su autorización ni le impone criterio alguno de cumplimiento obligatorio**. Son productos de planeación de la conservación —análisis técnicos de la Comisión, no decretos— y su valor para este estudio es distinto y concreto: identifican qué le ocurre a este territorio, con qué prioridad y por qué, y permiten comprobar si las medidas del proyecto empujan en la misma dirección que esa identificación o en la contraria.

Tabla 19. Incidencia del proyecto en áreas de relevancia para la conservación

Figura	Institución y carácter	Unidad en que incide	Incidencia en el Área del Proyecto	Incidencia en el Área de Influencia
Sitios Prioritarios para la Restauración	CONABIO y CONAFOR; referente técnico de planeación	Sitio 25597, prioridad **extrema**	**13.4689 ha (100.00 %)**	188.7341 ha (68.33 %)
Sitios Prioritarios para la Restauración	CONABIO y CONAFOR; referente técnico de planeación	Sitio 25522, prioridad media	—	72.5367 ha (26.26 %)
Sitios Prioritarios para la Restauración	CONABIO y CONAFOR; referente técnico de planeación	Sitio 25561, prioridad media	—	0.4220 ha (0.15 %)
Corredores bioclimáticos para la conservación de la biodiversidad	CONABIO, CONANP y PNUD; referente técnico de planeación	Celda modelada con valor de conectividad 176.51	Incidencia temática; ver la nota de resolución	Incidencia temática parcial

Fuente: Sitios Prioritarios para la Restauración y Corredores bioclimáticos para la conservación de la biodiversidad, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (corredores elaborados con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2019, escala 1:250,000). Cruce contra los polígonos del proyecto en UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613); memoria del cruce y recortes cartográficos en el Anexo II.2. Consulta del 17 de agosto de 2026.

Sitios Prioritarios para la Restauración

El dato, sin atenuarlo. El Área del Proyecto queda **íntegramente comprendida** —las 13.4689 ha, el 100 %— dentro del sitio prioritario para la restauración identificado con el número 25597, al que la Comisión asigna prioridad **extrema**, la categoría más alta de su escala. El Área de Influencia de 276.19 ha queda comprendida en un 94.74 % dentro de sitios prioritarios para la restauración: 188.7341 ha en el mismo sitio de prioridad extrema y 72.9587 ha en dos sitios de prioridad media. No es una incidencia marginal ni de borde: es total, y el estudio la declara con esa palabra.

Qué significa que un territorio sea sitio prioritario para la restauración, que es distinto de lo que su nombre sugiere en una primera lectura. Estos sitios no señalan territorios en buen estado que deban conservarse: señalan **territorios deteriorados en los que la restauración rendiría el mayor beneficio de biodiversidad por unidad de esfuerzo**. La Comisión los identificó mediante planeación sistemática de la conservación, cruzando el valor biológico del territorio con su grado de deterioro y con el costo de intervenir; un sitio alcanza la prioridad extrema porque **combina valor ecológico con deterioro acreditado**, no porque esté íntegro. Un predio conservado dentro de un macizo continuo no sería sitio prioritario para la restauración:

sería, en su caso, sitio prioritario para la conservación —figura distinta, en la que este predio **no incide**, conforme acredita II.4.3—.

Esa distinción es la clave de la vinculación, y el cruce la confirma con dos resultados que apuntan en el mismo sentido: el predio **incide** en la capa de restauración y **no incide** en la de sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad, cuya unidad más próxima queda a 11.38 km al Norte-noreste. La propia cartografía de la Comisión clasifica este territorio como el que hay que **reparar**, y no como el que hay que **preservar**.

La caracterización del sitio confirma el diagnóstico de la Comisión y no lo contradice. El **53.31 %** de la superficie sujeta a cambio de uso de suelo presenta degradación de suelo; el Área de Influencia registra ya un 46.54 % de zona urbana frente a un 46.55 % de selva baja caducifolia; y el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio asigna a la unidad que aporta la mayor parte del predio una política de **restauración** y aprovechamiento sustentable, con estado ambiental **inestable** y tendencia a crítico (II.2.1). Tres instrumentos independientes entre sí —la cartografía de prioridades de restauración de la Comisión, el ordenamiento ecológico federal y la caracterización de campo del Capítulo III— coinciden en el mismo diagnóstico. Esa convergencia es la que da solidez al planteamiento del proyecto, y por eso el estudio la reúne aquí en lugar de repartir el dato entre secciones donde nadie lo sume.

Cómo responde el proyecto, con la superficie y la cifra que lo acreditan. La consecuencia de esta incidencia no es una prohibición sino una **exigencia de coherencia**: si el territorio está identificado como prioritario para restaurar, el proyecto que lo interviene ha de demostrar que restaura, y no sólo que compensa en abstracto. El proyecto lo demuestra así:

Tabla 20. Respuesta del proyecto al diagnóstico de la figura

Lo que la figura identifica para este territorio	Lo que el proyecto compromete	Cifra y fuente
Restauración de cobertura vegetal en territorio deteriorado	Restauración comprometida sobre 1.3311 ha del propio predio, clasificadas como afectación temporal, más la restauración del predio de compensación	II.3.1, Tabla 15; Capítulo IV
Recuperación del suelo, que es el sustrato de toda restauración	Reincorporación de aproximadamente 11,556 m³ de suelo orgánico del despalme y de 193.26 m³ rta de material vegetal triturado a las áreas de restauración y áreas verdes, en lugar de su retiro como escombro	II.1.3, incisos c) y d); Capítulo IV
Recuperación de la función hidrológica del suelo deteriorado	Recuperación de 19,325 m³ de infiltración in situ acumulada, sobre un acuífero —Río Culiacán 2504— sin disponibilidad y con déficit de 53.446033 hm³ anuales	II.1.3, inciso e); Capítulo IV
Recuperación del acervo de carbono	Balance del sistema con medidas de **+357.84 tCO_2e** sobre la línea base, frente a las 307.4653 tCO_2e que libera el cambio de uso	II.1.3, incisos a) y f); Capítulo IV

Lo que la figura identifica para este territorio	Lo que el proyecto compromete	Cifra y fuente
Control de la erosión, principal proceso de deterioro del sitio	Ganancia atribuible a las medidas permanentes de **184.08 t·año⁻¹** de erosión eólica, frente a las **180.17 t·año⁻¹** del escenario sin medidas	II.1.3, inciso a); Capítulo IV

Fuente: compromisos y superficies de la capa de zonificación del proyecto y de la cartera de medidas del Capítulo IV; cifras de carbono, erosión e infiltración de las memorias de cálculo del estudio (Anexo IV.1).

La lectura que de aquí se sigue. El proyecto no puede alegar que interviene un territorio íntegro, porque no lo es, ni que su intervención es inocua, porque tampoco lo es: remueve 12.5570 ha de selva baja caducifolia. Lo que sí sostiene, y sostiene con cifras, es que **interviene un territorio que la propia autoridad técnica federal ha identificado como prioritario para restaurar, y que sale de esa intervención con compromisos de restauración medibles sobre superficie identificada**. En un sitio de prioridad extrema de restauración, la alternativa realista al proyecto no es la recuperación espontánea del rodal —el 53.31 % de degradación de suelo y el 46.54 % de urbanización del entorno describen una trayectoria, no un equilibrio—, sino la continuación de esa misma trayectoria sin compromiso alguno asociado. El proyecto la convierte en obligación exigible: la restauración de 1.3311 ha, la del predio de compensación y las medidas de suelo, agua y carbono quedan sujetas a la resolución de la Secretaría y a su programa de vigilancia, cosa que no ocurre con el deterioro que ya está en curso.

Esta incidencia, en consecuencia, **no debilita el planteamiento del proyecto: lo respalda**, y le da a su cartera de compensación un fundamento territorial que no tendría si el predio hubiera caído fuera de la figura.

Corredores bioclimáticos para la conservación de la biodiversidad

Qué es esta capa. Es un modelo de conectividad del paisaje elaborado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, en el marco del proyecto GEF-Resiliencia. Identifica rutas de menor costo de desplazamiento entre fragmentos de vegetación nativa, integrando el gradiente climático, el impacto humano modelado como resistencia al desplazamiento y la distancia entre fragmentos. Su producto es un **ráster continuo**, no un polígono con límites: cada celda lleva un valor de importancia para la conectividad, y su publicación es de 2019 con resolución de 1,000 metros.

El resultado del cruce, con su limitación de escala declarada. La celda que cubre el Área del Proyecto tiene un valor de **176.51** en una escala nacional que va de −1 a 200, lo que la sitúa por encima del percentil 97 del territorio nacional; el Área de Influencia queda cubierta por cinco celdas con valores de −1, 151.27 y 176.51. La limitación metodológica debe declararse porque condiciona la lectura y un evaluador la advertiría: **con una celda de 1,000 metros de lado —unas 123 ha— y un Área del Proyecto de 13.4689 ha, el predio ocupa alrededor del 11 % de una sola celda**. El valor describe, por tanto, la importancia de conectividad del kilómetro cuadrado que contiene al predio, no la del predio en sí; la incidencia es **temática y no superficial**, y por esa razón la Tabla 19 no le asigna hectáreas de traslape. Declarar aquí una superficie de incidencia sería atribuirle a la capa una precisión que no tiene.

Qué se sigue de ello para el proyecto, y por qué el dato también juega a su favor. Que el predio se encuentre en una celda de alta conectividad modelada confirma lo que la caracterización de campo ya documenta: el rodal de selva baja caducifolia del predio forma parte de un continuo de vegetación que enlaza el piedemonte serrano con la llanura —el mismo contacto fisiográfico que reparte al predio entre dos unidades del ordenamiento ecológico federal (II.2.1)—, y su valor no está en su superficie, 13.4689 ha, sino en su

posición. Esa lectura, lejos de contrariar al proyecto, es la que **justifica técnicamente la forma que adopta su zonificación**, que no se diseñó como concesión estética:

- **1.6192 ha, el 12.02 % del Área del Proyecto, quedan como no edificables** —1.1648 ha de talud, 0.2007 ha de restricción pluvial, 0.2054 ha de donación municipal y 0.0483 ha de áreas verdes—, y son las que mantienen cobertura vegetal dentro del polígono.
- De ellas, **1.3311 ha llevan restauración comprometida**, es decir, recuperan cobertura en lugar de sólo conservarla.
- El **talud**, la mayor de esas superficies, se extiende a lo largo del predio y conserva vegetación en la franja de mayor pendiente. En términos de conectividad, una franja continua es precisamente la geometría que mantiene permeable el paisaje, y no un conjunto de remanentes dispersos de igual superficie.
- El **programa de rescate y reubicación de flora y fauna** traslada organismos a sitios con condiciones análogas fuera del área de afectación, de modo que la afectación a la fauna de lento desplazamiento no se resuelva por eliminación.

Lo que este apartado no hace. No traslada al proyecto criterio normativo alguno derivado de estas dos figuras, porque ninguna lo impone: ambas son informativas. Tampoco importa al análisis la problemática de una región prioritaria en la que el predio no incide, lo que equivaldría a atribuirle al sitio un diagnóstico ajeno. Y no dispensa ninguna obligación del proyecto en materia de biodiversidad: la caracterización de flora y fauna del Capítulo III, el programa de rescate y reubicación que exige el párrafo cuarto del artículo 93 de la LGDFS (II.1.3, inciso a), el deber de conservación de hábitat del artículo 18 de la Ley General de Vida Silvestre (II.1.3, inciso b) y el cotejo contra la NOM-059-SEMARNAT-2010 operan con independencia de estas figuras y se acreditan cada uno por su propia vía.

Conclusión. El proyecto incide en dos áreas de relevancia para la conservación identificadas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, y en ninguna de las dos esa incidencia constituye restricción jurídica. La incidencia en Sitios Prioritarios para la Restauración es total —13.4689 ha, el 100 % del Área del Proyecto, en un sitio de prioridad extrema— y su significado es que el territorio está identificado a la vez como valioso y como deteriorado, diagnóstico que coinciden en confirmar el ordenamiento ecológico federal y la caracterización de campo, y al que el proyecto responde con restauración sobre superficie identificada y con balances de carbono, suelo, agua y erosión cuantificados. La incidencia en corredores bioclimáticos es temática, con la limitación de resolución declarada, y su consecuencia práctica —mantener permeable el paisaje— queda atendida por las 1.6192 ha no edificables y las 1.3311 ha con restauración comprometida. Ambas incidencias se declaran aquí porque son verdaderas, y porque una incidencia real omitida es lo primero que un evaluador detecta.

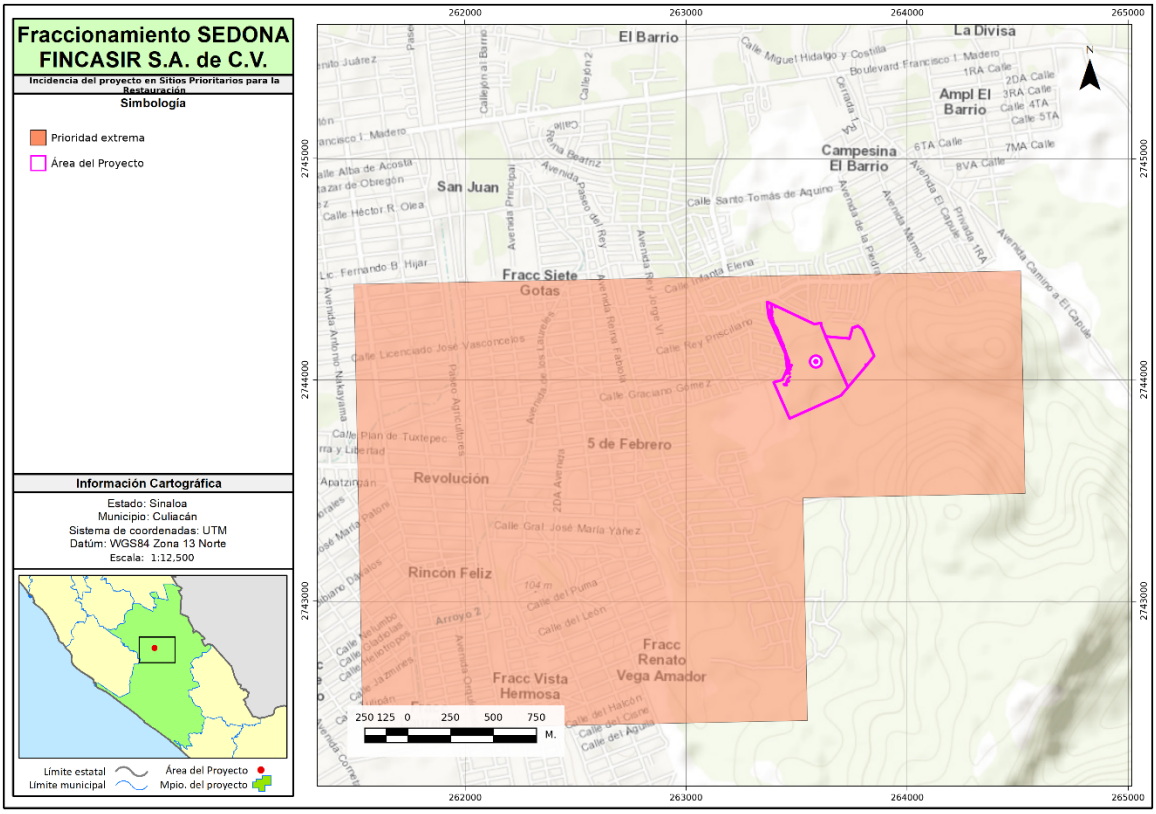


Figura 8. Incidencia del proyecto en Sitios Prioritarios para la Restauración. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Sitios Prioritarios para la Restauración (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Comisión Nacional Forestal) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2.

Lectura de la figura. El Área del Proyecto queda **íntegramente dentro** de un sitio de prioridad **extrema**: las 13.4689 ha, el 100 % de la superficie. Conviene leer el dato en su sentido: la capa no señala territorios íntegros que deban conservarse, sino territorios **deteriorados en los que restaurar rendiría el mayor beneficio**, y la prioridad extrema resulta de combinar valor ecológico con deterioro acreditado. La lámina muestra que el sitio no se limita al predio sino que abarca todo su entorno, de modo que la condición que la capa describe es la de la comarca y no una singularidad del polígono.

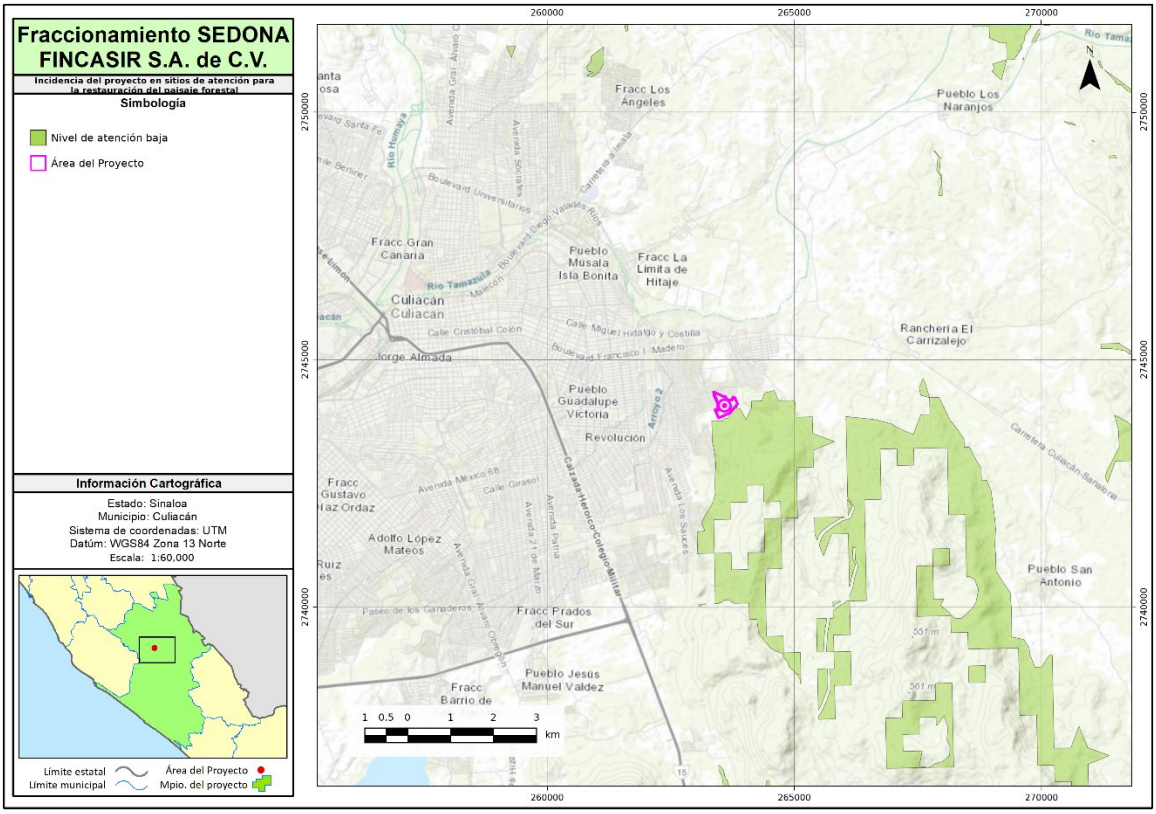


Figura 9. Incidencia del proyecto en sitios de atención para la restauración del paisaje forestal. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Sitios de atención para restauración del paisaje forestal en México (Comisión Nacional Forestal) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2.

Lectura de la figura. La incidencia es **parcial y de nivel bajo**: 1.068 ha, el 7.93 % del Área del Proyecto. El contraste con la figura anterior es el dato útil —la misma superficie que la capa de restauración de biodiversidad marca como de prioridad extrema, la de restauración del paisaje forestal la clasifica en su nivel más bajo y sólo en una fracción—. Ambas cosas son coherentes: el valor a recuperar aquí no es la masa forestal, que es escasa y está fragmentada, sino la función ecológica del suelo, que es a lo que atienden los compromisos de restauración del proyecto.

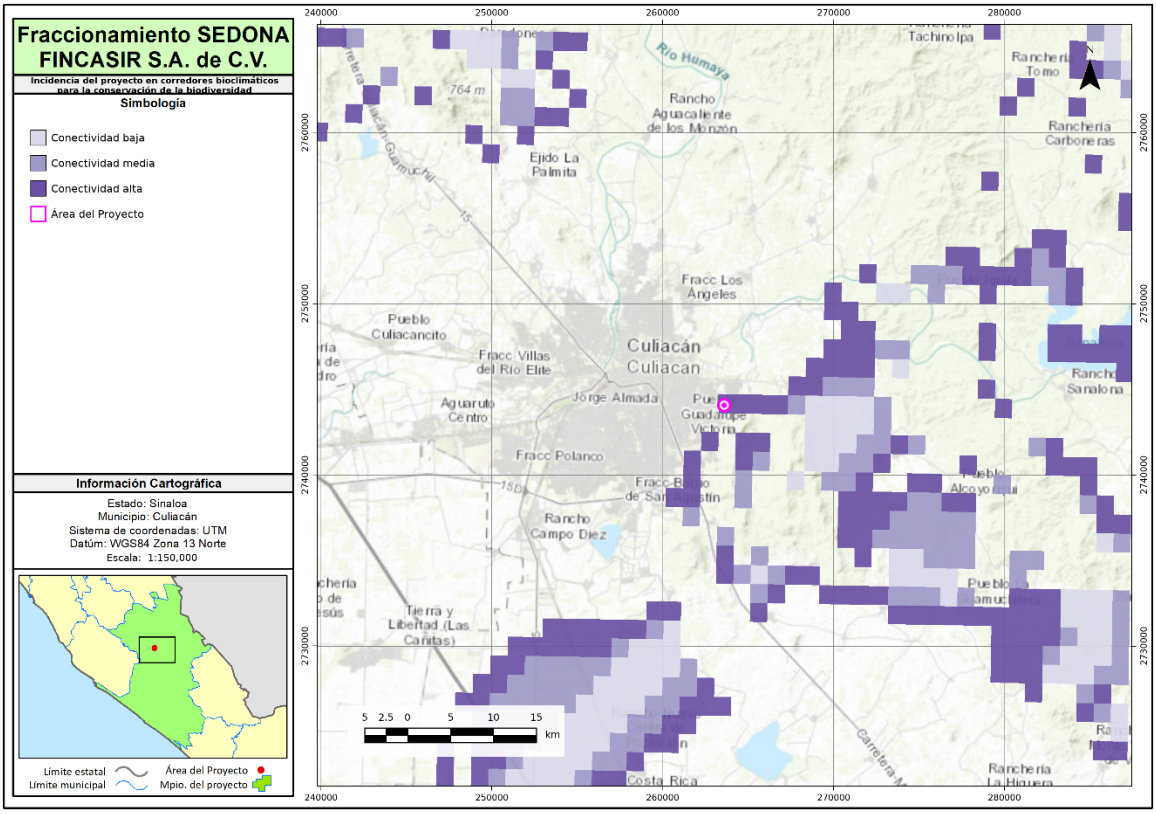


Figura 10. Incidencia del proyecto en corredores bioclimáticos para la conservación de la biodiversidad. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Corredores bioclimáticos para la conservación de la biodiversidad de México (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2.

Lectura de la figura. El predio incide en la capa de corredores bioclimáticos, que modela la conectividad potencial entre hábitats ante el cambio climático. La lámina permite ver de qué naturaleza es esa incidencia: el corredor atraviesa una matriz agrícola y periurbana continua, no un macizo conservado, y el predio ocupa una fracción mínima de su anchura. La conectividad que la capa identifica no depende, por tanto, de la permanencia de la vegetación de este polígono, y las 1.6192 ha no edificables y la restauración comprometida en 1.3311 ha operan a favor de ella.

II.4.3 Áreas de relevancia en las que el proyecto no incide (constancia)

Este apartado deja constancia de las áreas de relevancia para la conservación que se examinaron y en las que el predio **no incide**. Su función no es de relleno: la constancia es la prueba de que el examen se hizo, y su ausencia deja al evaluador sin manera de distinguir entre un área que no se tocó y un área que no se revisó. Las dos figuras en las que el proyecto **sí** incide —Sitios Prioritarios para la Restauración y corredores bioclimáticos— se desarrollan en II.4.2 y no se repiten aquí.

Cómo se documenta una no incidencia y cómo no. Con la distancia y la dirección desde el polígono del predio hasta el área más próxima, no con la frase «el proyecto no incide en ninguna área de relevancia», que

no es verificable. Y sin invocar el régimen del área lejana: la proximidad de una región prioritaria no traslada al predio criterio alguno, y este apartado existe para cerrar la cuestión con un dato, no para insinuar una obligación inexistente.

Cómo se midieron las distancias de este apartado. Del **borde del polígono** del Área del Proyecto al borde de la unidad más próxima de cada figura —no de centroide a centroide y no desde un punto de referencia— , en UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613), que es la proyección del proyecto y conserva las distancias en la escala en que aquí se reportan. El rumbo se expresa con el nombre completo, medido de un borde al otro sobre esa misma proyección. Se reporta además la distancia desde el **Área de Influencia**, que por ser el polígono envolvente es siempre la menor de las dos y es la que gobierna la constancia: si el Área de Influencia no alcanza a una figura, el Área del Proyecto tampoco.

Resultado del examen. El cruce del **17 de agosto de 2026** acredita que el Área del Proyecto y el Área de Influencia quedan **fuera de toda Región Terrestre Prioritaria, de toda Región Hidrológica Prioritaria, de toda Región Marina Prioritaria, de toda Área de Importancia para la Conservación de las Aves, de todo sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad, de todo sitio de atención prioritaria para la conservación y de todo sitio Ramsar.**

Tabla 21. Áreas de relevancia para la conservación más próximas al predio, medidas desde el polígono

Familia	Área más próxima	Distancia desde el Área del Proyecto	Rumbo	Distancia desde el Área de Influencia	Incidencia
Sitio de atención prioritaria para la conservación	Unidad 34309	4,034.6 m (4.03 km)	Este-sureste	3,344.7 m (3.34 km)	**No incide**
Sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad (terrestre)	Unidad 1470568, prioridad alta	11,378.7 m (11.38 km)	Norte-noreste	10,688.9 m (10.69 km)	**No incide**
Región Marina Prioritaria	Región 32	20,099.3 m (20.10 km)	Suroeste	—	**No incide**
Área de Importancia para la Conservación de las Aves	«Ensenada Pabellones»	24,643.2 m (24.64 km)	Suroeste	23,953.3 m (23.95 km)	**No incide**
Región Hidrológica Prioritaria	«Bahía de Ohuira – Ensenada del Pabellón»	24,939.2 m (24.94 km)	Suroeste	24,249.8 m (24.25 km)	**No incide**
Región Terrestre Prioritaria	«Río Humaya»	25,401.8 m (25.40 km)	Norte	24,712.3 m (24.71 km)	**No incide**
Región Hidrológica Prioritaria	«Cuenca alta de los ríos Culiacán y Humaya»	34,153.1 m (34.15 km)	Noreste	33,463.2 m (33.46 km)	**No incide**
Sitio Ramsar	**«Ensenada de Pabellones», sitio núm. 1760, designado el 2 de febrero de 2008 (Navolato y Culiacán)**	**35,162.9 m (35.16 km)**	**Suroeste**	**34,473.3 m (34.47 km)**	**No incide**

Familia	Área más próxima	Distancia desde el Área del Proyecto	Rumbo	Distancia desde el Área de Influencia	Incidencia
Región Terrestre Prioritaria	«Marismas Topolobampo-Caimanero»	37,270.7 m (37.27 km)	Suroeste	36,581.1 m (36.58 km)	**No incide**
Área de Importancia para la Conservación de las Aves	«Parte alta del Río Humaya»	45,304.4 m (45.30 km)	Norte-noreste	44,614.9 m (44.61 km)	**No incide**
Región Terrestre Prioritaria	«San Juan de Camarones»	47,329.9 m (47.33 km)	Este	46,639.9 m (46.64 km)	**No incide**
Área de Importancia para la Conservación de las Aves	«Bahía Santa María»	49,008.9 m (49.01 km)	Oeste	48,319.1 m (48.32 km)	**No incide**

Fuente: capas oficiales de Regiones Terrestres Prioritarias, Regiones Hidrológicas Prioritarias, Regiones Marinas Prioritarias, Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves, sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad y sitios de atención prioritaria para la conservación de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, y Servicio de Información sobre Sitios Ramsar de la Convención. Distancias de borde a borde desde los polígonos del proyecto en UTM WGS 84 zona 13N; memoria del cruce en el Anexo II.2. Consulta del 17 de agosto de 2026.

La distancia más corta de la tabla es la que decide, y conviene leerla. Es la del sitio de atención prioritaria para la conservación 34309, a **4,034.6 metros al Este-sureste** del Área del Proyecto y a 3,344.7 metros del Área de Influencia. Aun ésa, la más próxima de las doce, es dos órdenes de magnitud mayor que la dimensión del predio, cuyo lado máximo no alcanza los 500 metros. Ninguna franja de amortiguamiento, zona de influencia o criterio de manejo de esas figuras alcanza al polígono. Las once restantes quedan a más de diez kilómetros, y ocho de ellas a más de veinte.

Una precisión que evita una afirmación falsa. Dos de las Regiones Terrestres Prioritarias y una de las Hidrológicas Prioritarias de la tabla **sí comprenden al municipio de Culiacán** entre los que abarcan. Afirmar que «el municipio no tiene regiones prioritarias» sería incorrecto, y el evaluador lo detectaría de inmediato. Lo que este estudio afirma es distinto y más preciso: **el predio no incide en ninguna de ellas**, y la más próxima de las figuras regionales —el Área de Importancia para la Conservación de las Aves «Ensenada Pabellones»— queda a 24,643.2 metros al Suroeste. Las tres figuras regionales más cercanas se agrupan en el mismo rango de 25 km y se orientan hacia el sistema lagunar costero de la Ensenada del Pabellón, un ámbito ecológico distinto del rodal de selva baja caducifolia que el proyecto interviene.

El sitio Ramsar, con dato métrico y su relación con dos afirmaciones previas. El sitio Ramsar «Ensenada de Pabellones» es el único de Sinaloa cuyo polígono alcanza al municipio de Culiacán, lo que obliga a nombrarlo. El cruce lo sitúa a **35,162.9 metros (35.16 km) al Suroeste** del Área del Proyecto y a 34,473.3 metros del Área de Influencia, **sin incidencia**. Con ese dato, la constancia de II.6.2 deja de ser una afirmación cualitativa y pasa a ser una medición. Conviene precisar, no obstante, que ni la no aplicación del artículo 60 TER de la Ley General de Vida Silvestre (II.1.3, inciso b) ni la no actualización del supuesto de la Convención de Ramsar (II.6.2) dependen de esa distancia: dependen de que no haya manglar, humedal ni vegetación hidrófila **en el predio**, hecho que acredita la caracterización del Capítulo III. La distancia refuerza esas conclusiones; no las funda. Si el predio contuviera humedal, treinta y cinco kilómetros de separación respecto del sitio Ramsar no lo salvarían del artículo 60 TER.

Conclusión. El predio no incide en Región Terrestre Prioritaria, Región Hidrológica Prioritaria, Región Marina Prioritaria, Área de Importancia para la Conservación de las Aves, sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad, sitio de atención prioritaria para la conservación ni sitio Ramsar alguno, y la constancia se emite con la distancia medida desde el polígono y el rumbo con su nombre completo. La más próxima de

esas figuras queda a 4,034.6 metros y las regionales a más de 24 kilómetros, todas ellas orientadas hacia el sistema lagunar costero, ecológicamente distinto del sitio del proyecto. En consecuencia, el proyecto no incorpora criterios de conservación derivados de estas figuras —que son referentes técnicos de planeación y no restricciones jurídicas—, sin perjuicio de las medidas de protección de flora, fauna, suelo y agua que compromete por otras vías y que se desarrollan en el Capítulo IV, y sin perjuicio de las dos figuras en las que sí incide y que se analizan en II.4.2.

Insumo cartográfico del apartado. La representación gráfica de la incidencia y de la no incidencia —los polígonos del proyecto sobre las capas de áreas protegidas y de relevancia, a escala que permita leer las distancias— es el respaldo visual que este apartado exige y que la Figura 2 no cubre, por ser un semáforo de aplicabilidad y no un mapa. Ese respaldo lo aporta la **Figura 5**, que se integra en II.4 y se reproduce en el Anexo II.2 junto con los recortes cartográficos del cruce.

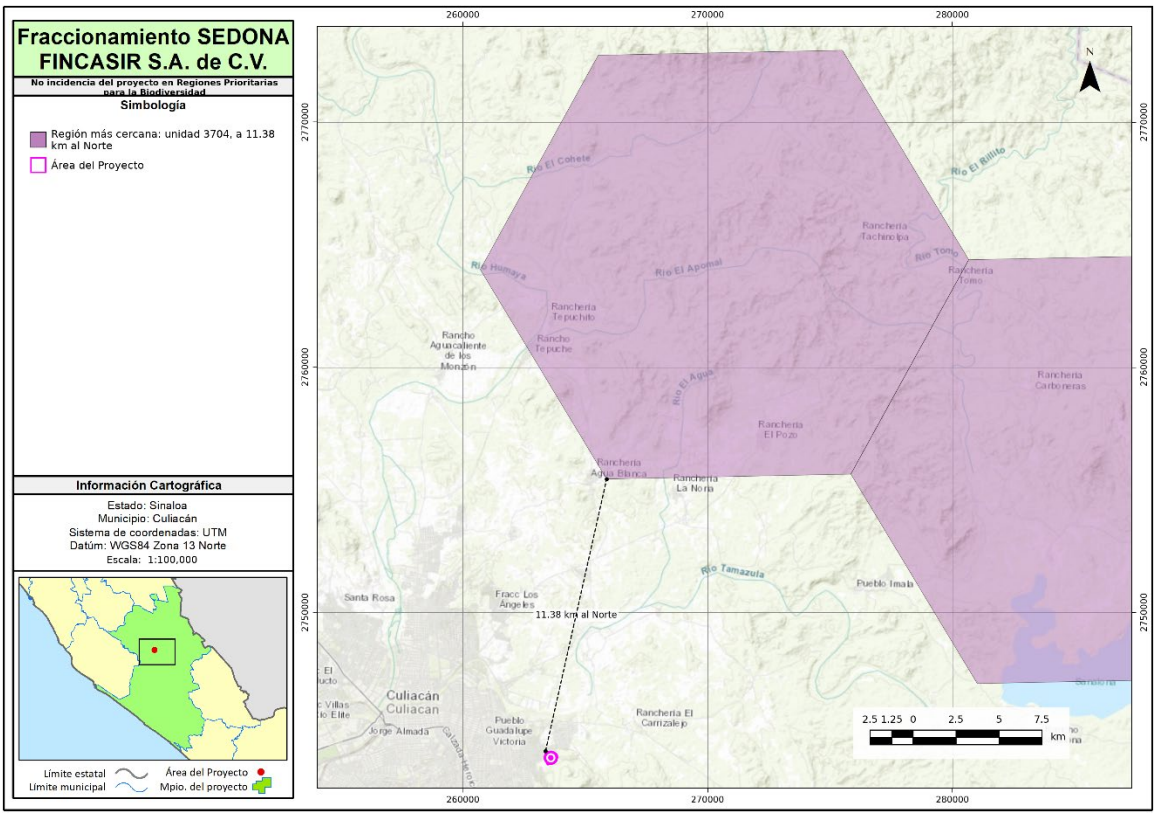


Figura 11. No incidencia del proyecto en Regiones Prioritarias para la Biodiversidad. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Regiones Prioritarias para la Biodiversidad (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2.

Lectura de la figura. La región más próxima queda a **11.38 km al Norte**. Esta lámina es la contraparte necesaria de la figura de sitios prioritarios para la restauración: el proyecto incide en la capa de **restauración** y no incide en la de **conservación**, y ver las dos juntas es lo que impide leer la primera como si señalara un territorio a preservar.

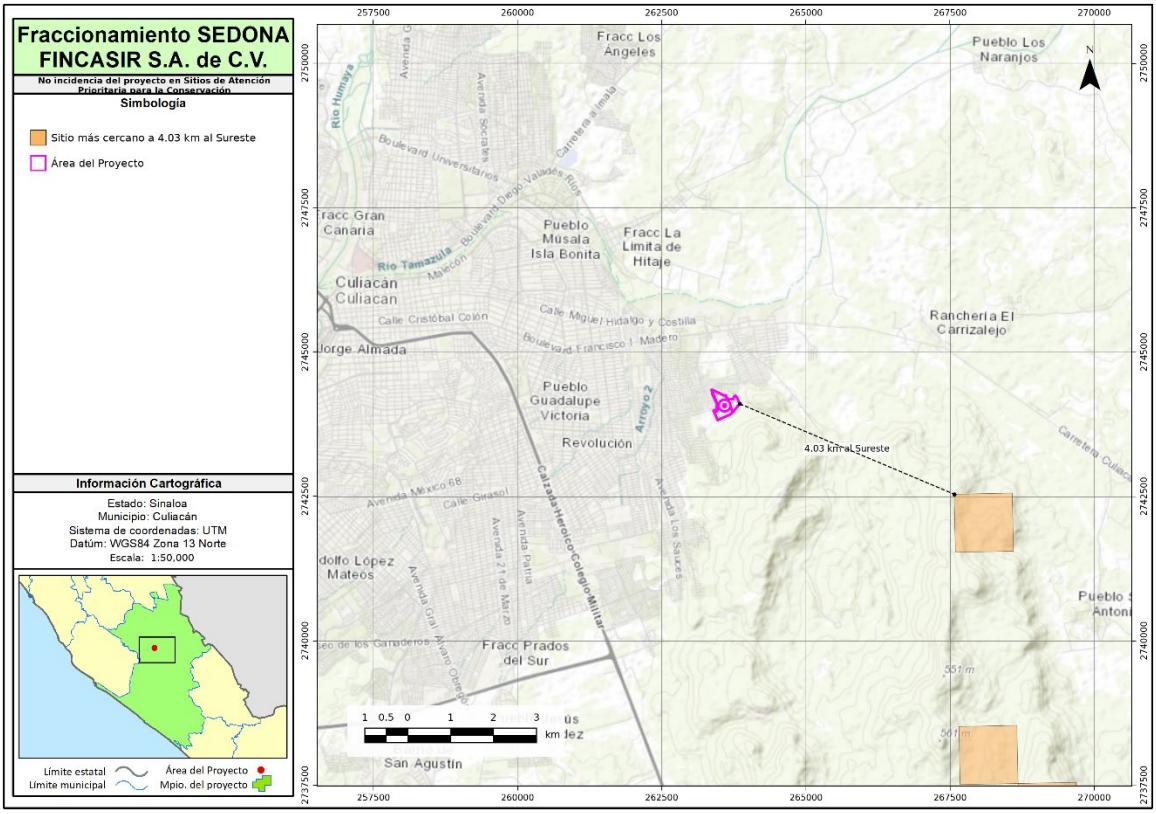


Figura 12. No incidencia del proyecto en Sitios de Atención Prioritaria para la Conservación. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Sitios de Atención Prioritaria para la Conservación (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2.

Lectura de la figura. El sitio más próximo queda a **4.03 km al Sureste**, la distancia más corta de todo el apartado. La lámina la dibuja a la escala en que puede comprobarse, y muestra además que los sitios de esta capa se reparten por el entorno sin alcanzar en ningún caso al polígono ni a su Área de Influencia.

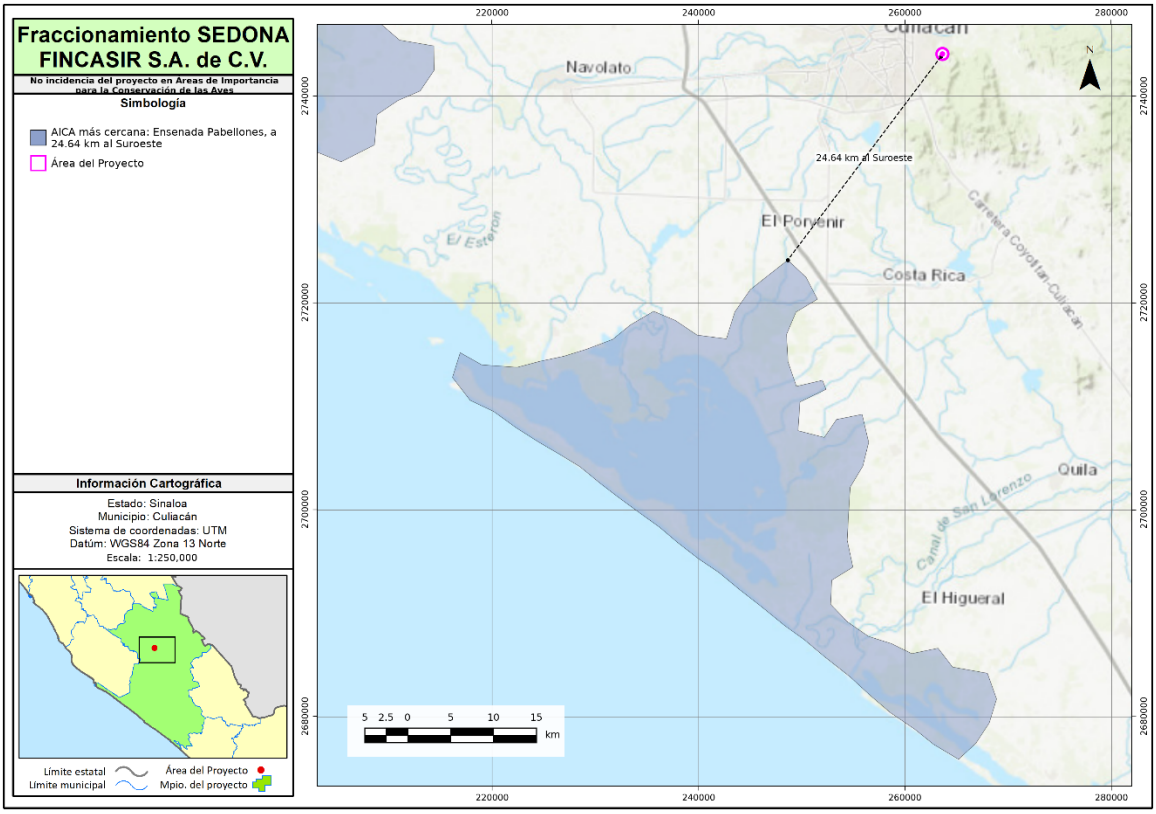


Figura 13. No incidencia del proyecto en Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2.

Lectura de la figura. El área más próxima es **Ensenada Pabellones**, a **24.64 km al Suroeste**, sobre el sistema lagunar costero. La distancia y la interposición del valle agrícola descartan que las obras puedan alterar las condiciones de hábitat que motivaron su designación, que son de humedal costero y no de matorral interior.

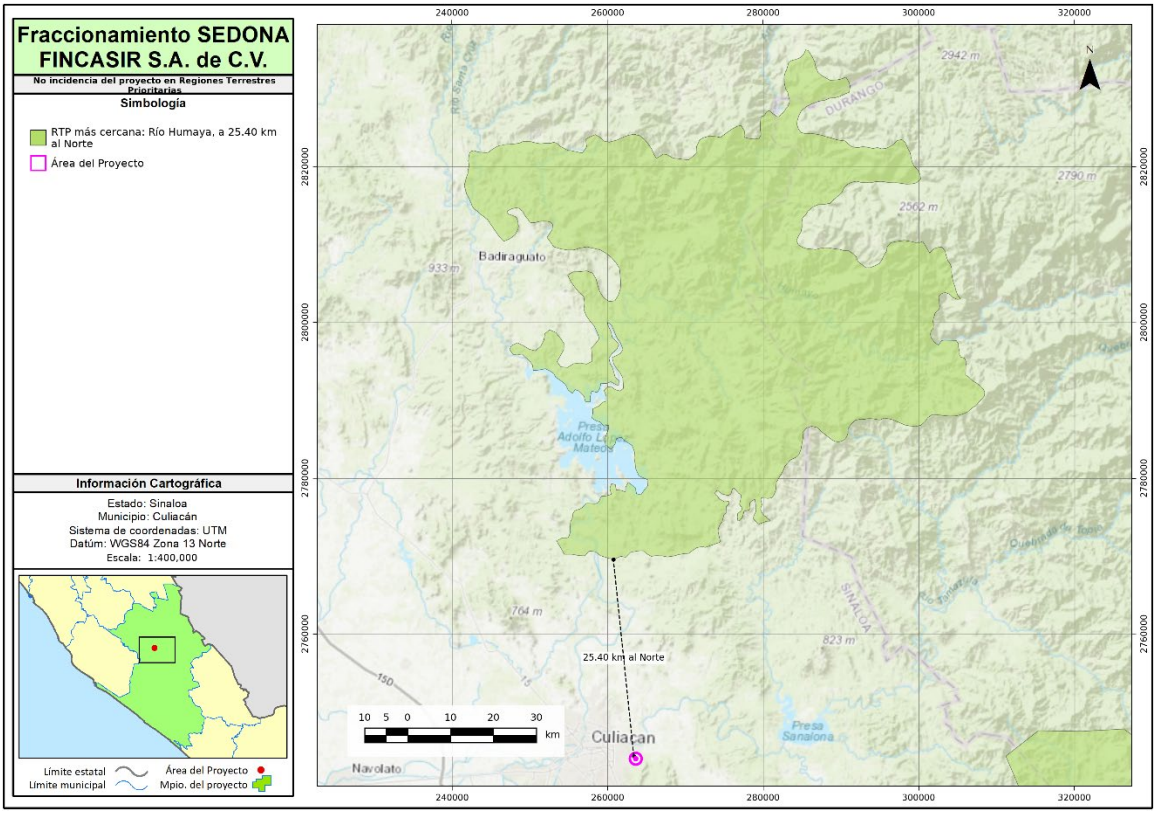


Figura 14. No incidencia del proyecto en Regiones Terrestres Prioritarias. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Regiones Terrestres Prioritarias (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2.

Lectura de la figura. La región terrestre prioritaria más próxima es **Río Humaya**, a **25.40 km al Norte**. Es la única de las figuras de este apartado que se sitúa hacia el interior y no hacia la costa, y la lámina lo hace evidente: el predio queda en la llanura, fuera del sistema serrano y ribereño que la región delimita.

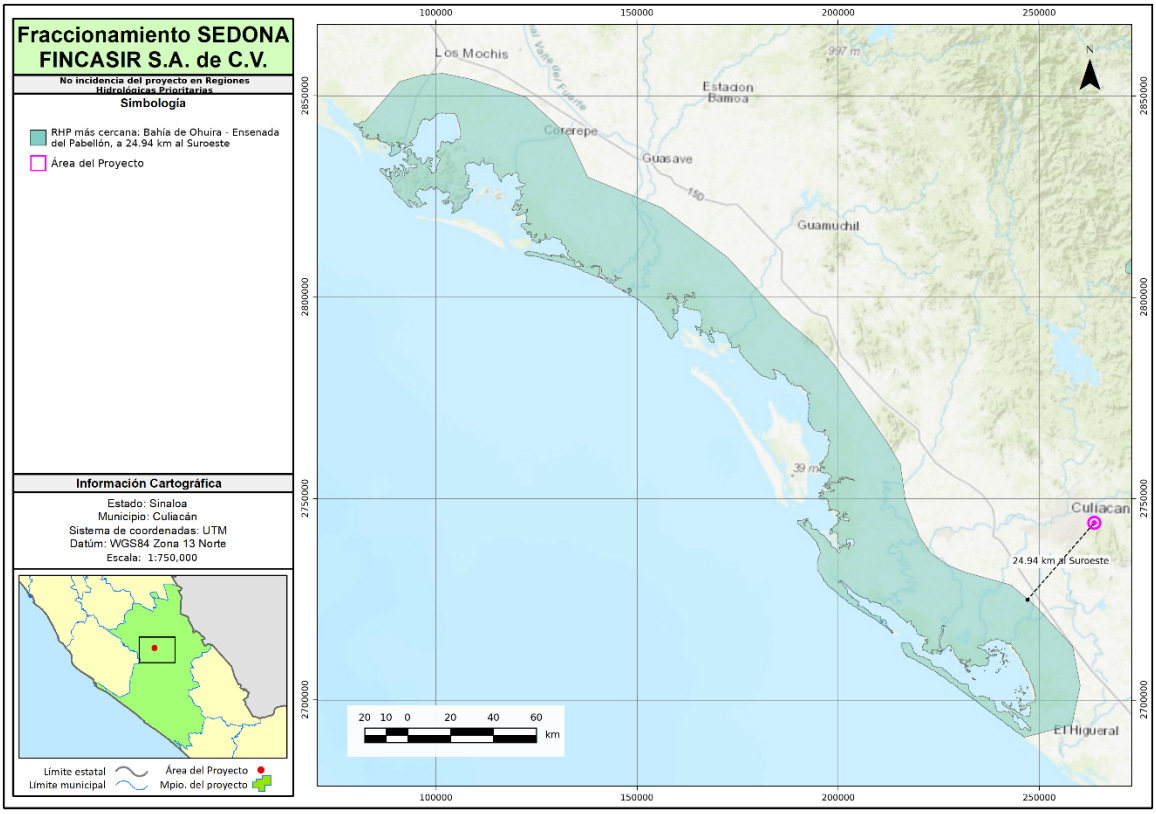


Figura 15. No incidencia del proyecto en Regiones Hidrológicas Prioritarias. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Regiones Hidrológicas Prioritarias (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2.

Lectura de la figura. La región hidrológica prioritaria más próxima es **Bahía de Ohuira - Ensenada del Pabellón**, a **24.94 km al Suroeste**. La lámina, a escala regional, muestra que estas regiones ocupan los sistemas estuarinos del litoral y que el predio se sitúa aguas arriba de todos ellos, en la llanura de Culiacán.

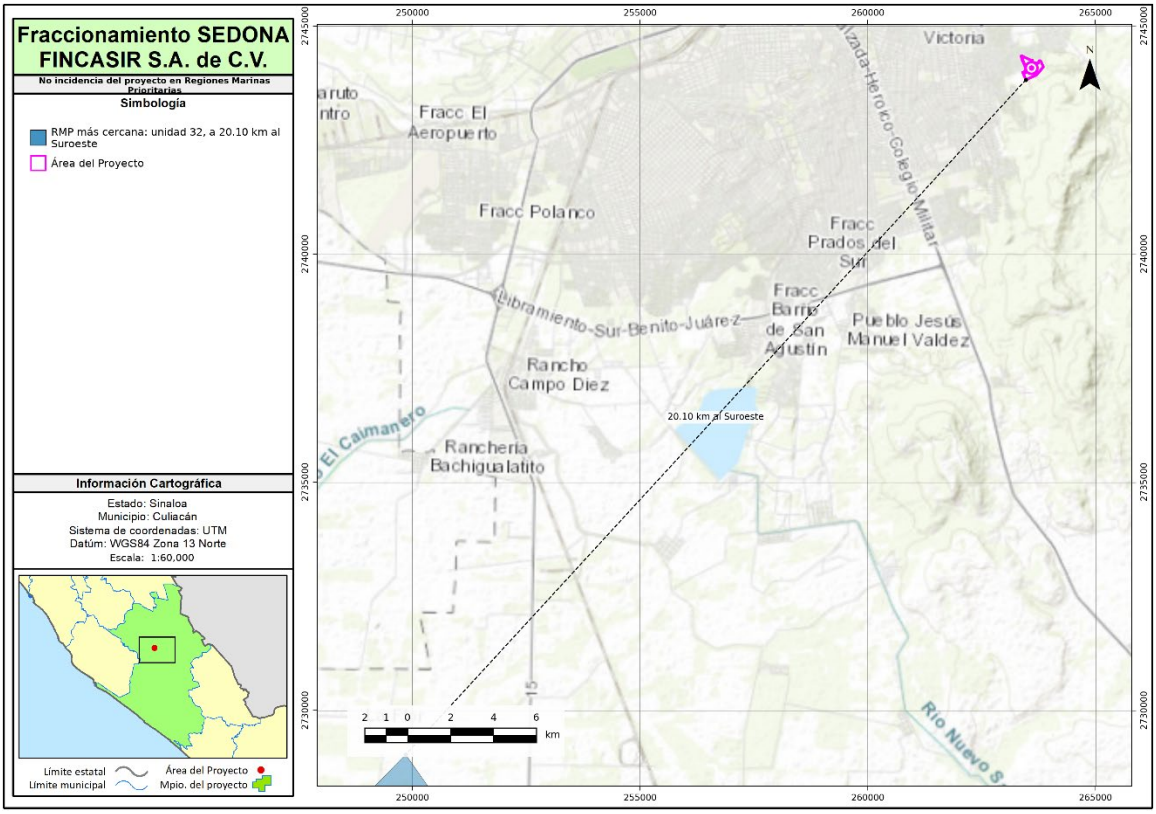


Figura 16. No incidencia del proyecto en Regiones Marinas Prioritarias. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Regiones Marinas Prioritarias (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2.

Lectura de la figura. La región marina prioritaria más próxima queda a **20.10 km al Suroeste**. La lámina deja ver que su ámbito es marino y de zona federal adyacente, y que el predio se localiza tierra adentro; es el mismo argumento con el que II.2.2 descarta los ordenamientos ecológicos marinos, sostenido aquí sobre la capa de conservación en lugar de sobre el instrumento normativo.

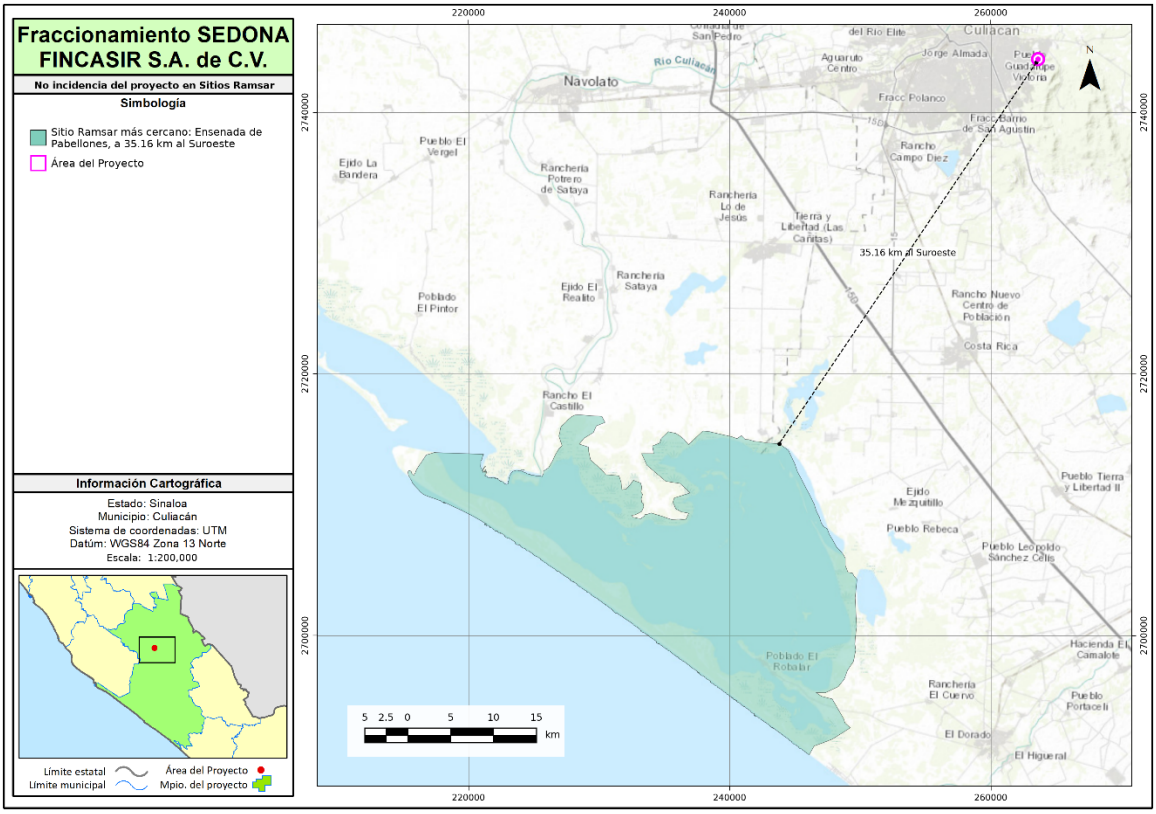


Figura 17. No incidencia del proyecto en sitios Ramsar. Fuente: elaboración propia a partir de la capa oficial de Sitios Ramsar (Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional, por conducto de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) y del polígono del Área del Proyecto. Proyección UTM WGS 84 zona 13N (EPSG:32613). Consulta del 17 de agosto de 2026. Las distancias se miden de borde a borde entre el polígono del Área del Proyecto y el rasgo más próximo, no de centroide a centroide, y el rumbo se expresa con el nombre completo. La lámina se reproduce en el Anexo II.2.

Lectura de la figura. El humedal de importancia internacional más próximo es **Ensenada de Pabellones**, a **35.16 km al Suroeste**. Junto con la figura de áreas de importancia para las aves, con la que comparte emplazamiento, deja constancia de que el conjunto de figuras de conservación del entorno se concentra en el sistema lagunar costero, a más de veinte kilómetros del proyecto y separado de él por el valle agrícola.

II.5 Normas Oficiales Mexicanas aplicables

Las normas oficiales mexicanas se cribaron leyendo su objetivo, su campo de aplicación y sus numerales, no su clave ni su título. Una norma entra a la tabla porque el proyecto realiza la obra o actividad que ella regula; se resuelve como no aplicable —con la razón expresa— cuando su supuesto no se actualiza pero su materia toca un impacto que el proyecto sí produce; y se omite cuando es ajena al proyecto. Esta última categoría es la más numerosa y la que no se lista: incorporar normas que no aplican «por si acaso» no fortalece el estudio, lo diluye.

Verificación de vigencia. La versión vigente de cada norma, sus modificaciones y la existencia de normas sustitutas se verificaron en el Diario Oficial de la Federación y en el Catálogo Mexicano de Normas y Regulaciones, con **fecha de consulta 17 de agosto de 2026**. Un resultado merece señalarse por su

relevancia para el capítulo: existe un **proyecto** de norma PROY-NOM-059-SEMARNAT-2025, publicado en el DOF el 14 de abril de 2025 para consulta pública, del que no consta publicación definitiva a la fecha de consulta; por tanto, la norma exigible sigue siendo la **NOM-059-SEMARNAT-2010** con la modificación a su Anexo Normativo III publicada el 14 de noviembre de 2019 y su fe de erratas del 4 de marzo de 2020. Un proyecto de norma no es vinculante y no se cita como si lo fuera.

Tabla 22. Normas Oficiales Mexicanas — criba de aplicabilidad y forma de cumplimiento

Norma Oficial Mexicana (publicación y modificaciones en el DOF)	Disposición aplicable al proyecto y componente que la actualiza	Congruencia o cumplimiento
NOM-059-SEMARNAT-2010 — Especies nativas de México de flora y fauna silvestres, categorías de riesgo. DOF 30-dic-2010; modificación del Anexo Normativo III, DOF 14-nov-2019; fe de erratas, DOF 04-mar-2020	**Aplica.** Las 12.5570 ha de selva baja caducifolia son hábitat real y potencial de flora y fauna silvestres, y el desmonte, el despalme de 11.5560 ha y el tránsito de maquinaria pueden afectar individuos y refugios	El inventario del Capítulo III se cotejó contra el Anexo Normativo III vigente, incluida su modificación de 2019: en el Área del Proyecto se registran **dos especies de reptiles en categoría de riesgo**, *Aspidoscelis costatus* (huico llanero), sujeta a protección especial, y *Ctenosaura pectinata* (iguana negra o garrobo), amenazada, ambas endémicas; ninguna de las 43 especies de flora registradas tiene categoría asignada. El proyecto las incorpora nominalmente al programa de rescate y reubicación, con prospección previa al desmonte, suspensión del frente de trabajo ante el hallazgo de un ejemplar, captura y liberación en sitios de condiciones análogas donde ambas especies ya están presentes. II.1.3 inciso b) y Capítulos III y IV
NOM-041-SEMARNAT-2015 — Límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que usan gasolina. DOF 10-jun-2015	**Aplica.** Vehículos de gasolina de transporte de personal y de supervisión durante preparación del sitio, construcción y operación	Verificación vehicular vigente de toda unidad que ingrese a la obra, programa de mantenimiento preventivo, prohibición de operar unidades con emisión visible de humo y bitácora de verificación a disposición de la autoridad. Capítulo IV
NOM-045-SEMARNAT-2017 — Límites máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos en circulación que usan diésel. DOF 17-ene-2018	**Aplica.** Maquinaria pesada y camiones de diésel empleados en desmonte, despalme, movimiento de tierras y acarreo de material	Verificación de opacidad vigente, mantenimiento conforme a especificación del fabricante, retiro inmediato de la unidad que rebase el límite y registro documental por unidad. Capítulo IV
NOM-080-SEMARNAT-1994 — Límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados. DOF 13-ene-1995	**Aplica.** Vehículos y maquinaria en circulación durante las tres etapas	Verificación del sistema de escape y silenciador, prohibición de circular con escape modificado o deteriorado, y mantenimiento preventivo registrado. Capítulo IV

Norma Oficial Mexicana (publicación y modificaciones en el DOF)	Disposición aplicable al proyecto y componente que la actualiza	Congruencia o cumplimiento
NOM-081-SEMARNAT-1994 — Límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. DOF 13-ene-1995; ACUERDO que modifica el numeral 5.4, DOF 03-dic-2013	**Aplica.** Equipo estacionario de obra —plantas de energía, compresores, revolvedoras— y, en operación, el equipo fijo de infraestructura del fraccionamiento. La modificación de 2013 al numeral 5.4 diferencia los límites por tipo de zona, lo que es determinante aquí porque el entorno inmediato del predio es residencial	Confinamiento y aislamiento del equipo estacionario, restricción de operación a horario diurno, monitoreo de ruido perimetral al inicio de la obra y ante queja vecinal, y verificación contra el límite que corresponde a zona residencial conforme al numeral 5.4 modificado. Capítulo IV
NOM-052-SEMARNAT-2005 — Características, procedimiento de identificación, clasificación y listados de los residuos peligrosos. DOF 23-jun-2006	**Aplica.** Aceites lubricantes gastados, filtros, estopas y materiales impregnados generados por el mantenimiento menor de maquinaria en obra	Identificación y clasificación de las corrientes conforme a los listados de la norma, almacén temporal impermeabilizado, techado, señalizado y con contención secundaria, envases identificados conforme a la norma y entrega a prestador autorizado. Capítulo IV y II.1.3 inciso c)
NOM-161-SEMARNAT-2011 — Criterios para clasificar los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo. DOF 01-feb-2013; ACUERDO que adiciona, DOF 12-nov-2013; ACUERDO que modifica, DOF 05-nov-2014	**Aplica.** Residuos de la construcción y demolición y residuos vegetales del desmonte —193.26 m³ rta— y del despalme —aproximadamente 11,556 m³ de suelo orgánico—	Los residuos se clasifican conforme a los criterios de la norma y se determina su sujeción a plan de manejo; el material vegetal y el suelo orgánico se valorizan dentro del propio predio como acolchado y como sustrato de las áreas verdes y de restauración, con lo que se reduce el volumen a disposición final. Capítulo IV
NOM-002-SEMARNAT-1996 — Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. DOF 03-jun-1998; revisión sistemática de 2023 sin modificación ejecutada	**Aplica en la etapa de operación.** El proyecto ejecutivo resuelve el desalojo de aguas residuales mediante conexión al alcantarillado sanitario municipal (II.1.3, inciso e), que es el receptor que esta norma regula; la zonificación reserva además 0.0285 ha para infraestructura del organismo operador de agua potable y alcantarillado	Conexión de la totalidad de las descargas domésticas a la red municipal, sin descargas directas al suelo ni a cuerpo receptor; y observancia de los límites de la norma en el punto de descarga. Durante la obra, uso de sanitarios portátiles con servicio de empresa autorizada, sin descarga al terreno
NOM-001-SEMARNAT-2021 — Límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. DOF 11-mar-2022	**No aplica.** El supuesto exige descarga a un cuerpo receptor propiedad de la nación, y el proyecto descarga a la red municipal de alcantarillado. No hay descarga a cauce federal: el más próximo, el Arroyo del Toro, se localiza a 232.0 metros del polígono	No se actualiza el supuesto y, en consecuencia, tampoco el del permiso de descarga ante la Comisión Nacional del Agua. Se deja constancia expresa de la no aplicación porque la norma es la primera que un evaluador busca en un proyecto que genera aguas residuales, y su ausencia sin explicación se leería como omisión

Norma Oficial Mexicana (publicación y modificaciones en el DOF)	Disposición aplicable al proyecto y componente que la actualiza	Congruencia o cumplimiento
NOM-004-SEMARNAT-2002 — Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para el aprovechamiento y disposición final de lodos y biosólidos. DOF 15-ago-2003; revisión sistemática de 2023 con resultado de confirmación	**No aplica.** El proyecto no opera planta de tratamiento propia y por tanto no genera lodos ni biosólidos	Con la conexión a la red municipal, la generación y el manejo de lodos ocurren en la infraestructura del organismo operador y corresponden a éste, no al promovente
NOM-020-ENER-2011 — Eficiencia energética en edificaciones. Envolvente de edificios para uso habitacional. DOF 09-ago-2011	**Aplica.** El proyecto construye vivienda unifamiliar y plurifamiliar, que es exactamente el uso que la norma regula, en una localidad de clima BS1(h')w —seco cálido— donde la ganancia térmica por envolvente determina la demanda de climatización	El diseño de la envolvente de las viviendas se sujeta al presupuesto energético que la norma establece. El cumplimiento reduce la demanda eléctrica de la etapa de operación y, con ella, las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero que se reportan en el Capítulo I, lo que refuerza la congruencia con la Ley General de Cambio Climático (II.1.3 inciso f)
NOM-018-ENER-2011 — Aislantes térmicos para edificaciones. Características y métodos de prueba. DOF 14-dic-2011	**Aplica.** Es la norma que fija las características de los materiales aislantes con que se acredita el desempeño de la envolvente exigido por la NOM-020-ENER-2011	Los aislantes térmicos que se incorporen a la edificación cumplirán las características y métodos de prueba de la norma, con la documentación del fabricante como evidencia

Fuente: texto vigente de cada norma y sus modificaciones, publicadas en el Diario Oficial de la Federación, y Catálogo Mexicano de Normas y Regulaciones; consulta del 17 de agosto de 2026. Obras, actividades y superficies del Capítulo I; caracterización del sitio del Capítulo III.

Normas que no aplican, pero cuya materia toca un impacto real del proyecto

Las dos siguientes se resuelven por no-aplicación, y aun así el proyecto adopta medidas: sería negligente dejar sin atender un impacto real por un tecnicismo de aplicabilidad, y el evaluador lo observaría.

Norma Oficial Mexicana	Por qué no se actualiza su supuesto	Impacto conexo y medidas que se adoptan
NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 — Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación. DOF 10-sep-2013	El proyecto no maneja, transporta ni almacena hidrocarburos como actividad propia, y no existe pasivo de contaminación declarado en el predio	Sí existe riesgo de derrame accidental de combustible y aceite por la maquinaria de desmonte y movimiento de tierras. El proyecto lo previene con charolas de contención bajo equipo estacionario, prohibición de recarga y mantenimiento mayor dentro del predio, y kit de atención a derrames en obra. Si ocurriera un derrame, la caracterización y remediación del suelo afectado se realizaría conforme a los límites y lineamientos de esta norma

Norma Oficial Mexicana	Por qué no se actualiza su supuesto	Impacto conexo y medidas que se adoptan
NOM-043-SEMARNAT-1993 — Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas. DOF 22 de octubre de 1993; **vigente**, sin modificación posterior ni norma sustituta localizadas al 17 de agosto de 2026	El proyecto no instala fuentes fijas emisoras de partículas —equipos estacionarios de trituración, cribado o procesamiento de materiales—. La norma obliga a establecimientos con chimeneas o ductos de descarga de procesos industriales, supuesto que un fraccionamiento habitacional no actualiza en ninguna de sus etapas	Sí genera polvo fugitivo por el desmonte, el despalme de 11.5560 ha, el movimiento de tierras y el tránsito de maquinaria. El proyecto lo atiende con riego periódico de caminos y frentes de trabajo, control de velocidad de circulación interna, cubrimiento de los materiales transportados y de los acopios, y suspensión de actividades de movimiento de tierras en condiciones de viento intenso. Capítulo IV

Fuente: campo de aplicación de cada norma, publicado en el Diario Oficial de la Federación (consulta del 17 de agosto de 2026); actividades de la etapa de preparación del sitio declaradas en el Capítulo I.

Normas que se examinaron y no se listan por ser ajenas al proyecto

Se deja constancia del examen para que la ausencia no se lea como omisión. La **NOM-022-SEMARNAT-2003**, sobre preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de humedales costeros en zonas de manglar, no se lista porque el predio no contiene manglar ni humedal costero, conforme se acredita en II.1.3 inciso b). La **NOM-011-CONAGUA-2015**, sobre conservación del recurso agua y determinación de la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, no impone obligaciones al promovente: fija el método con que la Comisión Nacional del Agua determina la disponibilidad, y su resultado se invoca en este estudio como dato de la fuente oficial, no como obligación de cumplimiento. Las normas de aprovechamiento forestal maderable y de plantaciones forestales tampoco se listan: regulan el aprovechamiento del recurso manteniendo el terreno como forestal, supuesto distinto del cambio de uso de suelo que aquí se solicita.

Resolución de las normas de agua residual, que estaban condicionadas a un dato del proyecto. Las tres normas de esta materia figuraban en la tabla como condicionales, a la espera de que el proyecto definiera el destino de sus aguas residuales. Ese dato está resuelto: el proyecto ejecutivo abastece de agua potable por **conexión a la red general municipal** y desaloja las aguas residuales por **conexión al alcantarillado sanitario municipal** (II.1.3, inciso e). En consecuencia, la **NOM-002-SEMARNAT-1996** pasa a **aplicable** —la descarga a sistema de alcantarillado urbano es exactamente su supuesto—, mientras que la **NOM-001-SEMARNAT-2021** y la **NOM-004-SEMARNAT-2002** quedan como **no aplicables**: la primera exige descarga a cuerpo receptor propiedad de la nación, que no se actualiza, y la segunda presupone planta de tratamiento propia generadora de lodos, que el proyecto no opera. Las tres filas de la Tabla 22 recogen ya esta resolución, y ninguna conserva la condicionalidad.

Esa resolución no depende de una preferencia de diseño sino de una restricción del medio, y conviene señalarlo porque refuerza la coherencia del capítulo: el acuífero Río Culiacán 2504 tiene disponibilidad media anual cero y un déficit de 53.446033 hm³ anuales, de modo que un aprovechamiento subterráneo propio no era una alternativa disponible. La conexión a la red municipal es la consecuencia de esa condición, y la zonificación del proyecto la anticipa al reservar 0.0285 ha para infraestructura del organismo operador (II.3.1).

II.6 Otros instrumentos relevantes

Los apartados anteriores confrontaron el proyecto contra las normas que lo obligan: leyes, reglamentos, normas oficiales mexicanas y ordenamientos territoriales, cuyo incumplimiento tiene consecuencia jurídica directa. Este apartado cambia de registro. Los instrumentos que siguen —la Constitución, los tratados internacionales de los que México es parte y los planes de desarrollo de los tres órdenes de gobierno— no se vinculan en términos de cumplimiento estricto sino de **congruencia**: se demuestra que el proyecto se inserta en el marco de principios y en las orientaciones de política pública que estos instrumentos establecen, y que aporta a sus objetivos.

Esa diferencia de naturaleza no autoriza a agruparlos. Cada instrumento conserva su propio apartado y su propia conclusión, porque un tratado sobre diversidad biológica y otro sobre comercio de especies plantean exigencias distintas y admiten respuestas distintas; fundirlos en un bloque único disolvería el análisis en generalidades.

Tabla 23. Otros instrumentos relevantes — resumen de la congruencia

Instrumento	Materia que aporta al análisis	Resultado de la vinculación	Apartado
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, artículos 4, 25 y 27	Derecho a un medio ambiente sano; rectoría del desarrollo sustentable; régimen de propiedad y aprovechamiento de recursos naturales; competencia federal en materia forestal	Congruente	II.6.1
Convenio sobre la Diversidad Biológica	Conservación de la diversidad biológica y uso sostenible de sus componentes	Congruente	II.6.2
Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)	Comercio internacional de ejemplares, partes y derivados de especies de sus Apéndices	No contraviene; el proyecto no realiza comercio de vida silvestre	II.6.2
Convención de Ramsar sobre los Humedales	Conservación y uso racional de humedales	El supuesto no se actualiza; se deja constancia	II.6.2
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y Acuerdo de París	Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero y conservación de sumideros	Congruente; se cuantifica la pérdida de acervo de carbono y se comprometen medidas	II.6.2
Acuerdo de Escazú	Acceso a la información, participación pública y acceso a la justicia en asuntos ambientales	Congruente; el procedimiento de evaluación aporta el canal de acceso e información	II.6.2
Plan Nacional de Desarrollo vigente	Orientaciones de política pública en materia de vivienda, bienestar y sustentabilidad	Ver apartado	II.6.3
Plan Estatal de Desarrollo de Sinaloa vigente	Política estatal de desarrollo urbano, vivienda y medio ambiente	Ver apartado	II.6.3
Plan Municipal de Desarrollo de Culiacán vigente	Política municipal de crecimiento urbano, servicios e infraestructura	Ver apartado	II.6.3

Instrumento	Materia que aporta al análisis	Resultado de la vinculación	Apartado
Legislación ambiental estatal y reglamentación municipal de Culiacán	Competencias locales concurrentes en materia ambiental y de construcción	Ver apartado	II.6.3

Fuente: Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y tratados internacionales de los que México es parte (Diario Oficial de la Federación); apartados II.6.1 a II.6.3 del presente capítulo. Consulta de vigencia del 17 de agosto de 2026.

La tabla anticipa el resultado; los apartados siguientes lo argumentan. El orden es el de la jerarquía normativa de la Figura 1: primero la norma fundamental, después los instrumentos internacionales y al final los instrumentos de planeación, que son los que traducen ambos niveles en programas concretos de gobierno.

II.6.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Vigencia verificada. Constitución publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de febrero de 1917; última reforma publicada en el DOF el **2 de junio de 2026**. Verificación en el acervo de legislación federal vigente de la Cámara de Diputados, con fecha de consulta **17 de agosto de 2026**.

Tres preceptos constitucionales sostienen todo lo que este capítulo desarrolla, y conviene enunciarlos porque de ellos derivan tanto la obligación del promovente como la competencia de la autoridad que evaluará el proyecto.

Artículo 4, párrafo quinto — derecho a un medio ambiente sano. Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, y el Estado debe garantizarlo; el daño y deterioro ambiental genera responsabilidad para quien lo provoca. Este precepto es la razón última de que un proyecto privado sobre un predio de propiedad particular deba someterse a evaluación: la remoción de 12.5570 ha de cobertura forestal no afecta únicamente al titular del predio, sino a los servicios ambientales de los que depende el bienestar de terceros. El proyecto responde a este mandato por dos vías simultáneas y no contradictorias. Por una parte, satisface una necesidad de vivienda que también es contenido del derecho al bienestar: el crecimiento demográfico de Culiacán demanda suelo habitacional, y esa demanda se atiende o se traslada, pero no desaparece. Por otra, reconoce que satisfacerla tiene un costo ambiental que no oculta —lo cuantifica en 307.4653 tCO_2e de acervo de carbono, 11.5560 ha con remoción del horizonte orgánico y la pérdida de cobertura de un rodal de selva baja caducifolia— y lo atiende con medidas cuya eficacia se mide. La segunda parte del párrafo, sobre la responsabilidad de quien provoca el daño, se traduce en las medidas de delimitación, supervisión y registro que se describen en II.1.3, inciso g).

Artículo 25 — rectoría del desarrollo y sustentabilidad. Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que sea integral y sustentable, y bajo criterios de sustentabilidad se apoyará e impulsará a las empresas del sector privado, cuidando la conservación de los recursos productivos y del medio ambiente. La congruencia del proyecto con este precepto es la de su propia estructura argumental: no plantea el desarrollo y el medio ambiente como términos en conflicto que obliguen a sacrificar uno, sino como términos que el estudio hace compatibles. El proyecto genera vivienda, empleo en la etapa de construcción e incorporación de suelo servido a la ciudad; y lo hace bajo el criterio de sustentabilidad que este artículo impone, sujetándose a la evaluación federal, comprometiendo medidas de conservación de suelo y agua y reponiendo, mediante compensación, los atributos ambientales que la obra remueve.

Artículo 27 — propiedad originaria y competencia sobre los recursos naturales. La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro del territorio nacional corresponde originariamente a la Nación, que tiene el derecho de transmitir su dominio a los particulares y de **imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público**, así como de regular el aprovechamiento de los elementos naturales

susceptibles de apropiación para hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación y lograr el desarrollo equilibrado del país. De este artículo deriva la nota que explica todo el trámite: la titularidad privada del predio no otorga a su propietario una facultad ilimitada de disponer de la vegetación forestal que lo cubre. La autorización de cambio de uso de suelo forestal y la autorización en materia de impacto ambiental son, precisamente, modalidades que el interés público impone a la propiedad privada. El promovente lo reconoce expresamente y por eso no ejecuta obra alguna antes de obtener la resolución de la Secretaría.

Del mismo artículo 27, en relación con el artículo 73, fracción XXIX-G, deriva la competencia federal concurrente en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico, que es la que fundamenta la LGEEPA y la LGDFS analizadas en II.1. La distribución de competencias que de ahí resulta es la que permite afirmar, en II.3, que la resolución federal sobre la procedencia ambiental del cambio de uso de suelo y la determinación municipal sobre la compatibilidad urbanística del uso final son actos distintos, de órdenes de gobierno distintos, que no se sustituyen entre sí.

Conclusión. El proyecto es congruente con los artículos 4, 25 y 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos: reconoce que el aprovechamiento del predio está sujeto a las modalidades que el interés público impone a la propiedad privada y se somete a ellas mediante este procedimiento; asume la responsabilidad por el deterioro que genera, cuantificándolo y compensándolo; y persigue un desarrollo bajo criterios de sustentabilidad, en el que la satisfacción de una demanda social real y la conservación de los recursos naturales se resuelven de manera conjunta y no una a costa de la otra.

II.6.2 Tratados internacionales

Conforme al artículo 133 constitucional, los tratados internacionales celebrados por el Presidente de la República con aprobación del Senado son Ley Suprema de toda la Unión. Su peso en la evaluación de un proyecto de esta escala es menor que el de los ordenamientos territoriales o el de las leyes sustantivas, y por eso su tratamiento aquí es económico. Económico, sin embargo, no significa agrupado: cada convenio conserva su apartado y su conclusión, porque cada uno plantea una exigencia distinta y admite una respuesta distinta.

Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). El Convenio persigue la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios derivados de los recursos genéticos. El proyecto se vincula con el primero y el segundo de esos objetivos, en tanto la superficie a intervenir sostiene comunidades de flora y fauna silvestres cuya composición y estructura se caracterizan en el Capítulo III. La congruencia se acredita con el propio contenido del estudio: la caracterización del componente biótico en tres escalas —Región Ecológica de 37,971.7516 ha, Área de Influencia de 276.19 ha y Área del Proyecto de 13.4689 ha—, el cálculo de los índices de diversidad que permiten dimensionar lo que se pierde, y la cartera de medidas de rescate y reubicación de flora y fauna, conservación de vegetación remanente en áreas verdes y taludes, y restauración del predio de compensación. *Conclusión: el proyecto es congruente con los objetivos de conservación y uso sostenible del Convenio sobre la Diversidad Biológica.*

Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). La Convención regula el comercio internacional de ejemplares, partes y derivados de las especies incluidas en sus Apéndices. **El proyecto no contempla actividad alguna de aprovechamiento extractivo, comercialización, importación, exportación o reexportación de ejemplares de vida silvestre**: su relación

con la vida silvestre es de afectación de hábitat, no de comercio. La Convención no le impone, por tanto, obligación de trámite. El proyecto sí adopta, no obstante, la medida que evita que su ejecución derive en una conducta contraria a ella: se prohíbe expresamente al personal, contratistas y terceros la captura, colecta, extracción, posesión, transporte o comercialización de ejemplares, partes o derivados de flora y fauna silvestres, prohibición que se refuerza con capacitación ambiental, señalización y supervisión. *Conclusión: el proyecto no contraviene la CITES; la prohibición expresa al personal es la medida que cierra el riesgo de que una conducta individual en obra lo hiciera.*

Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional (Ramsar). La Convención promueve la conservación y el uso racional de los humedales y de sus recursos. **El supuesto no se actualiza**, y la constancia se emite con dato métrico: el cruce del polígono del Área del Proyecto contra la capa oficial de sitios Ramsar acredita que el más próximo, **«Ensenada de Pabellones»** —sitio núm. 1760, designado el 2 de febrero de 2008—, se localiza a **35,162.9 metros (35.16 km) al Suroeste**, y a 34,473.3 metros del Área de Influencia, sin incidencia alguna (II.4.3). Con todo, la no actualización del supuesto no descansa en esa distancia sino en el ecosistema del predio: éste no se ubica en un humedal, y el proyecto no afecta vegetación hidrófila, cuerpo de agua ni flujo hidrológico de humedal alguno, conforme se acredita en II.1.3, incisos b) y e). La distancia refuerza la conclusión; no la funda —si el predio contuviera humedal, treinta y cinco kilómetros de separación no lo apartarían del régimen de la Convención—. No se invocan por cercanía obligaciones que corresponden a otro supuesto. *Conclusión: no se actualiza el supuesto de la Convención de Ramsar, y la constancia queda acreditada tanto por el ecosistema del predio como por los 35,162.9 metros que lo separan del sitio Ramsar más próximo.*

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y Acuerdo de París. Ambos instrumentos comprometen a México a mitigar sus emisiones de gases de efecto invernadero y a conservar e incrementar sus sumideros de carbono. El proyecto incide en esta materia por una vía inequívoca: la remoción de la cobertura forestal libera el acervo de carbono almacenado en la vegetación, cuantificado en **307.4653 tCO_2e**. El estudio no elude esa cifra ni la presenta como marginal; la declara, la atribuye a la etapa de preparación del sitio y le opone las medidas de compensación y restauración cuyo aporte se cuantifica en el balance del Capítulo IV. La congruencia con estos instrumentos, en un proyecto que remueve vegetación, no puede sostenerse en la intención sino en el saldo, y por eso el estudio lo presenta con la misma unidad de medida en la que expresa la pérdida. *Conclusión: el proyecto es congruente con los objetivos de mitigación y conservación de sumideros de la Convención Marco y del Acuerdo de París, en los términos del balance de carbono del Capítulo IV.*

Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe (Acuerdo de Escazú). El Acuerdo garantiza el acceso a la información ambiental, la participación pública en los procesos de toma de decisiones ambientales y el acceso a la justicia en la materia. El proyecto es congruente con él por la vía del procedimiento al que se somete: el artículo 34 de la LGEEPA obliga a poner la manifestación a disposición del público una vez integrado el expediente, faculta a cualquier ciudadano a solicitar su consulta y a proponer medidas adicionales de prevención y mitigación, y obliga al promovente a publicar a su costa un extracto del proyecto en un periódico de amplia circulación en la entidad. El promovente asume esas obligaciones y no solicita reserva sobre la información ambiental del expediente. *Conclusión: el proyecto es congruente con el Acuerdo de Escazú, al someterse a un procedimiento que asegura el acceso público a la información ambiental del expediente y la posibilidad de participación de la comunidad.*

II.6.3 Instrumentos de planeación del desarrollo

Los planes de desarrollo de los tres órdenes de gobierno no imponen obligaciones exigibles al promovente: fijan los objetivos, ejes y estrategias que orientan la acción pública durante un periodo determinado. La vinculación con ellos es, por tanto, de **congruencia estratégica** y no de cumplimiento, y se demuestra estableciendo qué objetivo concreto del plan aborda el proyecto y con qué aporte medible, no declarando adhesión a sus principios generales. La legislación ambiental estatal y la reglamentación municipal, en cambio, sí imponen obligaciones, y por eso se tratan en la segunda parte del apartado con otro registro.

Verificación. La denominación, la fecha de publicación y la vigencia de cada instrumento se verificaron en el Diario Oficial de la Federación, en el Periódico Oficial «El Estado de Sinaloa» y en los portales oficiales del Gobierno del Estado de Sinaloa y del H. Ayuntamiento de Culiacán, con **fecha de consulta 17 de agosto de 2026**. Donde la publicación en el periódico oficial no pudo confirmarse en fuente primaria, se declara expresamente en lugar de darse por buena.

Tabla 24. Instrumentos de planeación del desarrollo — congruencia del proyecto

Instrumento	Eje u objetivo que el proyecto toca	Aporte del proyecto que sostiene la congruencia
Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 15 de abril de 2025	Eje general 2, Desarrollo con bienestar y humanismo, en su vertiente de vivienda; y eje general 4, **Desarrollo sustentable**	El proyecto produce vivienda unifamiliar y plurifamiliar sobre 5.5718 ha en un predio contiguo a la mancha urbana, y lo hace bajo condiciones de sustentabilidad verificables: 1.6192 ha reservadas como no edificables, 1.3311 ha con restauración comprometida, 19,325 m³ de recuperación de infiltración in situ acumulada y compensación del acervo de carbono frente a las 307.4653 tCO_2e de pérdida
Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030	Eje transversal 3, Derechos de los pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas	No se identifica territorio de pueblos indígenas en la Región Ecológica ni el municipio figura en región indígena alguna del Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas, conforme se acredita en II.7
Plan Estatal de Desarrollo de Sinaloa 2022-2027. Publicado en el Periódico Oficial «El Estado de Sinaloa» núm. 052 Bis, 29 de abril de 2022	Eje 1, Bienestar social sostenible; eje 2, Desarrollo económico	Incorporación de suelo servido y de vivienda a la oferta del principal centro de población del estado, con 1.3083 ha de vialidad municipal y 0.2054 ha de donación que pasan al patrimonio público, y con generación de empleo en la etapa de construcción
Plan Municipal de Desarrollo de Culiacán 2025-2027. Publicado en el Periódico Oficial «El Estado de Sinaloa» núm. 084, Primera Sección, páginas 48 a 112, 11 de julio de 2025	Ejes de bienestar social sostenible y de desarrollo económico; eje transversal de capital incluyente	Crecimiento urbano contiguo que aprovecha infraestructura existente en lugar de extenderla sobre territorio abierto; reserva de 0.0285 ha para infraestructura del organismo operador municipal de agua potable y alcantarillado; y prevención del riesgo mediante 0.2007 ha de restricción pluvial y 1.1648 ha de talud excluidas de vivienda

Instrumento	Eje u objetivo que el proyecto toca	Aporte del proyecto que sostiene la congruencia
Programa Sectorial de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano 2025-2030. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 1 de septiembre de 2025	Objetivo 2: impulsar la prosperidad de los territorios y las comunidades mediante derechos, conservación ambiental, equidad, ordenamiento territorial y coordinación intergubernamental. Por tratarse de un proyecto de vivienda, también el objetivo 3, sobre acceso a vivienda adecuada	El proyecto incorpora suelo servido y 707 viviendas a la oferta del principal centro de población del estado, en continuidad con la mancha urbana y sobre suelo que el instrumento municipal reserva para ese destino (II.3.1), con 1.3083 ha de vialidad municipal y 0.2054 ha de donación que pasan al patrimonio público
Programa Nacional de Vivienda 2026-2030. Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de abril de 2026	Objetivo 4: vincular la vivienda adecuada con un ordenamiento territorial justo y sostenible. No es un programa sectorial sino nacional, derivado del anterior, y sólo procede invocarlo por incluir el proyecto vivienda	La congruencia se acredita por la localización: el proyecto produce vivienda dentro del centro de población y sobre suelo zonificado para ello, en lugar de extender la mancha urbana sobre territorio abierto (II.3.2)
Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2025-2030. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 8 de septiembre de 2025	Objetivo 1: conservación, protección y aprovechamiento sustentable de ecosistemas, biodiversidad y servicios ambientales. Objetivo 2, por comprometer el proyecto restauración y compensación. Objetivo 3, por incidir sobre agua, descargas y recarga	Restauración comprometida en 1.3311 ha y en el predio de compensación, sobre un territorio que la propia Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad identifica como sitio prioritario para la restauración de prioridad extrema (II.4.2); balance de carbono del sistema con medidas de +357.84 tCO_2e sobre la línea base; recuperación de 19,325 m³ de infiltración in situ acumulada sobre un acuífero en déficit; y conexión a redes municipales en lugar de aprovechamiento subterráneo propio (II.1.3, inciso e)

Fuente: Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030, Diario Oficial de la Federación, 15 de abril de 2025; Plan Estatal de Desarrollo de Sinaloa 2022-2027 y Plan Municipal de Desarrollo de Culiacán 2025-2027, portales oficiales del Gobierno del Estado y del H. Ayuntamiento; superficies y compromisos del proyecto tomados de la capa de zonificación y de los resultados consolidados del estudio. Consulta del 17 de agosto de 2026.

Lectura de la tabla. Las tres columnas no dicen lo mismo con distintas palabras. La primera identifica el instrumento con su publicación oficial; la segunda nombra el eje u objetivo concreto que el proyecto toca —no el plan entero, porque un plan de desarrollo abarca materias que nada tienen que ver con un fraccionamiento—; y la tercera pone el aporte del proyecto en la misma unidad en que se le puede verificar: hectáreas de suelo, metros cúbicos de infiltración, toneladas de dióxido de carbono equivalente. Obsérvese que los tres órdenes de gobierno convergen en el mismo par de objetivos —producir vivienda y hacerlo de manera sustentable— y que el proyecto responde a ambos con los mismos hechos de diseño, leídos desde ángulos distintos: el federal lo mira como sustentabilidad, el estatal como bienestar y economía, el municipal como aprovechamiento de infraestructura y prevención del riesgo.

Una precisión sobre los tres instrumentos sectoriales federales, porque su inclusión no es automática. El **Programa Sectorial de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano** y el **Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales** son los dos programas sectoriales que alcanzan a una obra de esta

naturaleza, y se invocan por los objetivos que efectivamente la tocan y no por su enunciado completo. El **Programa Nacional de Vivienda**, en cambio, no es un programa sectorial sino un programa nacional derivado del primero, y sólo procede incorporarlo porque este proyecto produce vivienda; en un proyecto de otro giro no tendría lugar en esta tabla, y se hace constar la distinción para que su presencia no se lea como acumulación indiscriminada de instrumentos.

Legislación ambiental estatal y reglamentación municipal. A diferencia de los planes, estos instrumentos sí obligan. Y uno de ellos tiene una consecuencia procedimental que conviene no pasar por alto.

Tabla 25. Instrumentos normativos de las esferas estatal y municipal

Instrumento	Publicación y última reforma	Disposición aplicable al proyecto	Congruencia o cumplimiento
Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Sinaloa. Decreto 821, Periódico Oficial núm. 043, 8 de abril de 2013; última reforma Periódico Oficial núm. 158, 30 de diciembre de 2024	Competencia estatal concurrente en materia ambiental	Obligaciones ambientales de competencia estatal, adicionales e independientes de la resolución federal	El promovente reconoce la concurrencia y se obliga a tramitar ante la autoridad ambiental estatal las autorizaciones que resulten aplicables, antes de ejecutar la etapa que las requiera
Reglamento de la Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Sinaloa en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, publicado el 3 de noviembre de 2017	Procedimiento estatal de evaluación del impacto ambiental para obras y actividades de competencia local	Determina si el fraccionamiento, además de la autorización federal, requiere evaluación de impacto ambiental de competencia estatal	Ver el marcador siguiente: es una determinación de competencia que debe resolverse antes de la presentación
Reglamento de Ecología y Protección al Ambiente para el Municipio de Culiacán. Periódico Oficial núm. 125, 14 de octubre de 1992; última reforma Periódico Oficial núm. 126, 12 de octubre de 2018 (Decreto Municipal núm. 26)	Residuos sólidos urbanos, arbolado urbano, ruido y descargas en el ámbito municipal	Manejo de residuos sólidos urbanos a través del servicio municipal de limpia; control de ruido conforme a la NOM-081-SEMARNAT-1994 y su modificación de 2013 (II.5); arbolado de las áreas verdes con especies compatibles con el ecosistema local	
Reglamento de Construcciones para el Municipio de Culiacán. Decreto Municipal núm. 31, Periódico Oficial núm. 054, 4 de mayo de 2007; última reforma por Decreto Municipal núm. 14, Periódico Oficial núm. 075, **19 de junio de 2024**	Especificaciones constructivas, licencias de construcción y supervisión de obra	Las licencias de urbanización y construcción se tramitan ante el Ayuntamiento antes de ejecutar el uso final, conforme se asienta en II.3.2 y II.3.3	

Fuente: Periódico Oficial «El Estado de Sinaloa» y compilaciones oficiales de la normativa estatal y municipal; consulta del 17 de agosto de 2026.

Autorizaciones adicionales que el promovente deberá tramitar. El promovente reconoce que, además de la resolución federal en materia de impacto ambiental y de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, el proyecto queda sujeto a las autorizaciones de competencia estatal y municipal que le resulten aplicables, y se obliga a tramitarlas ante la autoridad correspondiente antes de ejecutar la etapa que las requiera. Entre ellas se identifican, de forma expresa y sin agotar la lista:

Autorización	Autoridad competente	Momento en que se tramita
Evaluación de impacto ambiental de competencia estatal, conforme al Reglamento de la Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Sinaloa en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental	Autoridad ambiental del Estado de Sinaloa	Previo al inicio de la etapa de preparación del sitio
Licencia de urbanización y licencia de construcción	H. Ayuntamiento de Culiacán	Previo al inicio de la urbanización y de la edificación, respectivamente
Autorización de fraccionamiento	Autoridad estatal y municipal, conforme a la Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Sinaloa	Previo a la enajenación de lotes
Factibilidades de servicio de agua potable, alcantarillado y energía eléctrica	Organismo operador municipal y suministrador de energía	Previo a la ejecución de la infraestructura correspondiente

Fuente: legislación estatal y municipal citada en la Tabla 25 del presente apartado.

Este reconocimiento no es una fórmula de cortesía. Si el proyecto actualizara también un supuesto de competencia estatal en materia de impacto ambiental, tendría que sustanciarse un segundo procedimiento de evaluación, con sus propios plazos, y su omisión sería observable con independencia del resultado del trámite federal. El promovente lo asume como autorización adicional a tramitar y no como cuestión pendiente de resolver por este estudio, porque la determinación de competencia corresponde a la autoridad estatal y no al promovente.

Reformas recientes de la normativa estatal y municipal: qué se verificó y qué no pudo confirmarse. La reforma al **Reglamento de Construcciones para el Municipio de Culiacán** consta expedida por **Decreto Municipal núm. 14, publicado en el Periódico Oficial «El Estado de Sinaloa» núm. 075 del 19 de junio de 2024**, y es la versión que los repositorios oficiales del municipio y del Estado publican como vigente; la Tabla 25 la recoge. Respecto de la **Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Sinaloa**, consta que el 4 de junio de 2026 las comisiones unidas del Congreso del Estado aprobaron un dictamen de reforma en materia de gestión integral de residuos y de reducción de plásticos de un solo uso; la consulta del 17 de agosto de 2026 **no localizó en el Periódico Oficial la publicación de ese decreto**, de modo que la versión vigente y exigible sigue siendo la que la Tabla 25 declara. Un dictamen de comisiones no es una reforma publicada, y este estudio no vincula el proyecto a un texto que no ha entrado en vigor.

La vinculación se establece, en consecuencia, contra el texto publicado y en vigor, que es el único exigible al promovente.

Sobre la relación entre la esfera local y la federal. La legislación ambiental estatal y la reglamentación municipal establecen competencias **concurrentes**, no sustitutivas, respecto de la federal. Que el proyecto obtenga la resolución de la Secretaría no lo exime de las autorizaciones estatales y municipales que resulten aplicables, ni la existencia de éstas prejuzga aquélla. Ese reparto es el mismo que se desarrolla en II.3.2 a propósito de la zonificación, y aquí se reitera en su vertiente de compromiso: el promovente se obliga a tramitar cada autorización ante la autoridad que corresponda, antes de ejecutar la etapa que la requiere.

II.7 Localidades con población indígena

Este apartado responde a una exigencia que la legislación forestal formula de manera expresa. El párrafo final del artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable dispone que, tratándose de terrenos ubicados en **territorios indígenas**, la autorización de cambio de uso de suelo deberá acompañarse de medidas de **consulta previa, libre, informada, culturalmente adecuada y de buena fe**, en los términos de la legislación aplicable, y que para ello la Secretaría se coordinará con el Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas. El mismo deber deriva del Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes, y del artículo 2 constitucional.

La cuestión, por tanto, no es de forma sino de fondo: si el predio se ubicara en territorio indígena, la autorización sería jurídicamente inviable sin un proceso de consulta previamente agotado. Determinarlo con precisión es una condición de procedencia, no un requisito de completitud documental.

Resultado del análisis territorial. El inventario socioterritorial de la Región Ecológica, elaborado sobre la unidad de análisis de **37,971.7516 ha** —379.72 km²— en EPSG:32613, examinó la incidencia de territorios de pueblos indígenas dentro de esa superficie. El resultado es **Ninguno**: no se identifica territorio alguno de pueblos indígenas dentro de la Región Ecológica. El mismo inventario reporta, en cambio, 30 asentamientos urbanos y 133 localidades rurales dentro de la Región Ecológica, ninguna de ellas registrada como localidad de población indígena en la capa consultada.

Ese resultado resuelve simultáneamente las tres escalas de análisis del estudio, por una razón geométrica que conviene hacer explícita para que el evaluador no deba reconstruirla: las tres escalas son concéntricas y encajadas —el Área del Proyecto de **13.4689 ha** está contenida en el Área de Influencia de **276.19 ha**, y ésta en la Región Ecológica de **37,971.7516 ha**—. Si no existe territorio indígena en la superficie mayor, tampoco puede existir en ninguna de las dos que ella contiene. La constancia de no incidencia es, en consecuencia, válida tanto en el sitio de intervención como en su zona de influencia.

Tabla 26. Localidades con población indígena — resultado por escala de análisis

Escala de análisis	Superficie	Territorios de pueblos indígenas identificados	Consecuencia jurídica
Área del Proyecto (sitio de intervención)	13.4689 ha	Ninguno	No se actualiza el supuesto de consulta previa del artículo 93 de la LGDFS
Área de Influencia	276.19 ha	Ninguno	No se actualiza el supuesto
Región Ecológica	37,971.7516 ha	Ninguno	No se actualiza el supuesto

Fuente: inventario socioterritorial de la Región Ecológica, elaborado a partir del Marco Geoestadístico del INEGI y de la capa de pueblos indígenas del Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas, para el estado 25 (Sinaloa).

Confirmación en la fuente institucional. El resultado del análisis territorial coincide con lo que declara el propio Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas. La consulta del **17 de agosto de 2026** al documento oficial «Regiones indígenas de México» (Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas, enero de 2022) acredita que **el municipio de Culiacán no forma parte de ninguna región indígena**: la única región del estado de Sinaloa es la **Región 132, «Región Yoreme-Mayo de Sinaloa»**, integrada exclusivamente por los municipios de Ahome, Angostura, Choix, El Fuerte, Guasave y Sinaloa. El municipio de Culiacán no aparece en ese documento. El Atlas de los Pueblos Indígenas del propio Instituto, por su parte, identifica a los pueblos Mayo, Tarahumara y Tepehuano del Sur como los de mayor presencia estatal, sin desglose municipal que comprenda a Culiacán.

Dos fuentes independientes convergen, entonces, en el mismo resultado: el análisis de incidencia sobre las capas territoriales y la regionalización oficial del Instituto. Esa convergencia es la que sostiene la conclusión de este apartado.

Alcance de la verificación. La regionalización oficial del Instituto es la fuente que resuelve la pregunta que el artículo 93 formula, porque se pronuncia sobre la adscripción del municipio y no sobre la existencia de comunidades en el estado. El **Catálogo Nacional de Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas** registra 32 comunidades en Sinaloa, ninguna de ellas en un municipio de los que integran la Región 132, que es la única del estado. Al no localizarse comunidad ni región indígena en el municipio ni en ninguna de las tres escalas territoriales del estudio, **no hay supuesto que acreditar mediante constancia**: la no incidencia queda sostenida por el análisis territorial y por la regionalización oficial, que son las dos fuentes que convergen. La cartografía de no incidencia a escala de Área del Proyecto y Área de Influencia se integra como **Anexo II.6**.

Consecuencia sobre el procedimiento. Al no actualizarse el supuesto de territorio indígena, **no procede el proceso de consulta previa, libre e informada** del artículo 93 de la LGDFS ni del Convenio 169 de la OIT, y en consecuencia este estudio no presenta la Tabla II.10 de resumen de consulta, que sólo tendría contenido en el supuesto contrario. Se deja constancia expresa de la razón por la que esa tabla no se incluye, para que su ausencia no se interprete como omisión.

Esta constancia no exime al proyecto de sus obligaciones de información y participación pública de alcance general, que operan con independencia de la composición étnica de la población: la manifestación se pone a disposición del público conforme al artículo 34 de la LGEEPA y el promovente publica el extracto del proyecto que ese artículo le exige, según se desarrolla en II.6.2 al vincular el Acuerdo de Escazú.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

MODALIDAD PARTICULAR

CAPÍTULO III.

Fraccionamiento Sedona

Contenido

Contenido 2
Índice de tablas 3
Índice de figuras 8
III.1 Delimitación de la Región Ecológica (RE) 17
III.1.1 Criterios y métodos utilizados para la delimitación 18
III.1.2 Superficie y representación gráfica de la Región Ecológica 23
III.2 Caracterización de los componentes ambientales de la RE 28
III.2.1 Componente abiótico 29
III.2.2 Componente biótico 74
III.2.3 Componente socioeconómico 83
III.2.4 Componente perceptual (paisaje) 90
III.3 Metodología y resultados de los muestreos de flora y fauna 99
III.3.1 Resumen y metodología de muestreos 99
III.3.2 Análisis estadístico de representatividad 106
III.4 Especies endémicas y en categoría de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010) 143
III.5 Índices de diversidad biológica 172
III.5.0 Índices empleados 172
III.5.1 Flora del Área del Proyecto 173
III.5.2 Flora del Área de Influencia 198
III.5.3 Flora de la Región Ecológica 222
III.5.4 Comparación de la flora entre las tres escalas 249
III.5.5 Fauna del Área del Proyecto 254
III.5.6 Fauna del Área de Influencia 271
III.5.7 Fauna de la Región Ecológica 283
III.5.8 Estacionalidad, gremios tróficos e importancia ecológica de la fauna 297
III.5.9 Síntesis comparativa de la fauna 330
III.6 Análisis de los componentes ambientales al interior de la RE 335
III.7 Diagnóstico ambiental 340
III.8 Problemáticas ambientales en la Región Ecológica 349
III.9 Reporte general de incidencias del Proyecto y su AI 358

Índice de tablas

Tabla 1. Escalas territoriales del estudio: definición, superficie y origen del dato. 17
Tabla 2. Composición de la red de drenaje de la Región Ecológica por orden de Strahler. 19
Tabla 3. Razones de bifurcación entre órdenes consecutivos de la red de drenaje de la Región Ecológica. 20
Tabla 4. Condición de los cauces de la Región Ecológica: longitud y proporción de la red. 20
Tabla 5. Parámetros morfométricos de la Región Ecológica. 24
Tabla 6. Distribución altitudinal de la Región Ecológica: superficie acumulada por cota. 25
Tabla 7. Unidades territoriales del estudio: polígonos, superficie, vértices y formatos entregados. 28
Tabla 8. Tipos climáticos de Köppen modificada por García en las tres escalas. 29
Tabla 9. Estaciones climatológicas de referencia: clave, ubicación y altitud. 30
Tabla 10. Normales climatológicas mensuales 1991-2020 de las estaciones de referencia. 31
Tabla 11. Unidades geológicas en las tres escalas. 33
Tabla 12. Subprovincias fisiográficas en las tres escalas. 36
Tabla 13. Sistemas de topoformas de la Región Ecológica: superficie por clase. 37
Tabla 14. Clases de pendiente en la Región Ecológica. 40
Tabla 15. Clases de pendiente en el Área de Influencia. 41
Tabla 16. Clases de pendiente en el Área del Proyecto. 41
Tabla 17. Exposición de las laderas en la Región Ecológica. 43
Tabla 18. Exposición de las laderas en el Área del Proyecto. 44
Tabla 19. Exposición de las laderas en el Área de Influencia. 45
Tabla 20. Distribución altitudinal del Área del Proyecto: superficie acumulada por cota. 46
Tabla 21. Distribución altitudinal del Área de Influencia: superficie acumulada por cota. 46
Tabla 22. Unidades de suelo en las tres escalas. 47
Tabla 23. Clases de erosión del suelo en las tres escalas. 51
Tabla 24. Procesos de degradación del suelo (claves ASSOD) en la Región Ecológica y el Área de Influencia. 55
Tabla 25. Grado de degradación del suelo en la Región Ecológica y el Área de Influencia. 56
Tabla 26. Cuerpos de agua superficiales en la Región Ecológica: superficie por clase. 60
Tabla 27. Acuífero en que se ubica la Región Ecológica. 61
Tabla 28. Balance hidrológico del acuífero Río Culiacán (2504). 61
Tabla 29. Grado de riesgo por ciclones tropicales en la Región Ecológica. 64
Tabla 30. Índice de vulnerabilidad a inundación en la Región Ecológica. 64
Tabla 31. Peligro por tormentas eléctricas en la Región Ecológica. 64
Tabla 32. Regionalización sísmica de la Región Ecológica. 65
Tabla 33. Grado de riesgo por sequía en la Región Ecológica. 65
Tabla 34. Grado de riesgo por granizo en la Región Ecológica. 65
Tabla 35. Calidad del aire en la Región Ecológica: parámetros, valores y referencias de comparación. 72
Tabla 36. Niveles de ruido en el Área de Influencia: elementos del entorno y fuentes sonoras. 73
Tabla 37. Uso de suelo y vegetación en la Región Ecológica, escala 1:250 000 (Serie VII). 74
Tabla 38. Uso de suelo y vegetación en la Región Ecológica, escala 1:75 000. 75
Tabla 39. Cubierta vegetal del Área de Influencia: superficie por clase. 78
Tabla 40. Cubierta vegetal del Área del Proyecto y condición respecto del cambio de uso de suelo. 79
Tabla 41. Fracciones del predio dentro del Área del Proyecto: superficie y proporción. 80
Tabla 42. Biota potencial de la Región Ecológica: registros consultados, familias y especies por grupo. 81

Tabla 43. Poblamiento de la Región Ecológica: unidades y superficie por categoría. 84
Tabla 44. Infraestructura de comunicación en la Región Ecológica: longitud de la red por tipo de vialidad. 84
Tabla 45. Población y vivienda de las localidades rurales de la Región Ecológica. 85
Tabla 46. Perfil demográfico, educativo, económico y de vivienda por ámbito territorial. 86
Tabla 47. Grado de marginación y rezago social de las localidades de la Región Ecológica. 88
Tabla 48. Grado de marginación urbana y rezago social por AGEB en el borde urbano y el Área de Influencia. 88
Tabla 49. Estructura económica por sector SCIAN en la Región Ecológica y el Área de Influencia. 89
Tabla 50. Cuenca visual del Área del Proyecto: puntos evaluados y puntos con vista por origen del observador. 91
Tabla 51. Cuenca visual del Área del Proyecto: observadores viales por zona de percepción. 92
Tabla 52. Vías y localidades desde las que se observa el Área del Proyecto. 93
Tabla 53. Superficie de cuenca visual del Área del Proyecto según la condición del análisis. 95
Tabla 54. Origen de la altura de pantalla vegetal empleada en el análisis de visibilidad. 96
Tabla 55. Factores, pesos y escalas de calificación de la calidad visual. 97
Tabla 56. Calidad visual de la Región Ecológica por clase. 97
Tabla 57. Esfuerzo de muestreo de flora por escala y estrato analítico. 102
Tabla 58. Diseño y esfuerzo de muestreo de fauna por escala, grupo y técnica de registro. 103
Tabla 59. Asignación georreferenciada de las unidades de muestreo de fauna. 104
Tabla 60. Representatividad del muestreo de flora en el Área del Proyecto: estrato arbóreo y de regeneración. 107
Tabla 61. Representatividad del muestreo de flora en el Área del Proyecto: estrato arbustivo. 108
Tabla 62. Representatividad del muestreo de flora en el Área del Proyecto: otras formas de vida. 109
Tabla 63. Representatividad del muestreo de flora en el Área del Proyecto: estrato herbáceo. 110
Tabla 64. Representatividad del muestreo de flora en el Área de Influencia: estrato arbóreo y de regeneración. 115
Tabla 65. Representatividad del muestreo de flora en el Área de Influencia: estrato arbustivo. 116
Tabla 66. Representatividad del muestreo de flora en el Área de Influencia: otras formas de vida. 116
Tabla 67. Representatividad del muestreo de flora en el Área de Influencia: estrato herbáceo. 118
Tabla 68. Representatividad del muestreo de flora en la Región Ecológica: estrato arbóreo y de regeneración. 123
Tabla 69. Representatividad del muestreo de flora en la Región Ecológica: estrato arbustivo. 124
Tabla 70. Representatividad del muestreo de flora en la Región Ecológica: otras formas de vida. 125
Tabla 71. Representatividad del muestreo de flora en la Región Ecológica: estrato herbáceo. 126
Tabla 72. Representatividad del muestreo de aves en el Área del Proyecto. 131
Tabla 73. Representatividad del muestreo de mamíferos en el Área del Proyecto. 132
Tabla 74. Representatividad del muestreo de reptiles en el Área del Proyecto. 133
Tabla 75. Representatividad del muestreo de aves en la Región Ecológica. 134
Tabla 76. Representatividad del muestreo de mamíferos en la Región Ecológica. 135
Tabla 77. Representatividad del muestreo de reptiles en la Región Ecológica. 136
Tabla 78. Riqueza registrada y especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por escala y grupo. 144
Tabla 79. Flora en categoría de riesgo: especie, nombre común y categoría NOM-059-SEMARNAT-2010. 145
Tabla 80. Registros de flora en categoría de riesgo: especie, escala y sitio de muestreo. 145

Tabla 81. Registros de flora en categoría de riesgo en el Área del Proyecto: unidad de registro y coordenadas. 147
Tabla 82. Flora endémica de México registrada en el estudio: forma de vida, categoría NOM-059 y densidad por escala. 150
Tabla 83. Fauna en categoría de riesgo, endémica y en listados internacionales: consolidado por escala. 152
Tabla 84. Caracterización de campo de las aves del Área del Proyecto: estatus normativo y distribución ecológica. 158
Tabla 85. Caracterización de campo de los mamíferos del Área del Proyecto: estatus normativo y distribución ecológica. 160
Tabla 86. Caracterización de campo de los reptiles del Área del Proyecto: estatus normativo y distribución ecológica. 161
Tabla 87. Caracterización de campo de las aves de la Región Ecológica: estatus normativo y distribución ecológica. 162
Tabla 88. Caracterización de campo de los mamíferos de la Región Ecológica: estatus normativo y distribución ecológica. 165
Tabla 89. Caracterización de campo de los reptiles de la Región Ecológica: estatus normativo y distribución ecológica. 165
Tabla 90. Verificación del estatus normativo y de endemismo de diez especies de flora. 169
Tabla 91. Especies potenciales en categoría de riesgo según la Lista Roja de la UICN y su registro en campo. 171
Tabla 92. Índices de diversidad empleados: fórmula y autoría. 172
Tabla 93. Densidad por especie del estrato arbóreo y de regeneración en el Área del Proyecto. 173
Tabla 94. Índices de diversidad del estrato arbóreo y de regeneración en el Área del Proyecto. 176
Tabla 95. Valor de importancia de las especies del estrato arbóreo y de regeneración en el Área del Proyecto. 178
Tabla 96. Densidad por especie del estrato arbustivo en el Área del Proyecto. 181
Tabla 97. Índices de diversidad del estrato arbustivo en el Área del Proyecto. 182
Tabla 98. Valor de importancia de las especies del estrato arbustivo en el Área del Proyecto. 185
Tabla 99. Densidad por especie del estrato de otras formas de vida en el Área del Proyecto. 186
Tabla 100. Índices de diversidad del estrato de otras formas de vida en el Área del Proyecto. 188
Tabla 101. Valor de importancia de las especies del estrato de otras formas de vida en el Área del Proyecto. 191
Tabla 102. Densidad por especie del estrato herbáceo en el Área del Proyecto. 192
Tabla 103. Índices de diversidad del estrato herbáceo en el Área del Proyecto. 193
Tabla 104. Valor de importancia de las especies del estrato herbáceo en el Área del Proyecto. 196
Tabla 105. Síntesis de los índices de diversidad de flora del Área del Proyecto por estrato. 197
Tabla 106. Diversidad beta entre sitios de muestreo de flora del Área del Proyecto por estrato. 198
Tabla 107. Densidad por especie del estrato arbóreo y de regeneración en el Área de Influencia. 198
Tabla 108. Índices de diversidad del estrato arbóreo y de regeneración en el Área de Influencia. 200
Tabla 109. Valor de importancia de las especies del estrato arbóreo y de regeneración en el Área de Influencia. 203
Tabla 110. Densidad por especie del estrato arbustivo en el Área de Influencia. 205
Tabla 111. Índices de diversidad del estrato arbustivo en el Área de Influencia. 206
Tabla 112. Valor de importancia de las especies del estrato arbustivo en el Área de Influencia. 209
Tabla 113. Densidad por especie del estrato de otras formas de vida en el Área de Influencia. 210

Tabla 114. Índices de diversidad del estrato de otras formas de vida en el Área de Influencia. 212
Tabla 115. Valor de importancia de las especies del estrato de otras formas de vida en el Área de Influencia. 215
Tabla 116. Densidad por especie del estrato herbáceo en el Área de Influencia. 216
Tabla 117. Índices de diversidad del estrato herbáceo en el Área de Influencia. 217
Tabla 118. Valor de importancia de las especies del estrato herbáceo en el Área de Influencia. 220
Tabla 119. Síntesis de los índices de diversidad de flora del Área de Influencia por estrato. 221
Tabla 120. Diversidad beta entre sitios de muestreo de flora del Área de Influencia por estrato. 222
Tabla 121. Densidad por especie del estrato arbóreo y de regeneración en la Región Ecológica. 222
Tabla 122. Índices de diversidad del estrato arbóreo y de regeneración en la Región Ecológica. 225
Tabla 123. Valor de importancia de las especies del estrato arbóreo y de regeneración en la Región Ecológica. 228
Tabla 124. Densidad por especie del estrato arbustivo en la Región Ecológica. 231
Tabla 125. Índices de diversidad del estrato arbustivo en la Región Ecológica. 232
Tabla 126. Valor de importancia de las especies del estrato arbustivo en la Región Ecológica. 235
Tabla 127. Densidad por especie del estrato de otras formas de vida en la Región Ecológica. 236
Tabla 128. Índices de diversidad del estrato de otras formas de vida en la Región Ecológica. 238
Tabla 129. Valor de importancia de las especies del estrato de otras formas de vida en la Región Ecológica. 241
Tabla 130. Densidad por especie del estrato herbáceo en la Región Ecológica. 242
Tabla 131. Índices de diversidad del estrato herbáceo en la Región Ecológica. 244
Tabla 132. Valor de importancia de las especies del estrato herbáceo en la Región Ecológica. 246
Tabla 133. Síntesis de los índices de diversidad de flora de la Región Ecológica por estrato. 248
Tabla 134. Diversidad beta entre sitios de muestreo de flora de la Región Ecológica por estrato. 249
Tabla 135. Diversidad beta de flora entre las tres escalas por estrato. 251
Tabla 136. Abundancia por especie de las aves del Área del Proyecto. 254
Tabla 137. Índices de diversidad de las aves del Área del Proyecto. 257
Tabla 138. Valor de importancia de las aves del Área del Proyecto. 260
Tabla 139. Abundancia por especie de los mamíferos del Área del Proyecto. 263
Tabla 140. Índices de diversidad de los mamíferos del Área del Proyecto. 264
Tabla 141. Valor de importancia de los mamíferos del Área del Proyecto. 266
Tabla 142. Abundancia por especie de los reptiles del Área del Proyecto. 267
Tabla 143. Índices de diversidad de los reptiles del Área del Proyecto. 268
Tabla 144. Valor de importancia de los reptiles del Área del Proyecto. 270
Tabla 145. Abundancia por especie de las aves del Área de Influencia. 271
Tabla 146. Índices de diversidad de las aves del Área de Influencia. 274
Tabla 147. Valor de importancia de las aves del Área de Influencia. 276
Tabla 148. Abundancia por especie de los mamíferos del Área de Influencia. 278
Tabla 149. Índices de diversidad de los mamíferos del Área de Influencia. 278
Tabla 150. Valor de importancia de los mamíferos del Área de Influencia. 280
Tabla 151. Abundancia por especie de los reptiles del Área de Influencia. 280
Tabla 152. Índices de diversidad de los reptiles del Área de Influencia. 281
Tabla 153. Valor de importancia de los reptiles del Área de Influencia. 283
Tabla 154. Abundancia por especie de las aves de la Región Ecológica. 284
Tabla 155. Índices de diversidad de las aves de la Región Ecológica. 287

Tabla 156. Valor de importancia de las aves de la Región Ecológica. 289
Tabla 157. Abundancia por especie de los mamíferos de la Región Ecológica. 291
Tabla 158. Índices de diversidad de los mamíferos de la Región Ecológica. 291
Tabla 159. Valor de importancia de los mamíferos de la Región Ecológica. 293
Tabla 160. Abundancia por especie de los reptiles de la Región Ecológica. 294
Tabla 161. Índices de diversidad de los reptiles de la Región Ecológica. 295
Tabla 162. Valor de importancia de los reptiles de la Región Ecológica. 296
Tabla 163. Estacionalidad de las aves del Área del Proyecto. 297
Tabla 164. Estacionalidad de las aves del Área de Influencia. 301
Tabla 165. Estacionalidad de las aves de la Región Ecológica. 303
Tabla 166. Estacionalidad de los mamíferos del Área del Proyecto. 305
Tabla 167. Estacionalidad de los mamíferos del Área de Influencia. 305
Tabla 168. Estacionalidad de los mamíferos de la Región Ecológica. 305
Tabla 169. Estacionalidad de los reptiles del Área del Proyecto. 307
Tabla 170. Estacionalidad de los reptiles del Área de Influencia. 307
Tabla 171. Estacionalidad de los reptiles de la Región Ecológica. 309
Tabla 172. Gremios tróficos de las aves del Área del Proyecto. 310
Tabla 173. Gremios tróficos de las aves del Área de Influencia. 311
Tabla 174. Gremios tróficos de las aves de la Región Ecológica. 312
Tabla 175. Gremios tróficos de los mamíferos del Área del Proyecto. 313
Tabla 176. Gremios tróficos de los mamíferos del Área de Influencia. 314
Tabla 177. Gremios tróficos de los mamíferos de la Región Ecológica. 315
Tabla 178. Gremios tróficos de los reptiles del Área del Proyecto. 315
Tabla 179. Gremios tróficos de los reptiles del Área de Influencia. 315
Tabla 180. Gremios tróficos de los reptiles de la Región Ecológica. 317
Tabla 181. Importancia ecológica y abundancia regional de la fauna del Área del Proyecto. 317
Tabla 182. Importancia ecológica y abundancia regional de la fauna del Área de Influencia. 320
Tabla 183. Importancia ecológica y abundancia regional de la fauna de la Región Ecológica. 322
Tabla 184. Importancia ecológica y abundancia regional de los mamíferos del Área del Proyecto. 325
Tabla 185. Importancia ecológica y abundancia regional de los mamíferos del Área de Influencia. 325
Tabla 186. Importancia ecológica y abundancia regional de los mamíferos de la Región Ecológica. 326
Tabla 187. Importancia ecológica y abundancia regional de los reptiles del Área del Proyecto. 327
Tabla 188. Importancia ecológica y abundancia regional de los reptiles del Área de Influencia. 327
Tabla 189. Importancia ecológica y abundancia regional de los reptiles de la Región Ecológica. 329
Tabla 190. Síntesis de los índices de diversidad de fauna del Área del Proyecto por grupo. 330
Tabla 191. Síntesis de los índices de diversidad de fauna del Área de Influencia por grupo. 331
Tabla 192. Síntesis de los índices de diversidad de fauna de la Región Ecológica por grupo. 332
Tabla 193. Diversidad alfa media por unidad de muestreo de fauna, por escala y grupo. 333
Tabla 194. Diversidad beta de fauna entre escalas, por grupo. 334
Tabla 195. Tablero de indicadores del estado de conservación en las tres escalas. 340
Tabla 196. Cobertura de copa y cobertura proyectada por escala y estrato. 343
Tabla 197. Especies exóticas registradas en el estudio: condición y forma de vida. 344
Tabla 198. Especies indicadoras de perturbación: categoría de la indicación y mecanismo ecológico. 345
Tabla 199. Procesos de degradación del suelo en la Región Ecológica: superficie por clave ASSOD. 349
Tabla 200. Grado de degradación del suelo en la Región Ecológica. 350

Tabla 201. Clases de erosión del suelo en la Región Ecológica. 352
Tabla 202. Riesgo de deforestación en la Región Ecológica: superficie por clase. 353
Tabla 203. Presión del entorno sobre el Área de Influencia: superficie por clase de cubierta. 355
Tabla 204. Especies exóticas e invasoras registradas en la Región Ecológica. 356
Tabla 205. Incidencia del proyecto sobre la cubierta vegetal del Área del Proyecto. 358
Tabla 206. Incidencia sobre la cubierta vegetal respecto de las superficies de referencia. 359
Tabla 207. Incidencia sobre el recurso hídrico superficial del Área del Proyecto. 359
Tabla 208. Incidencia sobre el recurso suelo del Área del Proyecto. 360
Tabla 209. Uso de suelo y vegetación de la Región Ecológica como marco de las áreas de importancia ambiental. 361
Tabla 210. Ecosistemas relevantes de la Región Ecológica e incidencia del Área del Proyecto. 361
Tabla 211. Áreas de importancia ecológica: traslape con el Área del Proyecto y distancia a la más cercana. 362
Tabla 212. Instrumentos de ordenamiento ecológico y unidades de gestión en que incide el Área del Proyecto. 363
Tabla 213. Incidencia sobre especies en categoría de riesgo y endémicas presentes en el Área del Proyecto. 365
Tabla 214. Incidencia sobre el componente socioeconómico del Área del Proyecto. 365
Tabla 215. Reporte consolidado de incidencias del proyecto por componente ambiental. 366

Índice de figuras

Figura 1. Clasificación hidrológica de la Región Ecológica por subcuenca, con la posición del Área del Proyecto y del Área de Influencia. El mapa muestra que la unidad pertenece casi por completo a la subcuenca R. Tamazula —99.45 % de su superficie— y que las otras dos subcuencas se reducen a sendas franjas marginales de los bordes occidental y septentrional, alejadas del Área del Proyecto. Fuente: INEGI, Red Hidrográfica escala 1:50,000, edición 2.0. 22
Figura 2. Red hidrográfica de la Región Ecológica: cauces por condición —perenne, intermitente y línea central de flujo—, cuerpos de agua y topónimos. El mapa muestra una red ramificada que cubre la unidad completa y converge sobre el corredor del río Tamazula, donde se concentran los tramos con agua permanente; el resto del dibujo corresponde a cauces estacionales. Los elementos con nombre reconocidos dentro del polígono son los arroyos Carrizalejo, Del Agua, Del Toro, El Amapal, El León, El Nanchal, El Tigre, El Toro y Zarco, además del propio río Tamazula. Fuente: INEGI, Red Hidrográfica escala 1:50,000, edición 2.0. 23
Figura 3. Elevación del terreno en la Región Ecológica, clasificada en siete intervalos. El mapa muestra la organización del relieve en dos dominios: el fondo de valle y los lomeríos tendidos que ocupan el centro y el occidente de la unidad, donde se concentra la superficie, y el borde serrano que la cierra por el norte, el oriente y el sur, con las cotas máximas en el vértice septentrional del polígono. El Área del Proyecto, en magenta, y el Área de Influencia que lo envuelve quedan en el dominio bajo, sobre el flanco occidental de la cuenca. Fuente: elaboración sobre el modelo digital de elevación empleado en el estudio. 27
Figura 4. Distribución de los tipos climáticos de Köppen-García en la Región Ecológica. La transición entre el clima semiseco muy cálido BS1(h')w y el cálido subhúmedo Awo coincide con el ascenso topográfico hacia el noreste de la unidad. Fuente: CONABIO–INEGI, Climas de México. 30

Figura 5. Diagrama ombrotérmico de Gaussen-Walter de las dos estaciones de referencia. La escala de precipitación es el doble de la de temperatura hasta 100 mm —el criterio de Gaussen, según el cual un mes es seco cuando su precipitación en milímetros es inferior al doble de su temperatura media en grados Celsius— y se comprime a razón de uno a diez por encima de ese valor para acomodar el máximo de agosto. La superficie azul es el periodo húmedo y la ocre el seco. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional–CONAGUA, Normales Climatológicas 1991-2020. 32
Figura 6. Unidades geológicas de la Región Ecológica. El contraste entre el dominio ígneo del noreste y los rellenos aluviales y conglomeráticos del suroeste organiza el resto de los componentes físicos: relieve, suelo, drenaje y capacidad de infiltración. Fuente: Servicio Geológico Mexicano, Carta Geológico-Minera. 34
Figura 7. Unidades geológicas en el Área del Proyecto. El polígono queda contenido casi íntegramente en la unidad aluvial —13.1347 ha, 97.52 %—, con una franja marginal de ignimbrita y toba riolítica de 0.3342 ha, 2.48 %, en su borde. Fuente: Servicio Geológico Mexicano, Carta Geológico-Minera. 35
Figura 8. Unidades geológicas en el Área de Influencia. El contacto entre el aluvial —186.31 ha, 67.46 %— y la ignimbrita y toba riolítica —89.88 ha, 32.54 %— atraviesa la franja envolvente del proyecto y marca el arranque del frente serrano. Fuente: Servicio Geológico Mexicano, Carta Geológico-Minera. 36
Figura 9. Sistemas de topoformas de la Región Ecológica. La franja de llanura costera del suroeste, donde se localiza el Área del Proyecto, es la unidad de menor extensión y de menor energía de relieve del conjunto. Fuente: INEGI, Conjunto de datos de fisiografía. 38
Figura 10. Subprovincias fisiográficas de la Región Ecológica. El Pie de la Sierra ocupa 35,519.44 ha, 93.54 % de la unidad, y la Llanura Costera y Deltas de Sonora y Sinaloa las 2,452.31 ha restantes, 6.46 %, en la franja suroeste donde se localiza el Área del Proyecto. Fuente: INEGI, Conjunto de datos de fisiografía. .. 39
Figura 11. Subprovincias fisiográficas en el Área de Influencia. El límite entre la Llanura Costera y el Pie de la Sierra cruza el Área de Influencia, que queda mayoritariamente del lado de la llanura con 248.87 ha, 90.11 %. Fuente: INEGI, Conjunto de datos de fisiografía. 40
Figura 12. Clases de pendiente en la Región Ecológica. Las clases superiores a 15 % se concentran en el dominio serrano del noreste; la llanura del suroeste, donde se ubica el Área del Proyecto, corresponde a las clases inferiores a 15 %. Fuente: cálculo sobre el modelo digital de elevación empleado en el estudio. 43
Figura 13. Exposición de las laderas en la Región Ecológica. El reparto entre las ocho orientaciones es prácticamente equitativo, sin dominancia de ninguna de ellas por encima de 15.09 %. Fuente: cálculo sobre el modelo digital de elevación empleado en el estudio. 45
Figura 14. Unidades de suelo de la Región Ecológica. El Phaeozem ocupa los lomeríos y valles centrales; el Vertisol, las porciones bajas de la llanura; y el Leptosol, las laderas de mayor pendiente y las superficies con roca somera. Fuente: INEGI, Conjunto de datos edafológicos Serie II. 49
Figura 15. Unidades de suelo en el Área del Proyecto. El polígono se reparte entre Leptosol, con 10.5447 ha y 78.29 %, y Vertisol, con 2.9242 ha y 21.71 %; el Phaeozem, dominante a escala regional, no está presente. Fuente: INEGI, Conjunto de datos edafológicos Serie II. 50
Figura 16. Unidades de suelo en el Área de Influencia: Leptosol con 150.15 ha y 54.36 %, Vertisol con 124.14 ha y 44.95 %, y 1.9061 ha de superficie urbana no evaluable, 0.69 %. Como en el Área del Proyecto, el Phaeozem está ausente. Fuente: INEGI, Conjunto de datos edafológicos Serie II. 51
Figura 17. Clases de erosión del suelo en la Región Ecológica. La ausencia de clases de grado moderado o superior es el rasgo distintivo del mapa: los procesos presentes son laminares y en surcos, todos de grado leve. Fuente: INEGI, Erosión del Suelo Serie I. 53
Figura 18. Clases de erosión del suelo en el Área del Proyecto. Tres cuartas partes del polígono —10.2896 ha, 76.40 %— se clasifican sin erosión evidente. Fuente: INEGI, Erosión del Suelo Serie I. 54

Figura 19. Clases de erosión del suelo en el Área de Influencia: 145.03 ha con erosión hídrica laminar de grado leve y surcos secundarios, 52.51 %, frente a 129.26 ha sin erosión evidente, 46.80 %. La proporción sin erosión es treinta puntos menor que la del Área del Proyecto. Fuente: INEGI, Erosión del Suelo Serie I. 55
Figura 20. Procesos de degradación del suelo en la Región Ecológica conforme a las claves ASSOD. La declinación de la fertilidad, Qd, ocupa 36.05 % de la unidad y coincide espacialmente con las superficies agrícolas de temporal. Fuente: SEMARNAT–Colegio de Postgraduados. 58
Figura 21. Procesos de degradación del suelo en el Área del Proyecto. La superficie degradada suma 7.1799 ha, 53.31 %, y los terrenos estables 6.2890 ha, 46.69 %; el proceso dominante es la declinación de la fertilidad, Qd, con 4.0118 ha y 29.79 %. Fuente: SEMARNAT–Colegio de Postgraduados..... 59
Figura 22. Procesos de degradación del suelo en el Área de Influencia, donde la superficie degradada alcanza 174.526 ha, 63.19 %, por encima del promedio regional. El contraste con el Área del Proyecto —53.31 %— refleja la mayor presión de uso del entorno inmediato, que incluye superficie urbana. Fuente: SEMARNAT–Colegio de Postgraduados..... 60
Figura 23. Cuerpos de agua de la Región Ecológica. Los cuerpos perennes, 114.68 ha, se concentran en el cauce del río Tamazula y en los almacenamientos asociados; ninguno se localiza dentro del Área del Proyecto. Fuente: INEGI, Conjunto de datos de Hidrología Superficial 2.0. 63
Figura 24. Cobertura del acuífero Río Culiacán sobre la Región Ecológica. La unidad completa —37,971.75 ha, 100.00 %— pertenece a un solo acuífero. Fuente: CONAGUA. 64
Figura 25. Grado de riesgo por ciclones tropicales en la Región Ecológica: alto en la totalidad de las 37,971.75 ha. Fuente: CENAPRED, Atlas Nacional de Riesgos..... 66
Figura 26. Índice de vulnerabilidad a inundación en la Región Ecológica: alto en la totalidad de la unidad. Leída junto con la figura anterior, la coincidencia de ambos peligros define la ventana crítica de la obra. Fuente: CENAPRED, Atlas Nacional de Riesgos..... 67
Figura 27. Regionalización sísmica de la Región Ecológica: categoría media en toda la unidad. Fuente: Comisión Federal de Electricidad. 68
Figura 28. Peligro por tormentas eléctricas: medio en toda la Región Ecológica. Fuente: CENAPRED, Atlas Nacional de Riesgos. 69
Figura 29. Grado de riesgo por sequía: muy bajo en toda la Región Ecológica. La categoría evalúa la anomalía respecto de la normal climática local, no la aridez del régimen. Fuente: CENAPRED, Atlas Nacional de Riesgos. 70
Figura 30. Grado de riesgo por granizo: muy bajo en toda la Región Ecológica, consistente con su posición latitudinal y altitudinal. Fuente: CENAPRED, Atlas Nacional de Riesgos. 71
Figura 31. Uso del suelo y vegetación de la Región Ecológica según la Serie VII del INEGI. La agricultura de temporal ocupa los valles y lomeríos centrales sobre el Phaeozem, mientras que la selva baja caducifolia y su vegetación secundaria se conservan en las laderas de mayor pendiente y suelo somero. La distribución es la firma de una conversión selectiva por aptitud agrícola del terreno. Fuente: INEGI, Serie VII..... 76
Figura 32. Distribución de la vegetación en la Región Ecológica a escala de detalle. El mapa muestra que la selva baja caducifolia y su vegetación secundaria arbustiva forman un cuerpo continuo sobre las laderas del Norte, el Oriente y el Sur de la unidad, mientras que el pastizal inducido y los mosaicos agrícolas la interrumpen a lo largo del valle central, y el área construida de Culiacán ocupa la porción occidental, en cuyo borde oriental se localiza el Área del Proyecto. Fuente: INEGI, uso del suelo y vegetación por área de interpretación 1:75 000. 77
Figura 33. Cubierta vegetal y usos del suelo en el Área de Influencia, según la fotointerpretación propia del proyecto verificada en campo. El contacto entre la zona urbana —128.55 ha, 46.54 %— y el macizo de selva

baja caducifolia —128.55 ha, 46.55 %— atraviesa el Área de Influencia, y el Área del Proyecto se sitúa del lado forestal de ese contacto. Fuente: fotointerpretación propia del estudio; anexo cartográfico. 79
Figura 34. Fauna potencial de la Región Ecológica frente a la registrada en campo, por grupo. La barra de potenciales cuenta especies distintas en los registros georreferenciados disponibles para el polígono; la de registradas, las especies detectadas en el levantamiento propio. El grupo de mayor riqueza potencial —las aves, con 212 especies— es también el que menor fracción expresa en campo entre los detectados, 39 especies; los reptiles y los mamíferos, de riqueza regional baja, alcanzan en cambio las proporciones más altas, y los anfibios, con nueve especies potenciales, no fueron registrados. Fuente: GBIF, recorte a la Región Ecológica; levantamiento propio del estudio..... 82
Figura 35. Flora vascular potencial de la Región Ecológica —737 especies en 109 familias— frente a las 66 especies registradas en los muestreos de las tres escalas. La distancia entre ambas barras mide la que separa a un inventario regional acumulado, procedente de todos los ambientes de la cuenca, del listado de una comunidad concreta; no mide el grado de completitud del muestreo. Fuente: GBIF, recorte a la Región Ecológica; levantamiento propio del estudio..... 83
Figura 36. Cuenca visual del Área del Proyecto sobre la Región Ecológica. Se distinguen la superficie desde la que se observan el terreno y la obra y aquella desde la que sólo se observa la obra por su altura de 12.00 m; los puntos de observación se clasifican en aquellos con línea de visión y aquellos en los que el relieve la interrumpe. La superficie expuesta dibuja dos lóbulos: el frente urbano al Oeste y al Suroeste del sitio, donde predomina la superficie desde la que sólo se observaría la obra por su altura, y una banda que asciende hacia el Nornoreste por el corredor del río Tamazula, donde el terreno alterado sí queda a la vista; el sector oriental y el meridional de la unidad permanecen visualmente cerrados por los lomeríos. Sistema de referencia UTM WGS84 zona 13N (EPSG:32613); escala aproximada 1:200 000. Fuente: elaboración sobre el modelo digital de elevación de la Región Ecológica y sobre la Red Nacional de Caminos y el Marco Geoestadístico Nacional del INEGI. 95
Figura 37. Curva de acumulación de especies del estrato arbóreo y de regeneración en el Área del Proyecto. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 20, asíntota 23.32, completitud de Clench 85.77 % y R^2 = 0.99. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 111
Figura 38. Curva de acumulación de especies del estrato arbustivo en el Área del Proyecto. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 12, asíntota 13.07, completitud de Clench 91.84 % y R^2 = 1.00. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 112
Figura 39. Curva de acumulación de especies del estrato de otras formas de vida en el Área del Proyecto. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 8, asíntota 9.97, completitud de Clench 80.27 % y R^2 = 0.99. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 113
Figura 40. Curva de acumulación de especies del estrato herbáceo en el Área del Proyecto. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 3, asíntota 3.50, completitud de Clench 85.81 % y R^2 = 1.00. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 114
Figura 41. Curva de acumulación de especies del estrato arbóreo y de regeneración en el Área de Influencia. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 17, asíntota 23.04, completitud de Clench 73.79 % y R^2 = 1.00. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 119

Figura 42. Curva de acumulación de especies del estrato arbustivo en el Área de Influencia. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 12, asíntota 14.41, completitud de Clench 83.25 % y R² = 1.00. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 120
Figura 43. Curva de acumulación de especies del estrato de otras formas de vida en el Área de Influencia. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 11, asíntota 15.31, completitud de Clench 71.86 % y R² = 1.00. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 121
Figura 44. Curva de acumulación de especies del estrato herbáceo en el Área de Influencia. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 3, asíntota 4.98, completitud de Clench 60.26 % y R² = 0.97. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 122
Figura 45. Curva de acumulación de especies del estrato arbóreo y de regeneración en la Región Ecológica. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 28, asíntota 34.84, completitud de Clench 80.36 % y R² = 1.00. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 127
Figura 46. Curva de acumulación de especies del estrato arbustivo en la Región Ecológica. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 12, asíntota 15.00, completitud de Clench 80.02 % y R² = 1.00. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 128
Figura 47. Curva de acumulación de especies del estrato de otras formas de vida en la Región Ecológica. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 10, asíntota 19.70, completitud de Clench 50.77 % y R² = 1.00. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 129
Figura 48. Curva de acumulación de especies del estrato herbáceo en la Región Ecológica. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 9, asíntota 11.59, completitud de Clench 77.67 % y R² = 0.98. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 130
Figura 49. Curva de acumulación de especies de aves en el Área del Proyecto. Riqueza observada 29, asíntota 34.73, completitud de Clench 83.49 % y R² = 0.96. Fuente: levantamiento de fauna del estudio. 137
Figura 50. Curva de acumulación de especies de mamíferos en el Área del Proyecto. Riqueza observada 3, asíntota 3.56, completitud de Clench 84.18 % y R² = 0.98. Fuente: levantamiento de fauna del estudio. .. 138
Figura 51. Curva de acumulación de especies de reptiles en el Área del Proyecto. Riqueza observada 4, asíntota 4.63, completitud de Clench 86.38 % y R² = 0.95. Fuente: levantamiento de fauna del estudio. .. 139
Figura 52. Curva de acumulación de especies de aves en la Región Ecológica. Riqueza observada 43, asíntota 52.34, completitud de Clench 82.16 % y R² = 0.96. Fuente: levantamiento de fauna del estudio. 140
Figura 53. Curva de acumulación de especies de mamíferos en la Región Ecológica. Riqueza observada 7, asíntota 8.21, completitud de Clench 85.27 % y R² = 0.94. Fuente: levantamiento de fauna del estudio. .. 141
Figura 54. Curva de acumulación de especies de reptiles en la Región Ecológica. Riqueza observada 12, asíntota 14.37, completitud de Clench 83.51 % y R² = 0.95. Fuente: levantamiento de fauna del estudio. 142
Figura 55. Ubicación de los registros de especies en categoría de riesgo del Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 dentro del Área del Proyecto: los ocho sitios de muestreo con registro de listoncillo (*Gossypium aridum*), sujeta a protección especial, y los cuatro alineamientos de recorrido con registro de iguana negra o garrobo (*Ctenosaura pectinata*), amenazada. Se dibujan también las 12.5570 ha sujetas a cambio de uso de suelo forestal y las 0.9119 ha de usos no forestales preexistentes que completan las

13.4689 ha del polígono. Cada símbolo representa la unidad de muestreo que contiene el registro —el sitio o el alineamiento—, no la posición del ejemplar; la incertidumbre posicional es la dimensión de esa unidad. Fuente: levantamiento del estudio, temporada seca; polígonos del proyecto. Anexo de campo del estudio. 150
Figura 56. Composición de la fauna del Área del Proyecto por grupo y por categoría de riesgo, sobre las 36 especies registradas. El hallazgo es la concentración del riesgo en un solo grupo y en dos especies: las 29 aves y los 3 mamíferos se reparten íntegramente entre las dos clases sin categoría, y las dos únicas barras con clave —una Pr y una A— corresponden a reptiles. Fuente: caracterización de campo del levantamiento de fauna, temporada seca. Anexo de campo del estudio. 167
Figura 57. Composición de la fauna de la Región Ecológica por grupo y por categoría de riesgo, sobre las 57 especies registradas sobre su propio esfuerzo. El hallazgo es que las barras con clave dejan de ser una excepción de los reptiles y aparecen en los tres grupos —aves, mamíferos y reptiles—, y que entre ellas figura la única categoría en peligro de extinción de todo el levantamiento. Fuente: caracterización de campo del levantamiento de fauna, temporada seca. Anexo de campo del estudio. 168
Figura 58. Densidad de las especies más abundantes del estrato arbóreo y de regeneración en el Área del Proyecto. La Tabla 93 contiene las 20 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 175
Figura 59. Índices principales del estrato arbóreo y de regeneración en el Área del Proyecto: H′ = 2.63, J′ = 0.88, 1−λ = 0.91, DMg = 2.91, DMn = 0.77 y d = 0.15. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 178
Figura 60. Índice de valor de importancia del estrato arbóreo y de regeneración en el Área del Proyecto, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 180
Figura 61. Densidad de las especies más abundantes del estrato arbustivo en el Área del Proyecto. La Tabla 96 contiene las 12 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 182
Figura 62. Índices principales del estrato arbustivo en el Área del Proyecto: H′ = 1.90, J′ = 0.76, 1−λ = 0.81, DMg = 1.49, DMn = 0.30 y d = 0.33. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 184
Figura 63. Índice de valor de importancia del estrato arbustivo en el Área del Proyecto, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 186
Figura 64. Densidad de las especies más abundantes del estrato de otras formas de vida en el Área del Proyecto. La Tabla 99 contiene las 8 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 188
Figura 65. Índices principales del estrato de otras formas de vida en el Área del Proyecto: H′ = 1.75, J′ = 0.84, 1−λ = 0.79, DMg = 1.08, DMn = 0.32 y d = 0.33. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 190
Figura 66. Índice de valor de importancia del estrato de otras formas de vida en el Área del Proyecto, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 192
Figura 67. Densidad de las especies más abundantes del estrato herbáceo en el Área del Proyecto. La Tabla 102 contiene las 3 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 193
Figura 68. Índices principales del estrato herbáceo en el Área del Proyecto: H′ = 0.75, J′ = 0.69, 1−λ = 0.50, DMg = 0.20, DMn = 0.02 y d = 0.59. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 195

Figura 69. Índice de valor de importancia del estrato herbáceo en el Área del Proyecto, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 196
Figura 70. Densidad de las especies más abundantes del estrato arbóreo y de regeneración en el Área de Influencia. La Tabla 107 contiene las 17 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 200
Figura 71. Índices principales del estrato arbóreo y de regeneración en el Área de Influencia: H′ = 2.37, J′ = 0.84, 1−λ = 0.89, DMg = 2.56, DMn = 0.75 y d = 0.18. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 202
Figura 72. Índice de valor de importancia del estrato arbóreo y de regeneración en el Área de Influencia, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 205
Figura 73. Densidad de las especies más abundantes del estrato arbustivo en el Área de Influencia. La Tabla 110 contiene las 12 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 206
Figura 74. Índices principales del estrato arbustivo en el Área de Influencia: H′ = 2.20, J′ = 0.88, 1−λ = 0.88, DMg = 1.45, DMn = 0.27 y d = 0.17. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 209
Figura 75. Índice de valor de importancia del estrato arbustivo en el Área de Influencia, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 210
Figura 76. Densidad de las especies más abundantes del estrato de otras formas de vida en el Área de Influencia. La Tabla 113 contiene las 11 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 212
Figura 77. Índices principales del estrato de otras formas de vida en el Área de Influencia: H′ = 1.97, J′ = 0.82, 1−λ = 0.84, DMg = 1.56, DMn = 0.45 y d = 0.23. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 214
Figura 78. Índice de valor de importancia del estrato de otras formas de vida en el Área de Influencia, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 216
Figura 79. Densidad de las especies más abundantes del estrato herbáceo en el Área de Influencia. La Tabla 116 contiene las 3 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 217
Figura 80. Índices principales del estrato herbáceo en el Área de Influencia: H′ = 0.30, J′ = 0.27, 1−λ = 0.13, DMg = 0.21, DMn = 0.03 y d = 0.93. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 219
Figura 81. Índice de valor de importancia del estrato herbáceo en el Área de Influencia, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 220
Figura 82. Densidad de las especies más abundantes del estrato arbóreo y de regeneración en el Región Ecológica. La Tabla 121 contiene las 28 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 225
Figura 83. Índices principales del estrato arbóreo y de regeneración en el Región Ecológica: H′ = 2.86, J′ = 0.86, 1−λ = 0.92, DMg = 3.76, DMn = 0.77 y d = 0.16. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 227
Figura 84. Índice de valor de importancia del estrato arbóreo y de regeneración en el Región Ecológica, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo

III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 231
Figura 85. Densidad de las especies más abundantes del estrato arbustivo en el Región Ecológica. La Tabla 124 contiene las 12 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 232
Figura 86. Índices principales del estrato arbustivo en el Región Ecológica: H′ = 2.03, J′ = 0.82, 1−λ = 0.83, DMg = 1.52, DMn = 0.33 y d = 0.30. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 235
Figura 87. Índice de valor de importancia del estrato arbustivo en el Región Ecológica, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 236
Figura 88. Densidad de las especies más abundantes del estrato de otras formas de vida en el Región Ecológica. La Tabla 127 contiene las 10 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 238
Figura 89. Índices principales del estrato de otras formas de vida en el Región Ecológica: H′ = 1.96, J′ = 0.85, 1−λ = 0.83, DMg = 1.46, DMn = 0.46 y d = 0.26. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 240
Figura 90. Índice de valor de importancia del estrato de otras formas de vida en el Región Ecológica, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 242
Figura 91. Densidad de las especies más abundantes del estrato herbáceo en el Región Ecológica. La Tabla 130 contiene las 9 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 243
Figura 92. Índices principales del estrato herbáceo en el Región Ecológica: H′ = 2.01, J′ = 0.91, 1−λ = 0.85, DMg = 0.70, DMn = 0.03 y d = 0.22. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 246
Figura 93. Índice de valor de importancia del estrato herbáceo en el Región Ecológica, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 247
Figura 94. Riqueza específica por estrato analítico y escala, con el porcentaje que cada estrato representa dentro de su escala. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 249
Figura 95. Índice de Shannon-Wiener por estrato analítico y escala. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 250
Figura 96. Equidad de Pielou por estrato analítico y escala. Fuente: levantamiento de flora del estudio. .. 250
Figura 97. Diversidad de Simpson (1−λ) por estrato analítico y escala. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 251
Figura 98. Similitud de Sørensen entre pares de escalas, por estrato analítico. Fuente: levantamiento de flora del estudio. 253
Figura 99. Abundancia absoluta y relativa de las especies de aves en el Área del Proyecto. Fuente: levantamiento de fauna del estudio, temporada seca. 257
Figura 100. Índices principales de aves en el Área del Proyecto: H′ = 3.31, J′ = 0.98, 1−λ = 0.96, DMg = 5.71, DMn = 2.50 y d = 0.07. Fuente: levantamiento de fauna del estudio. 259
Figura 101. Valor de importancia de fauna por especie de aves en el Área del Proyecto, descompuesto en densidad y frecuencia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de fauna del estudio. 263
Figura 102. Abundancia absoluta y relativa de las especies de mamíferos en el Área del Proyecto. Fuente: levantamiento de fauna del estudio, temporada seca. 263

Figura 103. Índices principales de mamíferos en el Área del Proyecto: H′ = 1.04, J′ = 0.94, 1−λ = 0.63, DMg = 0.83, DMn = 0.90 y d = 0.45. Fuente: levantamiento de fauna del estudio. 265
Figura 104. Valor de importancia de fauna por especie de mamíferos en el Área del Proyecto, descompuesto en densidad y frecuencia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de fauna del estudio. 266
Figura 105. Abundancia absoluta y relativa de las especies de reptiles en el Área del Proyecto. Fuente: levantamiento de fauna del estudio, temporada seca. 267
Figura 106. Índices principales de reptiles en el Área del Proyecto: H′ = 1.35, J′ = 0.98, 1−λ = 0.73, DMg = 1.06, DMn = 0.97 y d = 0.35. Fuente: levantamiento de fauna del estudio. 269
Figura 107. Valor de importancia de fauna por especie de reptiles en el Área del Proyecto, descompuesto en densidad y frecuencia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de fauna del estudio. 270
Figura 108. Composición de las aves del Área del Proyecto por categoría de estacionalidad. Fuente: caracterización de campo del levantamiento. 300
Figura 109. Composición de los mamíferos del Área del Proyecto por categoría de estacionalidad. Fuente: caracterización de campo del levantamiento. 306
Figura 110. Composición de los reptiles del Área del Proyecto por categoría de estacionalidad. Fuente: caracterización de campo del levantamiento. 308
Figura 111. Número de especies de aves por gremio trófico en el Área del Proyecto. Fuente: caracterización de campo del levantamiento. 311
Figura 112. Número de especies de mamíferos por gremio trófico en el Área del Proyecto. Fuente: caracterización de campo del levantamiento. 314
Figura 113. Número de especies de reptiles por gremio trófico en el Área del Proyecto. Fuente: caracterización de campo del levantamiento. 316
Figura 114. Número de especies de aves por función ecológica declarada en el Área del Proyecto. Fuente: caracterización de campo del levantamiento. 319
Figura 115. Número de especies de aves por categoría de abundancia regional declarada en el Área del Proyecto. Fuente: caracterización de campo del levantamiento. 320
Figura 116. Número de especies de mamíferos por categoría de abundancia regional declarada en el Área del Proyecto. Fuente: caracterización de campo del levantamiento. 326
Figura 117. Número de especies de reptiles por función ecológica declarada en el Área del Proyecto. Fuente: caracterización de campo del levantamiento. 328
Figura 118. Número de especies de reptiles por categoría de abundancia regional declarada en el Área del Proyecto. Fuente: caracterización de campo del levantamiento. 330
Figura 119. Degradación del suelo en la Región Ecológica: clase que rotula la clave compuesta de cada unidad cartográfica ASSOD. Las dos unidades de declinación de la fertilidad —Qd1.40(+)g/a y Qd2.65(+)a/g— declaran como causas las actividades agrícolas y el sobrepastoreo, y la unidad de pérdida de la función productiva —Fu4.80(+)u—, la urbanización: el agente causal no se infiere, lo consigna la propia fuente, y el signo (+) de las tres confirma la tasa en incremento. La cartografía asigna a cada unidad una sola clave, mientras que la Tabla 199 cuantifica todos los procesos que la unidad declara, ponderados por la extensión que la fuente asigna a cada uno; por eso la Tabla 199 registra Hs, Qp y Hc, que no rotulan ninguna unidad completa. El Área del Proyecto se ubica en la unidad Qd2.65(+)a/g, sobre su límite meridional con una unidad de terreno estable (SN) y a corta distancia de la unidad Fu4.80(+)u que ocupa el extremo occidental de la Región Ecológica: el predio se asienta justo en el contacto entre el mosaico agrícola

degradado, el frente urbano y el remanente sin degradación aparente. Fuente: SEMARNAT–Colegio de Postgraduados. 351
Figura 120. Erosión del suelo en la Región Ecológica: polígonos que la cartografía clasifica con proceso erosivo, todos de grado leve, y superficies para las que no se consigna grado (N/A). La leyenda sólo puede ofrecer dos entradas porque en la unidad no existe un solo polígono de grado moderado, fuerte o extremo, y ése es el hallazgo: hay proceso erosivo extendido, pero no hay pérdida catastrófica. Las superficies sin polígono de erosión corresponden a la clase SE, sin erosión evidente, que ocupa 46.13 % de la unidad. El Área del Proyecto se sitúa sobre el límite meridional de uno de los polígonos de grado leve, en el contacto con la superficie sin erosión evidente; el reparto a escala del predio se presenta en el apartado III.2.1.6. Fuente: INEGI, Erosión del Suelo Serie I. 353
Figura 121. Clases de riesgo de deforestación sobre las 15,127.92 ha que la evaluación de la CONAFOR califica dentro de la Región Ecológica. Las categorías muy alta y alta cubren 93.34 % de esa superficie y se concentran en la mitad oriental y meridional de la unidad, sobre los macizos que conservan cubierta arbolada; las superficies en blanco quedan fuera de la evaluación y no deben leerse como riesgo bajo. El Área del Proyecto y su Área de Influencia se localizan en el borde occidental de la superficie calificada, en contacto inmediato con polígonos de riesgo muy alto: la presión de conversión que el indicador describe no es un fenómeno remoto de la cuenca, ocurre en la vecindad del predio. Fuente: CONAFOR. 354

III.1 Delimitación de la Región Ecológica (RE)

La unidad territorial que ordena todo el análisis ambiental de este estudio es una **microcuenca hidrográfica de 37,971.75 ha** del estado de Sinaloa, drenada por el río Tamazula y su red de afluentes, y comprendida en su totalidad dentro del acuífero Río Culiacán. Dentro de ella se inscriben, de manera anidada, las otras dos escalas de reporte: el **Área del Proyecto (AP)**, de 13.4689 ha, en el municipio de Culiacán, y el **Área de Influencia (AI)**, de 276.19 ha.

Esa jerarquía no es un artificio de presentación. La microcuenca es la unidad donde los procesos que sostienen a los ecosistemas —el escurrimiento superficial, el transporte de sedimentos, la recarga del acuífero, la continuidad de la cubierta vegetal y el desplazamiento de la fauna entre manchones de selva— ocurren y se cierran. Un efecto originado en las 13.4689 ha del AP se disipa o se propaga según lo que ocurra aguas arriba y aguas abajo dentro de esa misma cuenca, no según los límites de una división política. Por eso la Región Ecológica se delimitó con criterios biofísicos y se describe con el mismo detalle con que se describe el sitio del proyecto.

Tabla 1. Escalas territoriales del estudio: definición, superficie y origen del dato.

Escala	Definición	Superficie (ha)	Origen de la superficie
Área del Proyecto (AP)	Polígono sujeto a evaluación de impacto ambiental: superficie de cambio de uso de suelo más los usos no forestales del predio	13.4689	Atributo de superficie de la capa del Área del Proyecto
Área de Influencia (AI)	Franja envolvente del AP donde los efectos del proyecto son detectables	276.19	Atributo de superficie de la capa del Área de Influencia

Escala	Definición	Superficie (ha)	Origen de la superficie
Región Ecológica (RE)	Microcuenca hidrográfica que contiene al AP y al AI	37,971.75	Atributo de superficie de la capa de la Región Ecológica, delimitada como microcuenca

Fuente: capas georreferenciadas del proyecto, EPSG:32613 (UTM WGS84 zona 13N). Anexo cartográfico del estudio.

Los cocientes de superficie que se derivan de la Tabla 1 —AP/RE, AP/AI y AI/RE, expresados en por ciento— sitúan al **Área del Proyecto en 0.04 % de la Región Ecológica** y en **4.88 % del Área de Influencia**, y al **Área de Influencia en 0.73 % de la Región Ecológica**.

Esa proporción fija la escala de lectura de todo el capítulo: **la superficie que el proyecto interviene equivale a cuatro centésimas de punto porcentual de la unidad ecológica que la contiene.** El dato no vuelve irrelevante la afectación —la selva baja caducifolia que se retira es real, se cuantifica en el apartado III.9 y se atiende con las medidas que el estudio propone en sus capítulos posteriores—, pero sí determina cómo debe interpretarse: el comportamiento hidrológico y biológico del conjunto de la microcuenca no está determinado por esas 13.4689 ha —la significancia del efecto se evalúa en el apartado III.9, no se presume a partir de la proporción—, mientras que la viabilidad de largo plazo del proyecto sí depende de que esa funcionalidad se conserve. Sobre esa base se construyen el diagnóstico del apartado III.7 y el reporte de incidencias del III.9.

Los dos apartados siguientes desarrollan, primero, el criterio y el método con que se trazó el polígono de la Región Ecológica y, después, su superficie, su morfometría y su representación cartográfica.

III.1.1 Criterios y métodos utilizados para la delimitación

El polígono de la Región Ecológica corresponde a una **microcuenca hidrográfica**, delimitada sobre la red de drenaje de la Red Hidrográfica escala 1:50,000, edición 2.0, del INEGI y verificada contra el modelo digital de elevación de 14.8 m de resolución empleado en el análisis morfométrico. El trazo sigue el parteaguas topográfico que encierra el conjunto de afluentes que descargan al río Tamazula en el tramo donde se localiza el predio del promovente, y se cierra en el punto de salida de esa red.

Por qué la cuenca y no otra unidad

Los criterios biofísicos disponibles para delimitar una región ecológica —unidades ambientales biofísicas, hidrografía, uso de suelo y vegetación, geomorfología, regiones prioritarias o corredores biológicos— no son equivalentes entre sí: cada uno recorta un territorio distinto y sirve a un propósito distinto. La elección de la cuenca hidrográfica responde a tres razones que las características del proyecto imponen.

Primera: el proyecto retira cubierta forestal en una ladera. La consecuencia física directa de esa remoción es un cambio en la partición de la lluvia entre infiltración, escurrimiento y evapotranspiración, y un cambio en el aporte de sedimentos a la red de drenaje. Ambos son procesos de cuenca: se originan en la ladera y se manifiestan aguas abajo, en el cauce. Una unidad delimitada por tipo de vegetación o por subprovincia fisiográfica cortaría ese trayecto por la mitad y dejaría fuera del análisis el lugar donde el efecto se expresa.

Segunda: el agua es el factor limitante del ecosistema. La Región Ecológica se asienta sobre un régimen climático semiseco muy cálido con lluvias concentradas en verano, en el que la selva baja caducifolia pierde la hoja durante la temporada seca. En un ecosistema así, la disponibilidad de humedad —y por tanto la posición topográfica dentro de la cuenca, la cercanía al cauce y la capacidad de infiltración del suelo— explica buena parte de la variación de la vegetación y de la fauna. Delimitar por cuenca es delimitar por el factor que ordena a la biota.

Tercera: la cuenca contiene al Área de Influencia con margen suficiente. Sobre las 37,971.75 ha de la Región Ecológica, el Área de Influencia de 276.19 ha representa 0.73 % y el Área del Proyecto de 13.4689 ha, 0.04 %. La unidad regional excede en más de dos órdenes de magnitud la escala de los efectos previstos, lo que permite evaluar el proyecto contra un contexto que no está determinado por él: la línea base regional describe el estado del territorio, no el del predio ampliado, y por eso sirve como término de comparación para medir lo que el proyecto modifica.

La delimitación **no utiliza límites estatales ni municipales**, ni ninguna otra frontera administrativa: el parteaguas es una línea física derivada del relieve.

Método

El trazo se construyó en cuatro pasos, todos sobre insumos georreferenciados en UTM WGS84 zona 13N (EPSG:32613):

1. **Acondicionamiento del modelo digital de elevación.** Relleno de depresiones espurias y generación de las mallas de dirección y de acumulación de flujo sobre el modelo de 14.8 m de resolución.

2. **Extracción de la red de drenaje** y jerarquización por el método de Strahler, contrastada con la red vectorial de la Red Hidrográfica escala 1:50,000, edición 2.0, del INEGI para verificar la correspondencia de trazos y la condición de cada cauce.

3. **Definición del punto de salida** sobre el colector principal, aguas abajo del predio, y delineación de la cuenca contribuyente a ese punto.

4. **Cálculo de los parámetros morfométricos** que caracterizan a la unidad, reportados en el apartado III.1.2, y verificación de que el Área de Influencia y el Área del Proyecto quedan contenidas en el polígono resultante.

La red de drenaje que define la unidad

La red contenida en el polígono suma 650.047 km de cauces y alcanza el orden 4 de Strahler. Su composición por orden y las razones de bifurcación son los descriptores que permiten juzgar si el parteaguas trazado corresponde a una unidad hidrográficamente coherente; la densidad de drenaje que resume ese desarrollo se reporta, con los demás parámetros morfométricos, en el apartado III.1.2.

Tabla 2. Composición de la red de drenaje de la Región Ecológica por orden de Strahler.

Orden de Strahler	Número de cauces	Longitud total (km)	Longitud media por cauce (km)	Porcentaje de la red (%)
1	493	341.031	0.692	52.50
2	224	153.939	0.687	23.70
3	89	77.533	0.871	11.90
4	19	28.887	1.520	4.40
5	—	16.675	—	2.60
7	—	31.600	—	4.90

Fuente: INEGI, Red Hidrográfica escala 1:50,000, edición 2.0; jerarquización de Strahler (1964) sobre la red contenida en el polígono de la Región Ecológica. Los órdenes 5 y 7 corresponden a tramos del colector principal que atraviesan la unidad sin que su cuenca de aporte esté contenida en ella. La longitud media por cauce es el cociente de las dos columnas que la preceden; el guion indica que la fuente no publica el número de cauces de esos órdenes.

La estructura descrita es la de una red bien desarrollada y completa: **52.50 % de la longitud total corresponde a cauces de primer orden y 23.70 % a cauces de segundo orden**, es decir, 76.20 % de la red son tributarios de cabecera. Ese predominio confirma que el polígono capta las cabeceras del sistema y no un tramo intermedio arbitrario, y tiene una consecuencia directa para la evaluación: donde el escurrimiento se genera de forma difusa sobre laderas de cabecera, la respuesta a un cambio de cubierta no se diluye en un cauce mayor, sino que se incorpora al primer tributario que drena el sitio. Es en esa escala —la del arroyo de primer orden, no la del colector regional— donde deben plantearse y verificarse las medidas de control de escurrimiento y de retención de sedimento. La presencia de tramos de orden 5 —16.675 km— y de orden 7 —31.600 km—, en conjunto 7.50 % de la red, corresponde al paso del río Tamazula por la unidad; su cuenca de aporte es mucho mayor que la microcuenca, y por eso esos tramos se contabilizan como longitud presente y no como drenaje generado dentro de ella. La distinción importa al leer la tabla: el orden 7 describe la jerarquía de un sistema regional del que la microcuenca es sólo una porción, y no el orden de la unidad delimitada, que es 4.

Tabla 3. Razones de bifurcación entre órdenes consecutivos de la red de drenaje de la Región Ecológica.

Par de órdenes consecutivos	Razón de bifurcación (Rb)
1 / 2	2.20
2 / 3	2.52
3 / 4	4.68
Media	**3.13**

Fuente: INEGI, Red Hidrográfica escala 1:50,000, edición 2.0; cálculo sobre la red jerarquizada de la Región Ecológica. La razón de bifurcación es el cociente entre el número de cauces de un orden y el del orden inmediato superior; sus entradas son la columna «Número de cauces» de la Tabla 2.

Las razones de bifurcación entre pares de órdenes consecutivos van de 2.20 a 4.68, con una media de 3.13. Ese intervalo es el que corresponde a cuencas naturales sin control estructural dominante: valores por debajo de 2 indicarían un drenaje forzado por la estructura geológica, y valores muy por encima de 5, un relieve fuertemente disectado y alargado. El salto del par 3/4 —4.68 frente a 2.20 y 2.52 de los pares inferiores— refleja que la cuenca cuenta con pocos colectores de cuarto orden, 19 cauces, que concentran el drenaje de un número grande de tributarios menores; es la firma de una red que converge, no una anomalía del trazo. Esa convergencia acota el problema que el estudio debe resolver: los efectos hidrológicos de una intervención puntual no se dispersan por la unidad entera, sino que viajan por una trayectoria corta y localizable —el tributario de cabecera que drena el predio y el colector al que entrega—. La afectación existe y se produce en ese trayecto; lo que la hace administrable es precisamente que sea corta y esté identificada, porque permite dimensionar las medidas sobre el segmento donde el efecto ocurre en lugar de repartirlas por una superficie regional donde no serían verificables.

Tabla 4. Condición de los cauces de la Región Ecológica: longitud y proporción de la red.

Condición del cauce	Descripción de la clase	Longitud (km)	Porcentaje de la red (%)
Corriente intermitente	Cauce con presencia de agua sólo en determinadas épocas del año	616.635	94.90
Línea central	Representación virtual de la línea de flujo a través de un cuerpo de agua o canal de tipo área	30.648	4.70

Condición del cauce	Descripción de la clase	Longitud (km)	Porcentaje de la red (%)
Corriente perenne	Cauce con presencia de agua de forma permanente	2.763	0.40

Fuente: INEGI, Red Hidrográfica escala 1:50,000, edición 2.0 (Documento Técnico Descriptivo), de donde proceden las descripciones de clase.

La condición de los cauces cierra el argumento sobre el criterio elegido: **94.90 % de la longitud de la red es intermitente y sólo 0.40 % es perenne.** En una cuenca donde casi toda la red lleva agua únicamente durante la temporada de lluvias, la conectividad hidrológica —y con ella el transporte de sedimentos y la recarga— se concentra en unos pocos meses al año. Es exactamente el tipo de sistema en el que un cambio de cubierta en la ladera se traduce con rapidez en un cambio de respuesta del cauce, y la razón por la que el análisis del proyecto se ancla a la cuenca y no a un radio administrativo. La distinción no es sólo hidrológica: los 2.763 km perennes son los únicos que sostienen hábitat acuático continuo y concentran, por tanto, la mayor sensibilidad de la red, mientras que los 616.635 km intermitentes conservan su condición de cauce federal, aunque su flujo sea estacional. El Área de Influencia se sitúa del lado intermitente de esa división: la totalidad de la longitud de red que contiene es intermitente y de primer orden, y el único cauce con nombre que la fuente registra en ella es el arroyo del Toro. La afectación, en consecuencia, se produce sobre cauces estacionales de cabecera —no sobre el tramo perenne—, y es ahí, aguas arriba, donde el estudio debe demostrar que el escurrimiento y el sedimento quedan controlados antes de alcanzar al colector.

La pertenencia a un solo sistema de drenaje es el argumento cartográfico que respalda el trazo: si el polígono repartiera su superficie entre dos o tres sistemas en proporciones comparables, el parteaguas no correspondería a una unidad hidrográfica sino a un recorte arbitrario. La subcuenca R. Tamazula aporta 37,763.48 ha de la unidad —99.45 %—, mientras que a R. Culiacán corresponden 182.30 ha (0.48 %) y a R. Humaya – P. A. López Mateos, 25.97 ha (0.07 %): dos franjas de borde que, sumadas, no alcanzan un punto porcentual y que se explican por el ajuste entre el parteaguas topográfico y el límite de la clasificación hidrológica oficial. La consecuencia para el proyecto es directa: el Área del Proyecto se ubica íntegramente —13.4689 ha, 100 % de su superficie— dentro de la porción de R. Tamazula, de modo que todo efecto hidrológico atribuible a la obra se origina y se evalúa dentro del mismo sistema de drenaje que define a la Región Ecológica, y la comparación entre ambas escalas se hace entre términos homólogos y no entre cuencas distintas.

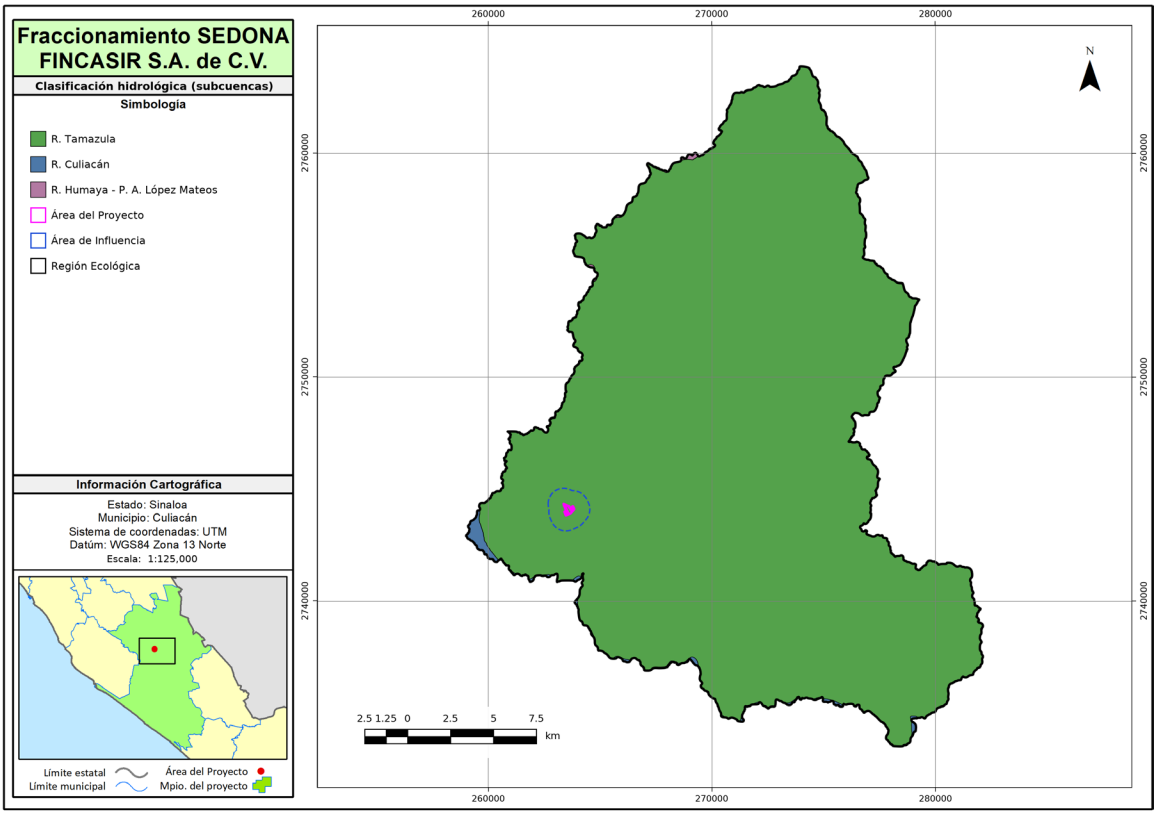


Figura 1. Clasificación hidrológica de la Región Ecológica por subcuenca, con la posición del Área del Proyecto y del Área de Influencia. El mapa muestra que la unidad pertenece casi por completo a la subcuenca R. Tamazula —99.45 % de su superficie— y que las otras dos subcuencas se reducen a sendas franjas marginales de los bordes occidental y septentrional, alejadas del Área del Proyecto. Fuente: INEGI, Red Hidrográfica escala 1:50,000, edición 2.0.

El trazo de la red completa la lectura anterior con lo que ninguna tabla puede mostrar: su geometría. Los tributarios de cabecera nacen en el sector nororiental de la unidad, el de mayor elevación, y convergen sobre el corredor del río Tamazula, que recorre la mitad occidental y conduce al punto de salida. El Área del Proyecto y su Área de Influencia se localizan en el sector occidental, sobre la vertiente meridional de ese corredor, drenados por el arroyo del Toro y por los cauces intermitentes de primer orden que lo alimentan. Esa posición —aguas abajo de las cabeceras y aguas arriba del colector— es la que fija el alcance del análisis: el predio no intercepta el drenaje de la cuenca alta, pero entrega al sistema por una trayectoria corta, de manera que las medidas de control de escurrimiento y de retención de sedimento deben operar dentro del propio predio y en el tramo que lo separa del cauce receptor. Los cuerpos de agua cartografiados en la unidad —114.68 ha perennes y 4.07 ha intermitentes— se concentran en ese mismo corredor y no en la porción de ladera donde se ubica el proyecto.

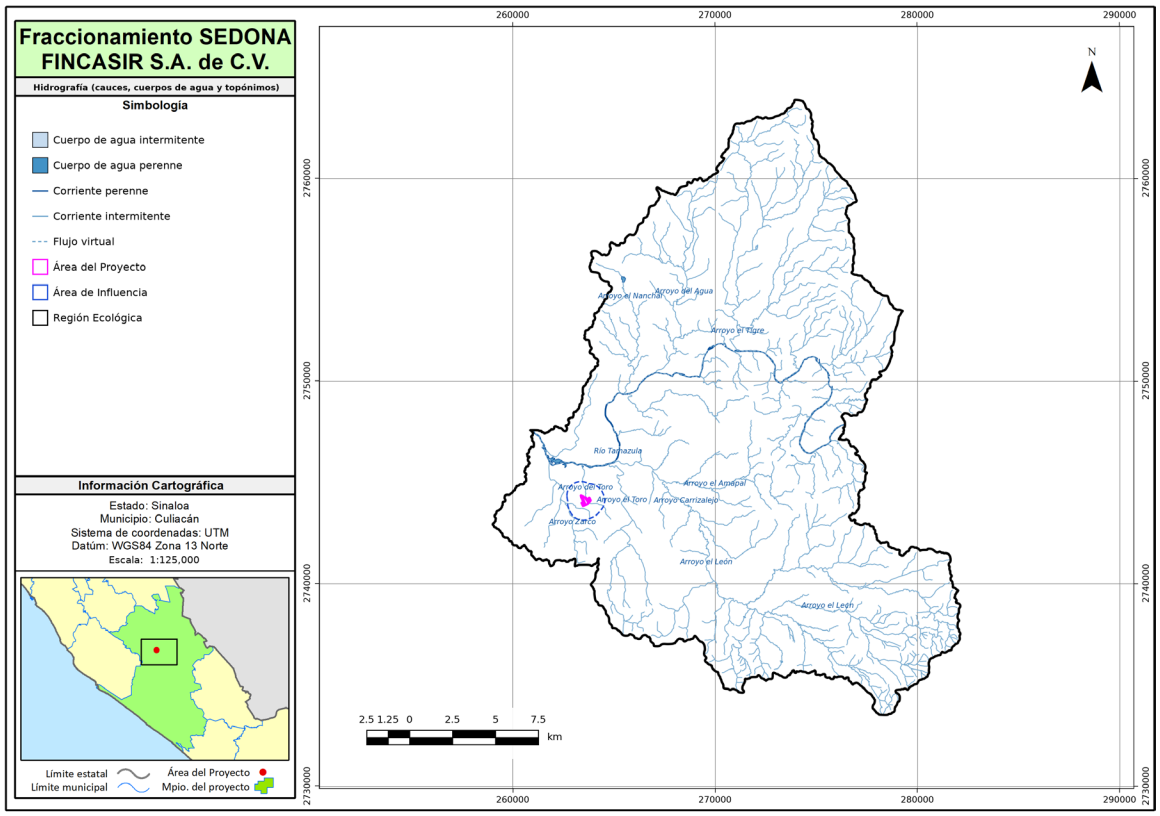


Figura 2. Red hidrográfica de la Región Ecológica: cauces por condición —perenne, intermitente y línea central de flujo—, cuerpos de agua y topónimos. El mapa muestra una red ramificada que cubre la unidad completa y converge sobre el corredor del río Tamazula, donde se concentran los tramos con agua permanente; el resto del dibujo corresponde a cauces estacionales. Los elementos con nombre reconocidos dentro del polígono son los arroyos Carrizalejo, Del Agua, Del Toro, El Amapal, El León, El Nanchal, El Tigre, El Toro y Zarco, además del propio río Tamazula. Fuente: INEGI, Red Hidrográfica escala 1:50,000, edición 2.0.

III.1.2 Superficie y representación gráfica de la Región Ecológica

La Región Ecológica tiene una superficie de **37,971.75 ha**. Sobre ella se calculan los porcentajes regionales de los apartados III.2, III.7 y III.8, y contra ella se dimensionan las 276.19 ha del Área de Influencia y las 13.4689 ha del Área del Proyecto. Lo que sigue describe esa superficie como cuenca: su forma, su relieve y la red de drenaje que la organiza.

Morfometría de la unidad

Los descriptores de forma, relieve y red se calculan con las expresiones estándar de la morfometría de cuencas, aplicadas al polígono de la unidad y al modelo digital de elevación de 14.8 m de resolución. El **coeficiente de compacidad** relaciona el perímetro con la superficie, $Kc = P / (2\cdot\sqrt{(\pi\cdot A)})$, y vale 1 en una cuenca exactamente circular (Gravelius, 1914). La **integral hipsométrica** normaliza la elevación media entre los extremos del relieve, $HI = (Hm - Hmín) / (Hmáx - Hmín)$, y expresa la fracción del volumen original de la cuenca que la erosión aún no ha removido (Strahler, 1952). La **densidad de drenaje** es el cociente entre la longitud total de la red y la superficie drenada, $Dd = L / A$ (Horton, 1945), y la **razón de bifurcación**, el cociente entre el número de cauces de un orden y el del orden inmediato superior, $Rb = N_u / N_{u+1}$ (Strahler,

1952). En todas ellas *P* es el perímetro en kilómetros, *A* la superficie en kilómetros cuadrados, *L* la longitud de la red de drenaje en kilómetros, *Hmín*, *Hm* y *Hmáx* las elevaciones mínima, media y máxima en metros sobre el nivel del mar, y *N_u* el número de cauces de orden *u*.

Tabla 5. Parámetros morfométricos de la Región Ecológica.

Parámetro morfométrico	Valor	Unidad
Superficie del polígono	37,971.75	ha
Superficie drenada sobre el modelo de elevación	378.19	km²
Perímetro	113.916	km
Coeficiente de compacidad de Gravelius (Kc)	1.649	adimensional
Elevación mínima	32.0	m s. n. m.
Elevación media	152.3	m s. n. m.
Elevación máxima	710.0	m s. n. m.
Relieve total	678.0	m
Pendiente media	15.5	%
Integral hipsométrica	0.177	adimensional
Densidad de drenaje	1.719	km·km⁻²
Longitud total de la red	650.047	km
Orden máximo de Strahler	4	—
Razón de bifurcación media	3.13	adimensional
Resolución del modelo digital de elevación	14.8	m

Fuente: análisis morfométrico sobre el modelo digital de elevación y sobre el conjunto de datos de Hidrología Superficial 2.0 del INEGI; memoria de cálculo en el Anexo cartográfico del estudio.

Los parámetros describen una cuenca de tamaño medio y de relieve moderado, y su lectura conjunta explica el comportamiento hidrológico que se documenta más adelante:

El coeficiente de compacidad de Gravelius (Kc = 1.649) indica una cuenca de forma alargada e irregular, apreciablemente distinta de un círculo. La consecuencia hidrológica es directa: en una cuenca alargada, el agua de las distintas partes del territorio no llega simultáneamente al punto de salida, lo que atenúa el pico de la crecida y reparte el escurrimiento en el tiempo. Es un rasgo favorable frente a las avenidas súbitas. A la escala del proyecto esa forma tiene una consecuencia precisa sobre el modo de evaluarlo: las 13.4689 ha del Área del Proyecto se sitúan frente a las 37,971.75 ha de la unidad, y el cambio de cubierta que introducen altera la respuesta del escurrimiento en la ladera y en el cauce que las recibe, no el hidrograma de la microcuenca, cuyo pico está gobernado por el desfase entre aportaciones distantes. El efecto hidrológico del proyecto es real y se mide donde ocurre —en el predio y en su escurrimiento inmediato—; lo que la forma de la cuenca establece es que no se acumula con el pico regional en el punto de salida.

La integral hipsométrica (0.177) es baja y constituye el dato morfométrico más informativo de la unidad. El valor indica que la cuenca ha perdido la mayor parte del volumen de material que originalmente contenía y se encuentra en una etapa de madurez avanzada: el relieve está disectado, los perfiles longitudinales de los cauces están cerca del equilibrio y la producción de sedimentos por incisión de cauce es baja comparada con la de una cuenca joven. Una cuenca así responde a la remoción de cubierta vegetal principalmente por erosión laminar en la ladera, no por profundización de barrancos — coincidencia con lo que muestra la cartografía de erosión, donde 46.13 % de la superficie no presenta erosión evidente y prácticamente todo lo demás corresponde a formas laminares y en surcos de grado leve. De ahí se sigue la implicación que ordena la evaluación del proyecto: en una cuenca de este estadio, el riesgo que introduce el retiro de cubierta sobre las 12.5570 ha forestales del predio es la pérdida de suelo por arrastre laminar en la propia ladera —el proceso que ya domina la unidad—, y no la reactivación de cárcavas ni la incisión de cauces, que la cartografía regional no registra en ninguna clase de grado moderado o superior. El control de la afectación se juega, por tanto, en la protección de la superficie del suelo durante la obra y en el momento del año en que ésta se ejecute, que es precisamente el condicionante que el diagnóstico del apartado III.7 identifica como principal.

La densidad de drenaje (1.719 km·km^{-2}) es intermedia. Valores por debajo de 1 corresponden a terrenos muy permeables o de relieve muy suave; valores por encima de 3, a materiales impermeables y laderas empinadas con escurrimiento rápido. El valor de esta cuenca es consistente con el mosaico litológico que se describe en III.2.1, donde conviven materiales de baja permeabilidad —granodiorita, ignimbrita y andesita, en conjunto 44.31 % de la superficie, a los que se suma la unidad de andesita-caliza con 19.10 %— con depósitos aluviales y conglomerados de permeabilidad apreciable, que suman 35.79 %. El Área del Proyecto se localiza justamente sobre el término permeable de ese mosaico: 97.52 % de su superficie es material aluvial, frente al 16.87 % que esa unidad representa en el conjunto de la cuenca. El predio ocupa así una de las porciones de la Región Ecológica con mayor capacidad de infiltración por unidad de superficie, y ese atributo —no la magnitud de la superficie removida— es el que define cuál es el componente ambiental sensible del sitio y el que obliga a que la evaluación del proyecto atienda la partición de la lluvia entre infiltración y escurrimiento, y no sólo la cubierta retirada.

El relieve total de 678.0 m, con una elevación media de 152.3 m s. n. m. y una pendiente media de 15.5 %, sitúa a la unidad en la transición entre la llanura costera y el pie de la Sierra Madre Occidental. Esa posición de transición es la que explica que dentro de un mismo polígono coexistan dos regímenes climáticos, dos subprovincias fisiográficas y cinco sistemas de topoformas. Y explica también por qué la caracterización de este capítulo se construye en tres escalas y no en una: una pendiente media regional de 15.5 % no describe al predio, que se desarrolla en el extremo bajo del gradiente, entre 66.9 y 104.7 m s. n. m. y sobre un relieve interno de 37.8 m. Las cifras de la cuenca fijan el contexto contra el que se juzga el proyecto; las del Área del Proyecto y del Área de Influencia, que se reportan en III.2.1, son las que miden el sitio.

Distribución altitudinal

Tabla 6. Distribución altitudinal de la Región Ecológica: superficie acumulada por cota.

Altitud relativa (h/H)	Altitud (m s. n. m.)	Superficie por encima de esa cota (%)
0.0	32.0	100.00
0.1	99.8	65.00

Altitud relativa (h/H)	Altitud (m s. n. m.)	Superficie por encima de esa cota (%)
0.2	167.6	30.40
0.3	235.4	16.50
0.4	303.2	8.60
0.5	371.0	3.80
0.6	438.8	1.40
0.7	506.6	0.50
0.8	574.4	0.20
0.9	642.2	0.00
1.0	710.0	0.00

Fuente: curva hipsométrica calculada sobre el modelo digital de elevación de la Región Ecológica.

La curva confirma numéricamente lo que sintetiza la integral hipsométrica. La superficie disponible decae con rapidez conforme sube la cota: **65.00 % del territorio se encuentra por encima de 99.8 m s. n. m., 30.40 % por encima de 167.6 m, 16.50 % por encima de 235.4 m y sólo 3.80 % por encima de 371.0 m**, cuando el relieve de la unidad llega a 710.0 m. La superficie que supera el 30 % del rango altitudinal de la cuenca —la cota de 235.4 m— es apenas 16.50 % del total. La masa territorial está concentrada en las cotas bajas, en los valles y lomeríos, mientras que las porciones serranas —de las que procede la mayor parte de los cauces de primer orden— ocupan una fracción reducida del territorio. Para la evaluación ambiental esto significa que la mayor parte de la Región Ecológica es terreno de pendiente baja a media, accesible y por tanto sujeto a presión de uso agropecuario y urbano, mientras que la superficie que conserva vegetación en buen estado tiende a coincidir con las porciones altas y de mayor pendiente. El reparto de la cubierta lo confirma con cifras: la agricultura de temporal ocupa 37.53 % de la unidad y la selva baja caducifolia 36.88 %, y la cartografía sitúa a la primera en los valles y lomeríos y a la segunda en las laderas de mayor pendiente y suelo somero (III.2.2). El Área del Proyecto se desarrolla entre 66.9 y 104.7 m s. n. m., es decir, dentro de la banda inferior de ese gradiente, que es donde la conversión de uso ha sido históricamente más intensa y donde el remanente forestal ya convive con el uso agropecuario y con el borde urbano de Culiacán. Ese es el contexto en el que debe leerse la afectación que el proyecto produce: no la de un rodal aislado en la cabecera de la cuenca, sino la de un fragmento del frente de selva contiguo a la ciudad —la porción del ecosistema cuya permanencia depende de las decisiones de uso del suelo, y por tanto aquella en la que el modo de intervenir marca la diferencia.

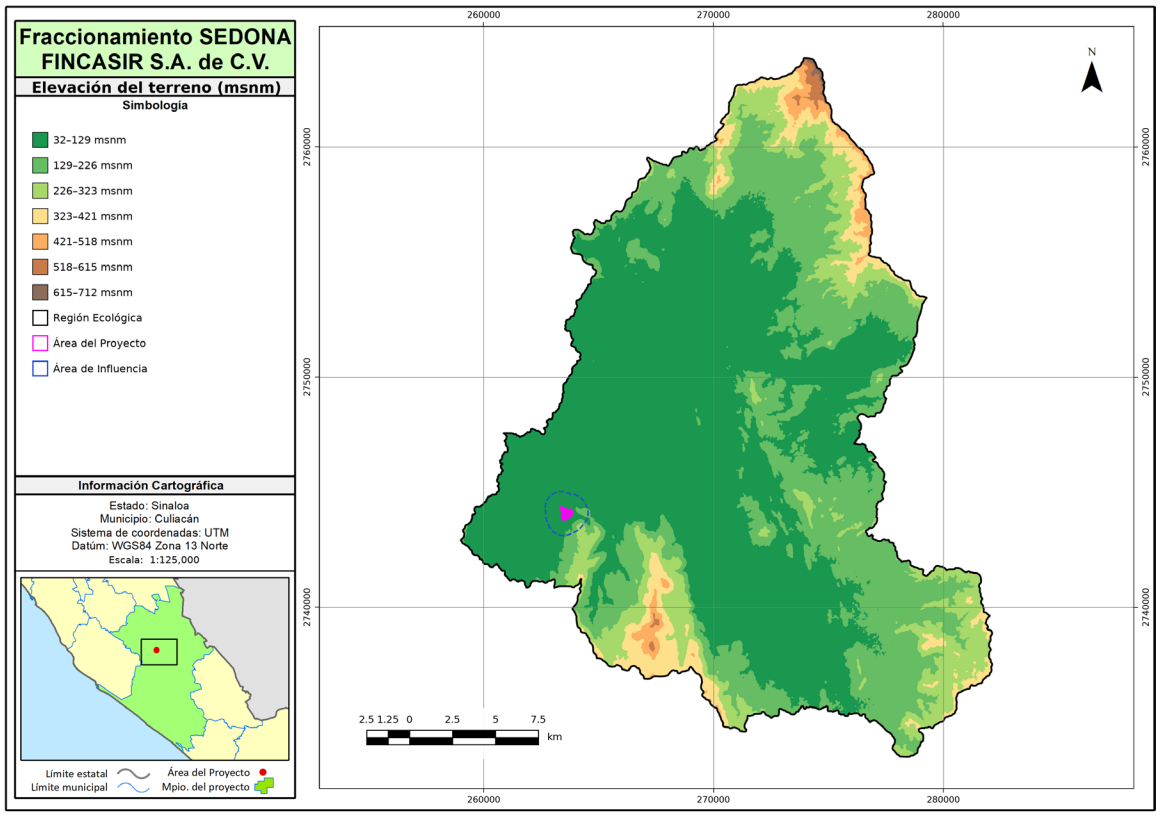


Figura 3. Elevación del terreno en la Región Ecológica, clasificada en siete intervalos. El mapa muestra la organización del relieve en dos dominios: el fondo de valle y los lomeríos tendidos que ocupan el centro y el occidente de la unidad, donde se concentra la superficie, y el borde serrano que la cierra por el norte, el oriente y el sur, con las cotas máximas en el vértice septentrional del polígono. El Área del Proyecto, en magenta, y el Área de Influencia que lo envuelve quedan en el dominio bajo, sobre el flanco occidental de la cuenca. Fuente: elaboración sobre el modelo digital de elevación empleado en el estudio.

El mapa aporta lo que la curva hipsométrica no puede dar: dónde está cada cota. Las elevaciones bajas no forman una franja marginal sino el núcleo de la unidad, y el relieve alto se dispone como un borde discontinuo que la rodea, de modo que la microcuenca funciona como un anfiteatro que vierte hacia el suroeste, en dirección al borde urbano de Culiacán. El Área del Proyecto ocupa ese sector de descarga y no las cabeceras: comparte cota, pendiente suave y sustrato de relleno con la porción más extensa de la Región Ecológica, y recibe escurrimiento de las vertientes que lo rodean en lugar de generarlo para el resto de la cuenca. Para la evaluación esto fija dos cosas: que el predio no controla la respuesta hidrológica de ninguna superficie aguas arriba —su intervención no compromete el abasto de la red—, y que las condiciones bajo las que debe juzgarse su afectación son las del dominio bajo de la unidad, no las del frente serrano que domina la imagen en extensión aparente.

Representación gráfica y anexos georreferenciados

La representación cartográfica de la Región Ecológica y de las capas temáticas que la caracterizan se presenta en las figuras del apartado III.2 y en el anexo cartográfico. Todos los mapas están referidos a **UTM WGS84 zona 13N (EPSG:32613)**, y las coordenadas que se reportan en el texto y en las tablas del capítulo llevan esa referencia de forma explícita.

Las cuatro unidades territoriales que estructuran el estudio se entregan además como archivos georreferenciados de consulta directa, en tres formatos complementarios que permiten al evaluador verificar la delimitación sin depender del mapa impreso: el archivo vectorial de forma (*shapefile*), que contiene la geometría completa de cada unidad; el archivo de intercambio geográfico KML, legible en cualquier visor de globo terráqueo; y el listado de vértices del perímetro en texto delimitado por comas (CSV), con las coordenadas de cada vértice en la proyección del estudio y en coordenadas geográficas.

Tabla 7. Unidades territoriales del estudio: polígonos, superficie, vértices y formatos entregados.

Unidad territorial	Polígonos	Superficie (ha)	Vértices del perímetro	Formatos entregados
Región Ecológica	1	37,971.75	10,208	SHP · KML · CSV
Área de Influencia	1	276.19	114	SHP · KML · CSV
Área del Proyecto	1	13.4689	106	SHP · KML · CSV
Superficie sujeta a cambio de uso de suelo forestal	14	12.5570	713	SHP · KML · CSV

Fuente: cuadro de datos del anexo cartográfico del estudio. Sistema de referencia UTM WGS84 zona 13N (EPSG:32613) en el archivo vectorial y en la columna de coordenadas proyectadas del CSV; WGS84 en coordenadas geográficas decimales en el archivo KML y en la columna correspondiente del CSV, porque el formato de intercambio lo exige.

La tabla no es un inventario administrativo: cuantifica la diferencia de resolución entre las cuatro unidades y con ello el alcance de cada una. **La Región Ecológica está descrita por 10,208 vértices** porque su límite no es una linde predial sino un parteaguas hidrográfico trazado sobre el modelo digital de elevación, y su geometría reproduce el detalle de las divisorias entre subcuencas. **El Área del Proyecto y la superficie sujeta a cambio de uso de suelo forestal, en cambio, se describen con 106 y 713 vértices** respectivamente, y son polígonos de linde: sus vértices tienen valor jurídico porque delimitan la superficie que se autoriza. La desproporción entre esas dos cifras —713 vértices para describir 12.5570 ha, frente a 106 para las 13.4689 ha del predio completo— es la firma métrica de una cubierta fragmentada: la superficie forestal no forma una mancha continua, sino catorce polígonos separados por los usos no forestales que ya existen en el predio, y cada recorte añade perímetro. La consecuencia para la evaluación es doble y conviene enunciarla completa: el efecto de borde sobre el rodal no comienza con el proyecto, porque el camino y el cauce ya lo seccionan, de modo que el estudio no puede atribuir a la obra un deterioro que la antecede; y, por lo mismo, cualquier programa de rescate de flora y fauna tendrá que operar sobre catorce unidades pequeñas y de alta relación borde-superficie, no sobre un macizo continuo, lo que condiciona el diseño de las medidas más que la magnitud de la superficie. Que la superficie sujeta a cambio de uso de suelo forestal se reparta en **14 polígonos que suman 12.5570 ha** dentro de un Área del Proyecto de 13.4689 ha es, además, un dato de fondo del estudio: la remoción de cubierta forestal no ocupa la totalidad del predio, sino la fracción que hoy sostiene selva baja caducifolia; las 0.9119 ha restantes son usos no forestales preexistentes —0.4776 ha de superficie desprovista de vegetación, 0.3455 ha de camino de terracería y 0.0888 ha de cauce, según el levantamiento del predio que detalla el apartado III.2.2—, y por eso no requieren autorización de cambio de uso de suelo forestal.

III.2 Caracterización de los componentes ambientales de la RE

La caracterización de la Región Ecológica se organiza en cuatro componentes —abiótico, biótico, socioeconómico y perceptual— y cada uno se reporta en las **tres escalas** de análisis: el Área del Proyecto de 13.4689 ha, el Área de Influencia de 276.19 ha y la Región Ecológica de 37,971.75 ha. Reportar los tres

niveles para cada tema no es redundancia: es lo que permite distinguir entre un atributo que el proyecto encuentra —el clima, la litología, el tipo de suelo— y un atributo cuya distribución dentro de la cuenca sitúa al proyecto en una posición favorable o desfavorable respecto del promedio regional.

Esa distinción recorre todo el apartado. Cuando el Área del Proyecto reproduce las proporciones de la Región Ecológica, el sitio es representativo de su contexto y las conclusiones regionales le aplican. Cuando se aparta, la diferencia se cuantifica y se explica: en el caso de este proyecto, el Área del Proyecto se localiza sobre la porción de llanura costera y de material aluvial de la cuenca, con pendientes menores y erosión menos activa que la media regional, lo que tiene consecuencias directas sobre la magnitud de los efectos previsibles.

La secuencia de los cuatro apartados sigue el orden de causalidad ecológica: el sustrato físico y climático condiciona la distribución de la vegetación y de la fauna; ambos, junto con la accesibilidad del terreno, condicionan el patrón de ocupación humana; y el conjunto determina la calidad visual del territorio.

- **III.2.1 Componente abiótico** — clima, geología, fisiografía, topoformas, relieve, suelo, erosión, degradación, hidrología superficial y subterránea, riesgos naturales, y calidad del aire y ruido.
- **III.2.2 Componente biótico** — vegetación por escala, comparación entre la cartografía nacional y el levantamiento propio, y contraste entre la biota potencial de la región y la efectivamente registrada.
- **III.2.3 Componente socioeconómico** — poblamiento, infraestructura y actividad económica de la Región Ecológica.
- **III.2.4 Componente perceptual** — calidad visual del ámbito y unidades de paisaje.

Los resultados de los muestreos de flora y fauna —esfuerzo, riqueza, abundancia, índices de diversidad, valor de importancia y curvas de acumulación— no se agotan en el apartado III.2.2: se desarrollan con detalle en III.3, III.4 y III.5, y se integran en el diagnóstico de III.7.

III.2.1 Componente abiótico

III.2.1.1 Clima

La Región Ecológica se reparte entre dos tipos climáticos de la clasificación de Köppen modificada por García. El primero, **BS1(h')w**, es un clima semiseco muy cálido con lluvias en verano; el segundo, **Awo**, es cálido subhúmedo con lluvias en verano y corresponde al subtipo más seco de los subhúmedos.

Tabla 8. Tipos climáticos de Köppen modificada por García en las tres escalas.

Tipo climático	AP: ha	AP: %	AI: ha	AI: %	RE: ha	RE: %
BS1(h')w	13.47	100.00	276.19	100.00	30,276.12	79.73
Awo	0.00	0.00	0.00	0.00	7,695.63	20.27

Fuente: CONABIO–INEGI, Climas de México (clasificación de Köppen modificada por García), recorte a cada escala del estudio.

La lectura del reparto es la de un gradiente de continentalidad y altitud: **el clima semiseco BS1(h')w ocupa 30,276.12 ha, 79.73 % de la Región Ecológica**, y domina las porciones bajas de valle y llanura; el clima subhúmedo Awo ocupa las 7,695.63 ha restantes, 20.27 %, en las porciones altas del noreste, donde la elevación incrementa la precipitación y modera la temperatura. El descenso de la humedad hacia la parte baja de la cuenca es el que explica que el tipo de vegetación dominante sea selva baja caducifolia y no selva mediana: la caducifolia es la respuesta funcional de la comunidad arbórea a una estación seca prolongada y severa.

El Área del Proyecto y el Área de Influencia se localizan íntegramente en el clima semiseco BS1(h')w, con 13.4689 ha y 276.19 ha respectivamente, es decir, 100.00 % de cada escala. El sitio se sitúa por tanto en el extremo más seco del gradiente regional. Ese hecho tiene dos implicaciones que se retoman en los apartados posteriores: la vegetación del predio opera cerca de su límite de tolerancia hídrica, lo que reduce sus tasas de crecimiento y alarga los tiempos de recuperación; y las especies que la componen son, por selección del propio ambiente, tolerantes a la sequía, lo que favorece la viabilidad de los trabajos de restauración con material local.

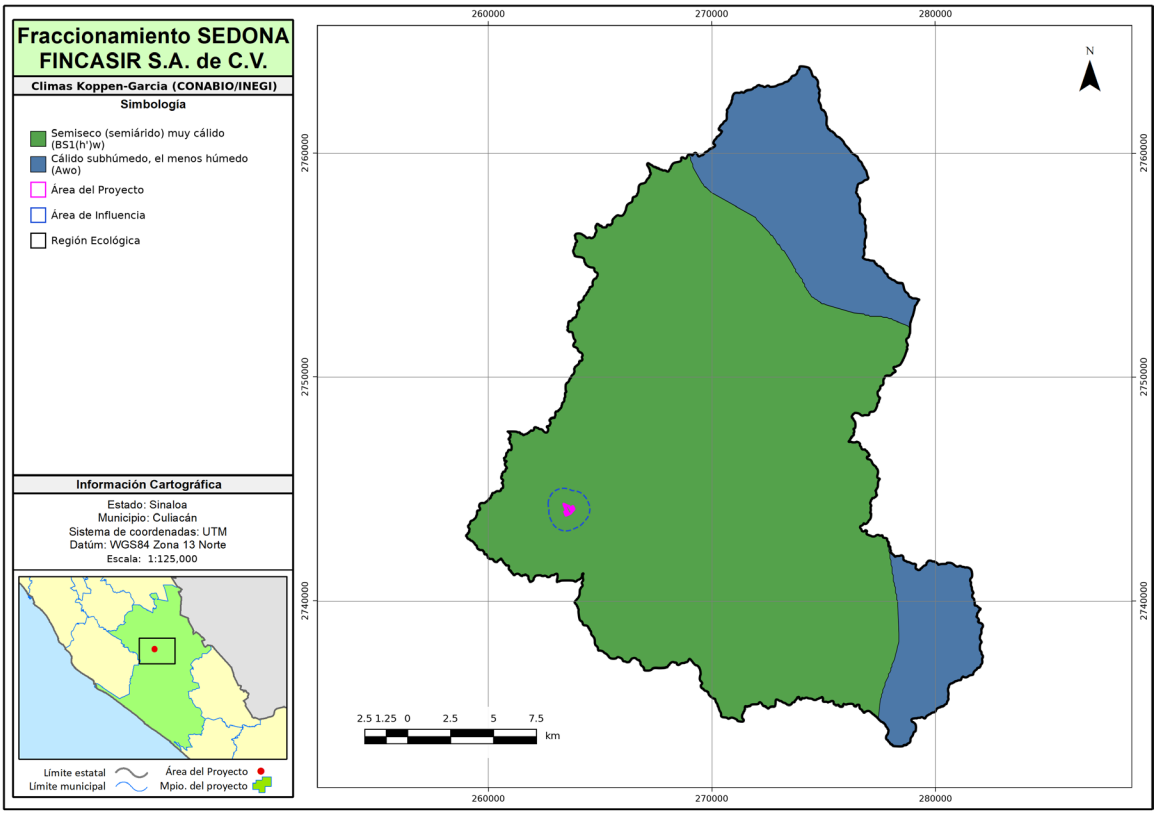


Figura 4. Distribución de los tipos climáticos de Köppen-García en la Región Ecológica. La transición entre el clima semiseco muy cálido BS1(h')w y el cálido subhúmedo Awo coincide con el ascenso topográfico hacia el noreste de la unidad. Fuente: CONABIO–INEGI, Climas de México.

Régimen térmico y pluviométrico

La carta de climas resuelve el tipo, no la marcha del año. Para describirla se recurrió a las normales climatológicas publicadas por el Servicio Meteorológico Nacional. **Ninguna estación con normales publicadas se localiza dentro de la Región Ecológica**, de modo que la caracterización se apoya en las dos estaciones más próximas al Área del Proyecto que además cubren el intervalo altitudinal del sitio y el gradiente de humedad de la unidad, y que comparten el periodo normal más reciente disponible, 1991-2020. Las dos operan en el municipio de Culiacán, a poco más de tres kilómetros del límite de la Región Ecológica.

Tabla 9. Estaciones climatológicas de referencia: clave, ubicación y altitud.

Clave	Estación	Municipio	X UTM (m)	Y UTM (m)	Altitud (m s. n. m.)	Periodo normal	Distancia al AP (km)	Distancia al límite de la RE (km)
25015	Culiacán (DGE)	Culiacán, Sinaloa	256,664.91	2,745,628.29	60	1991-2020	7.09	3.22
25081	Sanalona II	Culiacán, Sinaloa	283,730.81	2,744,542.81	104	1991-2020	20.15	3.79

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional–CONAGUA, Base de Datos Climatológica Nacional, Normales Climatológicas 1991-2020, consultadas el 17 de agosto de 2026. Coordenadas en UTM WGS84, zona 13 norte (EPSG:32613); distancias medidas desde el centroide del Área del Proyecto y desde el límite de la Región Ecológica.

El criterio de selección no fue la cercanía sola. Culiacán (DGE), a 60 m s. n. m., es la estación instrumental más próxima y se sitúa en el mismo piso altitudinal del predio, que se desarrolla entre 66.9 y 104.7 m s. n. m.; representa por tanto el dominio semiseco BS1(h')w que ocupa la totalidad del Área del Proyecto y del Área de Influencia. Sanalona II, a 104 m s. n. m. y 27 km al oriente de la primera, ocupa la cota superior de ese intervalo y se localiza del lado interior de la cuenca, donde el ascenso topográfico introduce el clima subhúmedo. Las dos juntas acotan el gradiente que la carta de climas dibuja; ninguna de las dos alcanza las cotas del sector nororiental, de modo que **las cifras que siguen describen el dominio semiseco de la unidad y no se extrapolan a las porciones altas clasificadas como Awo**.

Tabla 10. Normales climatológicas mensuales 1991-2020 de las estaciones de referencia.

Mes	25015 Culiacán (DGE): T media (°C)	25015: precipitación (mm)	25081 Sanalona II: T media (°C)	25081: precipitación (mm)
Enero	20.4	13.8	19.1	16.5
Febrero	21.0	14.4	20.2	14.0
Marzo	22.6	2.7	21.6	4.7
Abril	24.9	1.3	23.8	2.8
Mayo	27.9	1.1	26.7	0.9
Junio	30.9	18.0	30.0	37.3
Julio	30.8	151.3	29.6	238.6
Agosto	30.2	216.1	29.0	238.8
Septiembre	29.8	187.5	28.6	191.9
Octubre	28.9	42.8	27.2	42.8
Noviembre	24.8	22.3	23.2	31.1
Diciembre	20.8	15.9	19.6	13.4
Anual	**26.1**	**687.2**	**24.9**	**832.8**
Evaporación anual (mm)	—	2,045.3	—	2,099.1
Días con lluvia al año	—	64.8	—	81.6

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional–CONAGUA, Normales Climatológicas 1991-2020, estaciones 25015 y 25081; valores anuales según los publica la propia normal.

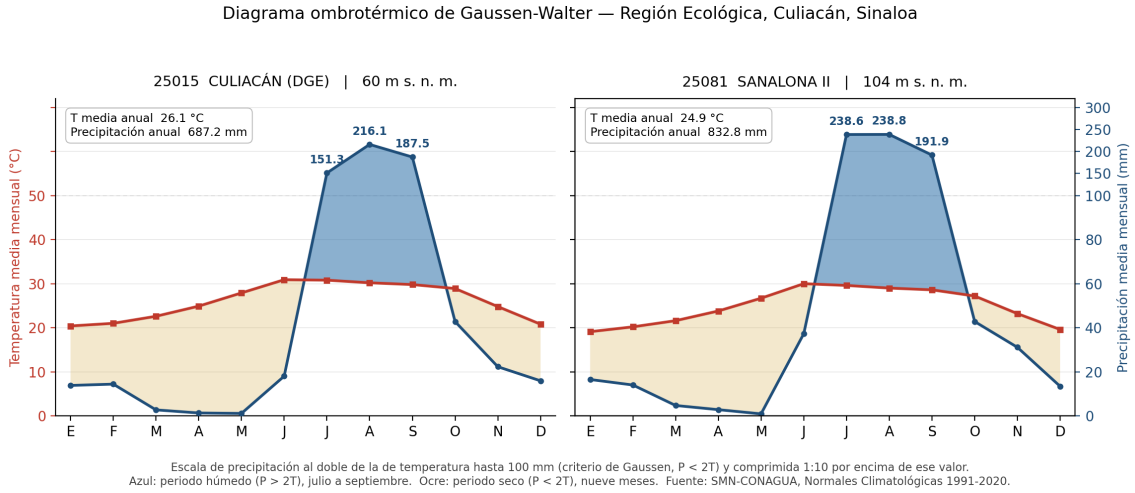


Figura 5. Diagrama ombrotérmico de Gaussen-Walter de las dos estaciones de referencia. La escala de precipitación es el doble de la de temperatura hasta 100 mm —el criterio de Gaussen, según el cual un mes es seco cuando su precipitación en milímetros es inferior al doble de su temperatura media en grados Celsius— y se comprime a razón de uno a diez por encima de ese valor para acomodar el máximo de agosto. La superficie azul es el periodo húmedo y la ocre el seco. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional–CONAGUA, Normales Climatológicas 1991-2020.

El diagrama devuelve la misma lectura en las dos estaciones y con una nitidez poco frecuente: **tres meses húmedos, de julio a septiembre, y nueve meses secos**. En Culiacán (DGE) esos tres meses concentran 554.9 mm —151.3 + 216.1 + 187.5— de los 687.2 mm anuales, 80.75 %; en Sanalona II concentran 669.3 mm —238.6 + 238.8 + 191.9— de 832.8 mm, 80.37 %. En el otro extremo, el trimestre de marzo a mayo apenas reúne 5.1 mm y 8.4 mm respectivamente, cifras que en la práctica equivalen a una interrupción total del aporte pluvial durante los meses de mayor demanda evaporativa: la evaporación anual, de 2,045.3 mm y 2,099.1 mm, es 2.98 y 2.52 veces la precipitación de cada estación. La lluvia se reparte además en muy pocos episodios —64.8 y 81.6 días con lluvia al año— lo que significa que llega concentrada y con intensidad alta, no distribuida.

La diferencia entre ambas estaciones confirma el gradiente que la carta de climas expresa como transición: 145.6 mm más de lluvia y 1.2 °C menos de temperatura media en la estación situada 44 m más arriba y 27 km hacia el interior de la cuenca. Es la misma señal que separa el BS1(h')w del Awo, medida con instrumentos en lugar de cartografiada, y confirma que el Área del Proyecto ocupa el extremo seco de la unidad.

Tres consecuencias se siguen de esta marcha anual, y las tres se retoman más adelante. La primera es ecológica: una estación seca de nueve meses en un régimen de 26.1 °C de media es la condición que explica la caducifolia de la selva baja. La pérdida de la hoja no es un rasgo accesorio de esta comunidad sino su mecanismo de supervivencia, y fija el momento del año en que la vegetación es fisiológicamente activa —el mismo trimestre húmedo— y aquel en que está en reposo. La segunda es operativa: el trimestre que aporta cuatro quintas partes de la lluvia anual coincide con la temporada de ciclones que el apartado III.2.1.9 clasifica en grado alto, de modo que la ventana crítica de la obra no se define por conveniencia de calendario sino por la coincidencia de ambos hechos; retirar la cubierta al inicio de ese trimestre expone el suelo desnudo precisamente cuando llega el 80 % de la precipitación anual, repartida en 46.0 días de lluvia en Culiacán (DGE) —15.7 + 17.2 + 13.1— y 54.8 en Sanalona II —20.9 + 19.6 + 14.3—. La tercera es de manejo y opera en sentido inverso: ese mismo trimestre es la única ventana de prendimiento realista para el material vegetal de los trabajos de restauración, porque fuera de él la humedad disponible no sostiene el establecimiento sin

riego. La programación de obra tiene por tanto que separar dos calendarios que el régimen pluvial empuja a solaparse.

III.2.1.2 Geología

Tabla 11. Unidades geológicas en las tres escalas.

Unidad geológica	AP: ha	AP: %	AI: ha	AI: %	RE: ha	RE: %
Aluvial	13.13	97.52	186.31	67.46	6,407.63	16.87
Ignimbrita-Toba riolítica	0.33	2.48	89.88	32.54	6,275.29	16.53
Granodiorita	0.00	0.00	0.00	0.00	8,397.63	22.12
Andesita-Caliza	0.00	0.00	0.00	0.00	7,250.91	19.10
Conglomerado poligénico	0.00	0.00	0.00	0.00	7,183.24	18.92
Andesita-Toba andesítica	0.00	0.00	0.00	0.00	2,150.94	5.66
Arenisca-Limolita	0.00	0.00	0.00	0.00	271.07	0.71
Arenisca-Caliza	0.00	0.00	0.00	0.00	35.04	0.09

Fuente: Servicio Geológico Mexicano, Carta Geológico-Minera; recorte a cada escala del estudio.

La Región Ecológica presenta un mosaico litológico de **ocho unidades**, coherente con su posición en el borde occidental de la Sierra Madre Occidental. Las rocas ígneas intrusivas y volcánicas —granodiorita con 8,397.63 ha y 22.12 %, ignimbrita y toba riolítica con 6,275.29 ha y 16.53 %, andesita y toba andesítica con 2,150.94 ha y 5.66 %— suman 44.31 % de la superficie y constituyen el sustrato de las porciones serranas. La unidad de andesita-caliza, con 7,250.91 ha y 19.10 %, aporta el componente sedimentario marino. Los materiales de relleno —conglomerado poligénico con 7,183.24 ha y 18.92 %, y aluvial con 6,407.63 ha y 16.87 %— ocupan los valles y la llanura, y suman 35.79 %.

Ese reparto es el que sostiene la densidad de drenaje intermedia que se reportó en III.1.2: los materiales cristalinos e ignimbríticos son prácticamente impermeables y generan escurrimiento rápido y una red densa; los aluviales y conglomerados admiten infiltración y reducen la densidad de cauces. La cuenca combina ambos comportamientos.

El Área del Proyecto se asienta casi por completo sobre material aluvial: 13.1347 ha, 97.52 % de su superficie, con apenas 0.3342 ha de ignimbrita y toba riolítica, 2.48 %. En el Área de Influencia el aluvial ocupa 186.31 ha, 67.46 %, y la ignimbrita 89.88 ha, 32.54 %. Es la diferencia más marcada entre el sitio y su contexto regional, donde el aluvial representa sólo 16.87 %. El proyecto se localiza, en consecuencia, sobre depósitos no consolidados de granulometría heterogénea, con capacidad de infiltración apreciable y sin roca dura superficial. Esto es relevante en dos sentidos opuestos y ambos deben declararse: reduce las dificultades constructivas y el riesgo de escurrimiento inmediato, pero también significa que el sitio ocupa una de las porciones de la cuenca con mayor función de recarga por unidad de superficie.

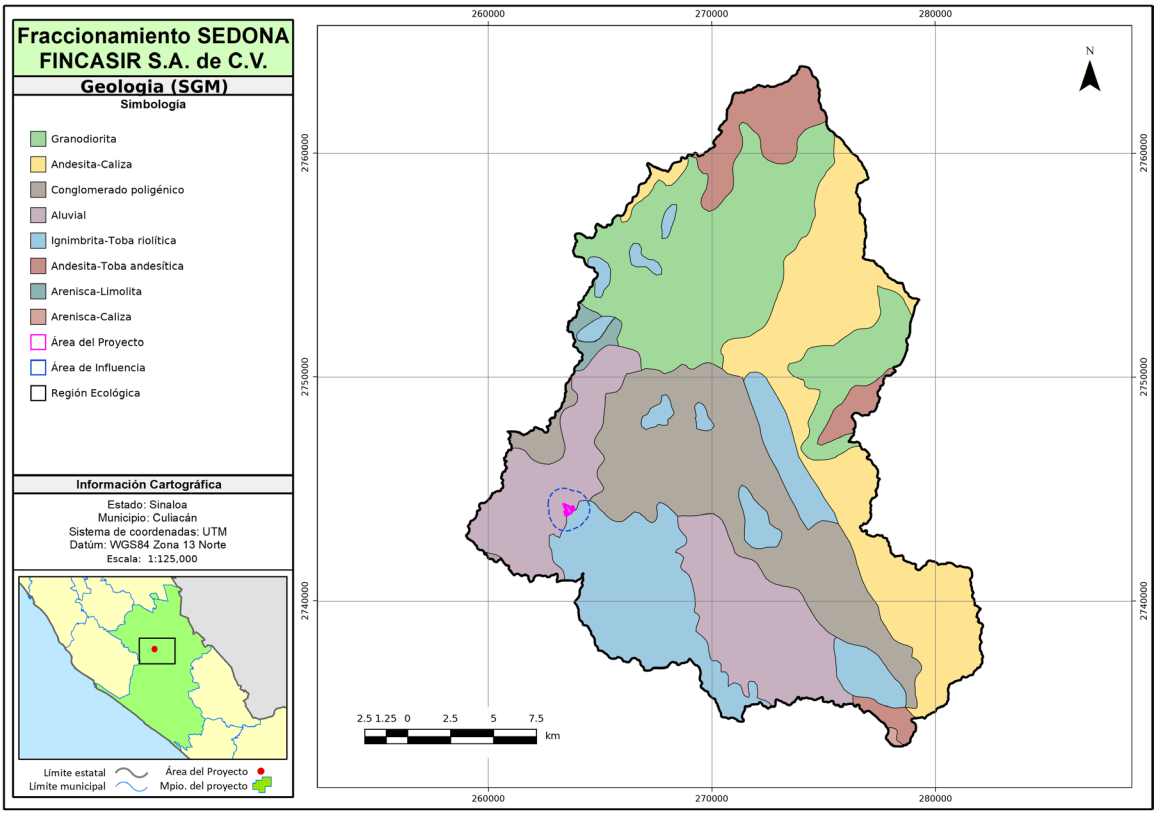


Figura 6. Unidades geológicas de la Región Ecológica. El contraste entre el dominio ígneo del noreste y los rellenos aluviales y conglomeráticos del suroeste organiza el resto de los componentes físicos: relieve, suelo, drenaje y capacidad de infiltración. Fuente: Servicio Geológico Mexicano, Carta Geológico-Minera.

El detalle de la escala del predio confirma lo que la tabla comparativa anticipaba y que el mapa regional no permite ver: el polígono no cae sobre el mosaico ígneo que domina la cuenca sino sobre el relleno aluvial de su borde. Los dos mapas que siguen resuelven esa transición a la escala del predio y de su franja envolvente.

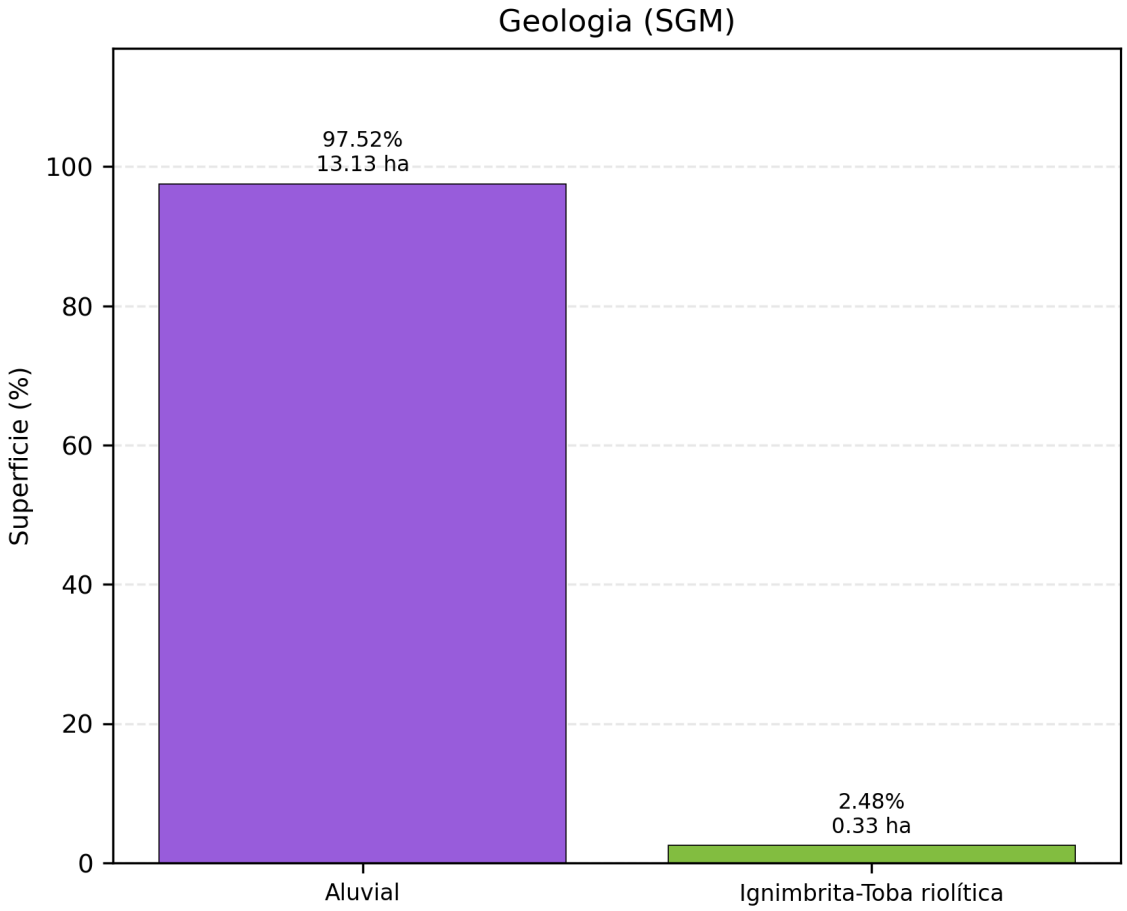


Figura 7. Unidades geológicas en el Área del Proyecto. El polígono queda contenido casi íntegramente en la unidad aluvial —13.1347 ha, 97.52 %—, con una franja marginal de ignimbrita y toba riolítica de 0.3342 ha, 2.48 %, en su borde. Fuente: Servicio Geológico Mexicano, Carta Geológico-Minera.

La franja envolvente incorpora ya una fracción sustancial del sustrato ignimbrítico —89.88 ha, 32.54 %—, que en el Área del Proyecto se reduce a 0.3342 ha. Esa diferencia marca el punto donde el material no consolidado del valle da paso a la roca del frente serrano.

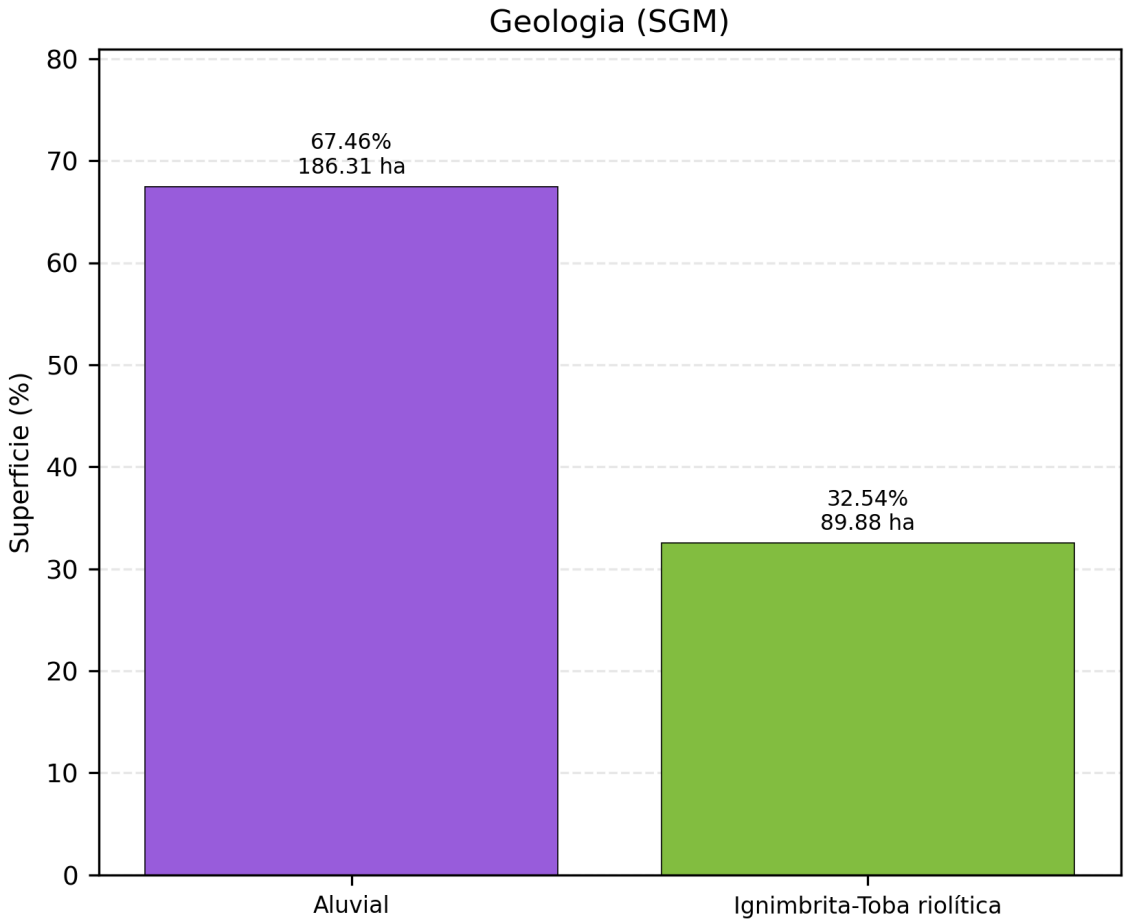


Figura 8. Unidades geológicas en el Área de Influencia. El contacto entre el aluvial —186.31 ha, 67.46 %— y la ignimbrita y toba riolítica —89.88 ha, 32.54 %— atraviesa la franja envolvente del proyecto y marca el arranque del frente serrano. Fuente: Servicio Geológico Mexicano, Carta Geológico-Minera.

III.2.1.3 Fisiografía y sistemas de topoformas

Tabla 12. Subprovincias fisiográficas en las tres escalas.

Subprovincia fisiográfica	AP: ha	AP: %	AI: ha	AI: %	RE: ha	RE: %
LLANURA COSTERA Y DELTAS DE SONORA Y SINALOA	13.47	100.00	248.87	90.11	2,452.31	6.46
PIE DE LA SIERRA	0.00	0.00	27.32	9.89	35,519.44	93.54

Fuente: INEGI, Conjunto de datos de fisiografía; recorte a cada escala del estudio.

La Región Ecológica pertenece a dos subprovincias: **Pie de la Sierra, con 35,519.44 ha y 93.54 %**, y Llanura Costera y Deltas de Sonora y Sinaloa, con 2,452.31 ha y 6.46 %. El proyecto, en cambio, se localiza **íntegramente en la Llanura Costera** —13.4689 ha, 100.00 %— y el Área de Influencia lo hace en 248.87 ha, 90.11 %. Es decir, el sitio ocupa la fracción minoritaria y topográficamente más suave de la unidad regional.

Tabla 13. Sistemas de topoformas de la Región Ecológica: superficie por clase.

Clase	Superficie (ha)	Porcentaje de la escala (%)
Sierra Baja Con Lomerío	19,908.61	52.43
Valle De Laderas Tendidas Con Lomerío	8,057.37	21.22
Sierra Baja	3,960.70	10.43
Sierra Alta	3,588.57	9.45
Llanura Costera	2,456.51	6.47

Fuente: INEGI, Conjunto de datos de fisiografía, sistema de topoformas de la Región Ecológica.

Dentro de la Región Ecológica se reconocen cinco sistemas de topoformas. **La sierra baja con lomerío domina con 19,908.61 ha, 52.43 %**, seguida del valle de laderas tendidas con lomerío, 8,057.37 ha y 21.22 %; la sierra baja, 3,960.70 ha y 10.43 %; la sierra alta, 3,588.57 ha y 9.45 %; y la llanura costera, 2,456.51 ha y 6.47 %. Casi tres cuartas partes de la cuenca son terreno serrano o de lomerío.

El Área del Proyecto ocupa llanura costera en 13.4689 ha, 100.00 % de su superficie. El contraste con el contexto es máximo: la clase de topoforma que en la región representa 6.47 % es la única presente en el sitio. Esta coincidencia —llanura costera, material aluvial, clima semiseco— define un sitio de baja energía geomorfológica: la pendiente, la capacidad de transporte del escurrimiento y el riesgo de movimientos en masa son los menores de toda la cuenca.

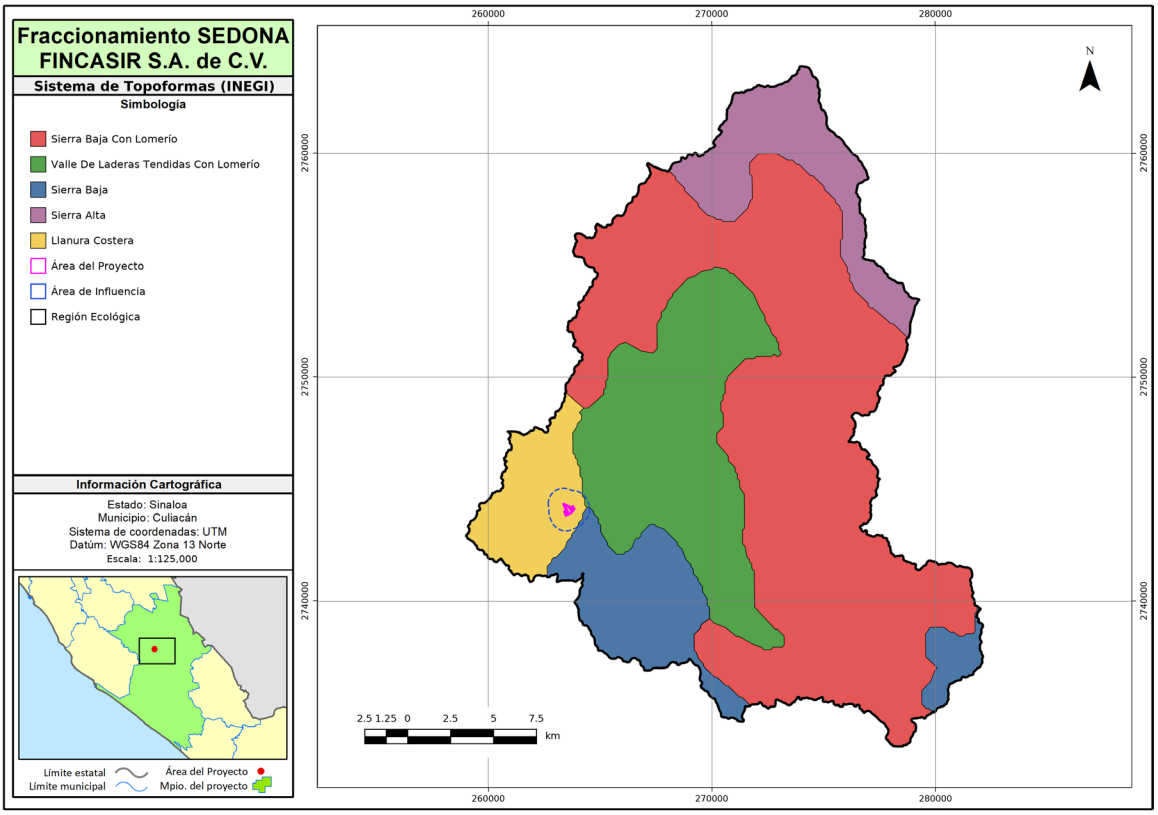


Figura 9. Sistemas de topoformas de la Región Ecológica. La franja de llanura costera del suroeste, donde se localiza el Área del Proyecto, es la unidad de menor extensión y de menor energía de relieve del conjunto. Fuente: INEGI, Conjunto de datos de fisiografía.

La cuantificación de las dos subprovincias deja ver una inversión completa entre el contexto y el sitio: lo que a escala regional es la fracción minoritaria —la Llanura Costera, con 6.46 %— es la totalidad del Área del Proyecto. Los dos mapas siguientes muestran dónde corre ese límite.

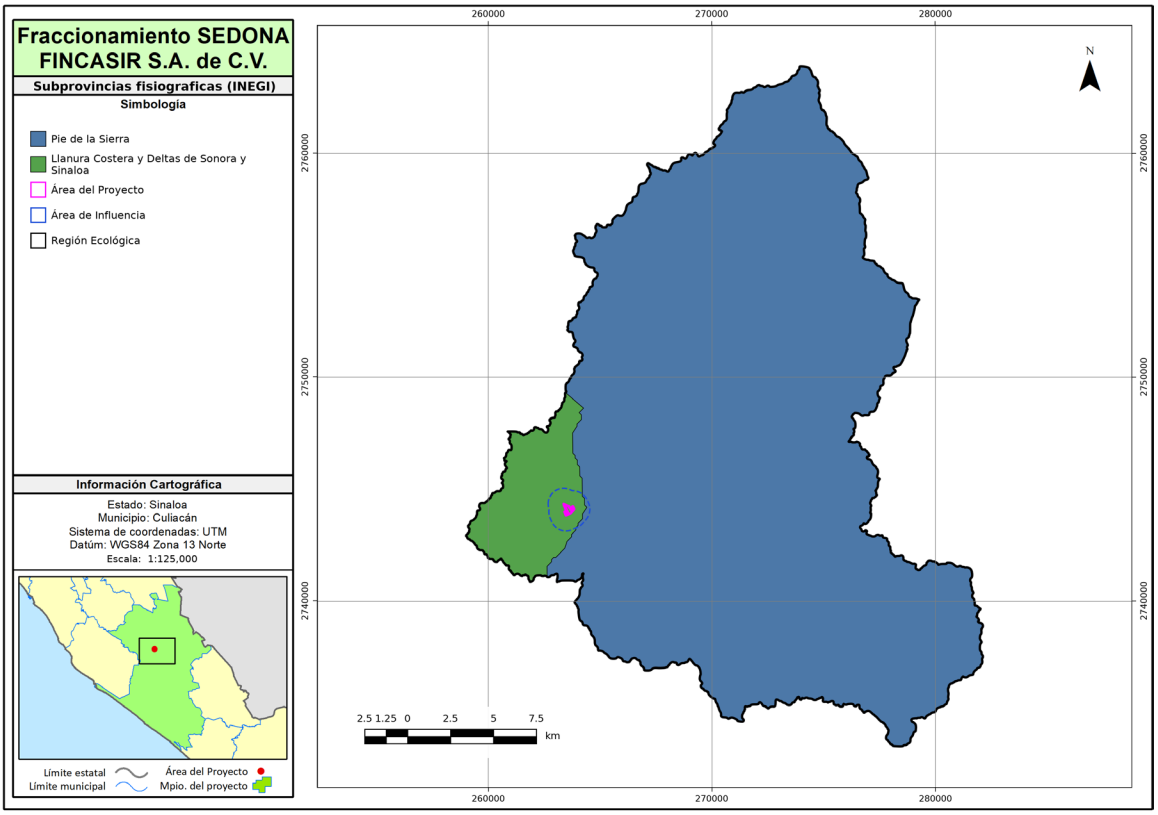


Figura 10. Subprovincias fisiográficas de la Región Ecológica. El Pie de la Sierra ocupa 35,519.44 ha, 93.54 % de la unidad, y la Llanura Costera y Deltas de Sonora y Sinaloa las 2,452.31 ha restantes, 6.46 %, en la franja suroeste donde se localiza el Área del Proyecto. Fuente: INEGI, Conjunto de datos de fisiografía.

El mapa regional sitúa el límite entre ambas subprovincias en el borde suroeste de la cuenca; la del Área de Influencia lo resuelve al detalle y permite comprobar que el predio queda del lado de la llanura, en el sector de menor energía de relieve de toda la unidad.

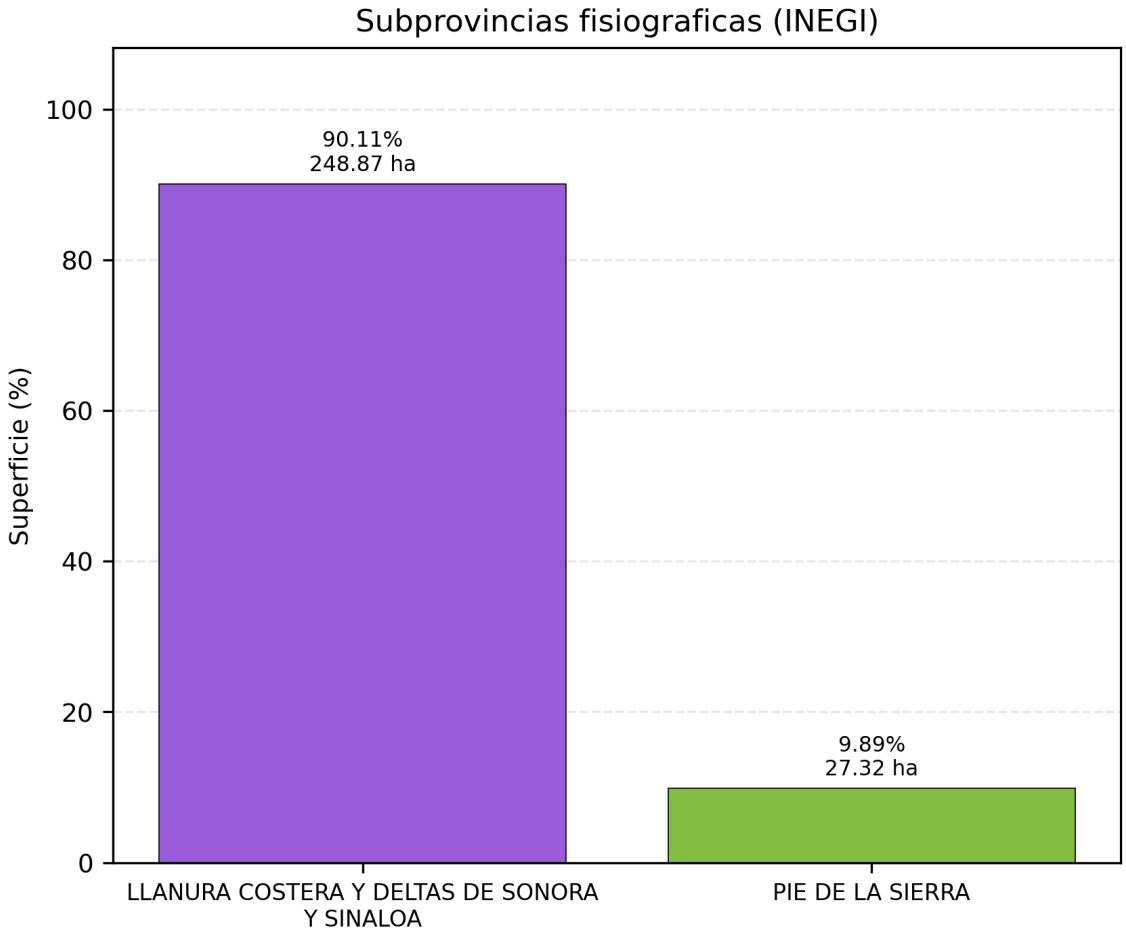


Figura 11. Subprovincias fisiográficas en el Área de Influencia. El límite entre la Llanura Costera y el Pie de la Sierra cruza el Área de Influencia, que queda mayoritariamente del lado de la llanura con 248.87 ha, 90.11 %. Fuente: INEGI, Conjunto de datos de fisiografía.

III.2.1.4 Relieve: pendiente, elevación y exposición

Las superficies por clase de pendiente, altitud y exposición se obtuvieron por conteo de píxeles del modelo digital de elevación multiplicado por el área del píxel, en las tres escalas.

Pendiente

Tabla 14. Clases de pendiente en la Región Ecológica.

Clase de pendiente	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
0-2%	1,681.99	4.43
2-5%	7,680.62	20.23
5-10%	7,806.33	20.56
10-15%	6,718.76	17.69

Clase de pendiente	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
15-25%	6,541.13	17.23
25-50%	6,421.54	16.91
50-75%	1,037.14	2.73
>75%	84.23	0.22

Fuente: cálculo sobre el modelo digital de elevación de la Región Ecológica, clasificación de pendientes en ocho intervalos.

En la Región Ecológica, **las pendientes superiores a 15 % ocupan 14,084.04 ha, 37.09 % de la superficie** —suma de las clases de 15 a 25 %, de 25 a 50 %, de 50 a 75 % y mayores de 75 %—, y las superiores a 25 % ocupan 7,542.91 ha, 19.86 %; es un territorio con una fracción sustancial de laderas de fuerte inclinación. El reparto no tiene clase dominante: la moda, de 5 a 10 %, reúne 7,806.33 ha y 20.56 %, apenas por delante de la de 2 a 5 % con 7,680.62 ha y 20.23 %, y ninguna de las ocho clases alcanza la quinta parte de la unidad; en el otro extremo, sólo 1,681.99 ha, 4.43 %, son terreno casi horizontal de menos de 2 %. Lo que esta distribución describe no es una cuenca con un relieve característico, sino un gradiente continuo, sin planicie de referencia y sin ladera única. La consecuencia para la evaluación es directa: la energía disponible para arrastrar partículas varía dentro de la Región Ecológica más que cualquier otro de sus atributos físicos, de modo que el riesgo de erosión inducida del predio se juzga por la posición que ocupa dentro de ese gradiente y no contra el promedio de la unidad.

Tabla 15. Clases de pendiente en el Área de Influencia.

Clase de pendiente	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
0-2%	35.55	12.99
2-5%	68.80	25.14
5-10%	45.65	16.68
10-15%	28.81	10.53
15-25%	36.04	13.17
25-50%	34.49	12.60
50-75%	18.16	6.64
>75%	6.14	2.24

Fuente: cálculo sobre el modelo digital de elevación del Área de Influencia.

En el Área de Influencia esa proporción es todavía mayor en el extremo alto —las pendientes superiores a 50 % suman 24.308 ha, 8.88 %, frente a 2.95 % en la región—, porque el buffer incluye el frente serrano inmediato. La franja envolvente tensa el reparto por los dos extremos a la vez: las clases inferiores a 5 % ocupan 35.55 ha y 68.80 ha —12.99 % y 25.14 %—, muy por encima de lo que esas mismas clases representan en la Región Ecológica, mientras que las de 50 a 75 % y mayores de 75 % llegan a 18.16 ha y 6.14 ha, 6.64 % y 2.24 %, cuando en la unidad completa se quedan en 2.73 % y 0.22 %. En 276.19 ha se resuelve, por tanto, el contacto íntegro entre la llanura y el frente serrano. Para la evaluación esto significa que el predio no es un fragmento homogéneo de llanura sino el borde bajo de una transición topográfica, y que la unidad pertinente para analizar el escurrimiento no es el polígono aislado sino el tramo de ladera y valle que la franja envolvente delimita.

Tabla 16. Clases de pendiente en el Área del Proyecto.

Clase de pendiente	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
0-2%	0.26	1.95
2-5%	1.13	8.35
5-10%	5.22	38.78
10-15%	3.63	26.93
15-25%	2.44	18.09
25-50%	0.79	5.87
50-75%	0.00	0.02
>75%	0.00	0.00

Fuente: cálculo sobre el modelo digital de elevación del Área del Proyecto.

El Área del Proyecto invierte el patrón. La clase modal es la de 5 a 10 %, con 5.2232 ha y 38.78 %, seguida de la de 10 a 15 %, con 3.6276 ha y 26.93 %. Las pendientes superiores a 25 % suman 0.7942 ha, 5.89 %, y las superiores a 50 % apenas 0.0033 ha, 0.02 %. La pendiente media del polígono es de 11.73 %, frente a 15.5 % de la Región Ecológica.

La consecuencia es operativa y ambiental a la vez. Un terreno de pendiente predominantemente suave permite ejecutar las obras sin cortes profundos ni taludes de gran altura, y limita la energía disponible para el arrastre de partículas una vez retirada la cubierta. En términos del riesgo de erosión inducida, el proyecto ocupa la porción de la cuenca donde ese riesgo es estructuralmente menor.

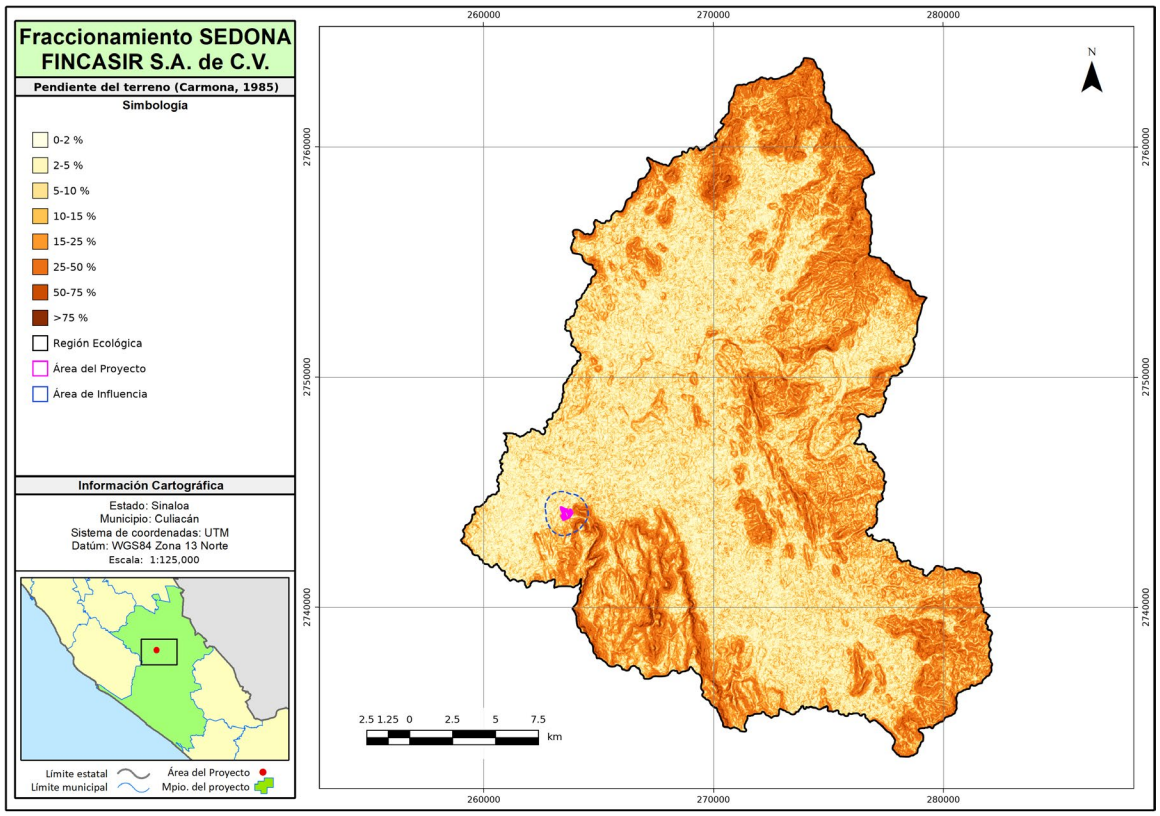


Figura 12. Clases de pendiente en la Región Ecológica. Las clases superiores a 15 % se concentran en el dominio serrano del noreste; la llanura del suroeste, donde se ubica el Área del Proyecto, corresponde a las clases inferiores a 15 %. Fuente: cálculo sobre el modelo digital de elevación empleado en el estudio.

Exposición de las laderas

Tabla 17. Exposición de las laderas en la Región Ecológica.

Exposición de la ladera	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Plano (sin exposición dominante)	1,682.00	4.43
Norte	3,874.52	10.20
Noreste	3,957.40	10.42
Este	4,454.74	11.73
Sureste	4,343.81	11.44
Sur	4,319.50	11.38
Suroeste	4,931.48	12.99
Oeste	5,729.77	15.09
Noroeste	4,678.53	12.32

Fuente: cálculo sobre el modelo digital de elevación de la Región Ecológica.

En la Región Ecológica la exposición está repartida con notable uniformidad: ninguna orientación supera 15.09 % —la del Oeste, con 5,729.77 ha— y la menos representada, el Norte, alcanza 10.20 % con 3,874.52 ha. Ese reparto casi equitativo es el esperable en una cuenca de relieve disectado con cauces en todas direcciones, y significa que a escala regional no hay un sesgo de insolación que condicione la distribución de la vegetación.

Tabla 18. Exposición de las laderas en el Área del Proyecto.

Exposición de la ladera	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Plano (sin exposición dominante)	0.26	1.95
Norte	1.92	14.23
Noreste	1.84	13.65
Este	0.84	6.27
Sureste	0.19	1.40
Sur	0.33	2.44
Suroeste	0.72	5.38
Oeste	3.73	27.67
Noroeste	3.64	27.02

Fuente: cálculo sobre el modelo digital de elevación del Área del Proyecto.

En el Área del Proyecto la distribución es marcadamente asimétrica: las exposiciones del Oeste y del Noroeste concentran 3.7266 ha y 3.6396 ha, 27.67 % y 27.02 % respectivamente, y junto con el Norte y el Noreste suman 82.57 % de la superficie. Las exposiciones del Sureste y del Sur, las de mayor carga de radiación en el hemisferio norte, ocupan sólo 0.1879 ha y 0.3291 ha, 1.40 % y 2.44 %.

El dato tiene sentido ecológico directo. Las laderas con exposición al Norte y al Noroeste reciben menos radiación directa, pierden menos agua por evaporación y sostienen, en climas semisecos, una vegetación de mayor cobertura y de composición algo más mésica que las laderas expuestas al Sur. Que el predio se sitúe mayoritariamente en esas exposiciones explica parte de la estructura de la vegetación que documentan los apartados III.3 y III.5, y es también una condición favorable para el prendimiento del material vegetal en los trabajos de restauración.

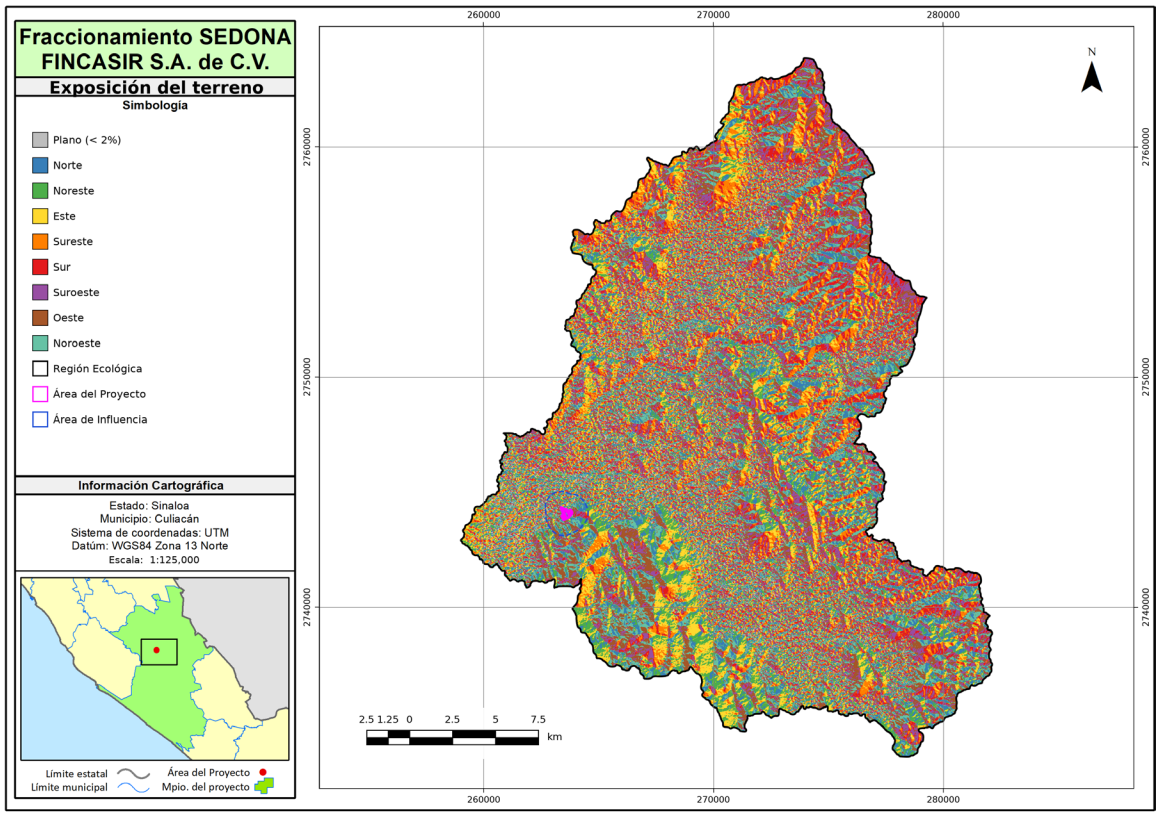


Figura 13. Exposición de las laderas en la Región Ecológica. El reparto entre las ocho orientaciones es prácticamente equitativo, sin dominancia de ninguna de ellas por encima de 15.09 %. Fuente: cálculo sobre el modelo digital de elevación empleado en el estudio.

Tabla 19. Exposición de las laderas en el Área de Influencia.

Exposición de la ladera	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Plano (sin exposición dominante)	35.55	12.99
Norte	51.69	18.89
Noreste	29.21	10.67
Este	8.90	3.25
Sureste	2.92	1.07
Sur	9.58	3.50
Suroeste	23.13	8.45
Oeste	57.09	20.86
Noroeste	55.59	20.31

Fuente: cálculo sobre el modelo digital de elevación del Área de Influencia.

El Área de Influencia reproduce la asimetría del predio y la amplía: las exposiciones al Oeste, Noroeste y Norte concentran 57.085 ha, 55.593 ha y 51.688 ha —20.86 %, 20.31 % y 18.89 %—, en conjunto 60.06 %

de la escala, mientras que las del Sureste y del Sur suman apenas 12.504 ha, 4.57 %. La franja envolvente del proyecto ocupa, como él, la vertiente de menor insolación de la ladera.

Altitud

Tabla 20. Distribución altitudinal del Área del Proyecto: superficie acumulada por cota.

Altitud relativa (h/H)	Altitud (m s. n. m.)	Superficie por encima de esa cota (%)
0.0	66.9	100.00
0.1	70.7	96.20
0.2	74.5	87.60
0.3	78.2	71.70
0.4	82.0	50.90
0.5	85.8	33.20
0.6	89.6	21.60
0.7	93.3	11.80
0.8	97.1	5.00
0.9	100.9	1.70
1.0	104.7	0.00

Fuente: curva hipsométrica calculada sobre el modelo digital de elevación del Área del Proyecto.

El Área del Proyecto se desarrolla entre **66.9 y 104.7 m s. n. m.**, con una elevación media de 83.1 m y un relieve interno de 37.8 m. Su integral hipsométrica es 0.429, muy superior a la de la Región Ecológica (0.177), lo que en una superficie de esta escala no describe una etapa de evolución del relieve sino simplemente que el polígono corta una ladera completa, con su porción alta y su porción baja bien representadas. La curva lo confirma en su tramo central: la cota 82.0 m deja por encima 50.90 % de la superficie, de modo que la mediana altitudinal del predio cae prácticamente a la mitad de sus 37.8 m de desnivel, y por encima de 93.3 m queda ya sólo 11.80 % del polígono. La implicación para el proyecto es de conformación del terreno: una ladera repartida de forma tan regular no obliga a concentrar el movimiento de tierras en un frente único ni impone un desnivel que exija taludes de gran altura, y permite escalonar las obras siguiendo la pendiente natural en lugar de rectificarla.

Tabla 21. Distribución altitudinal del Área de Influencia: superficie acumulada por cota.

Altitud relativa (h/H)	Altitud (m s. n. m.)	Superficie por encima de esa cota (%)
0.0	54.0	100.00
0.1	74.6	49.70
0.2	95.3	30.20
0.3	116.0	18.50
0.4	136.6	11.80

Altitud relativa (h/H)	Altitud (m s. n. m.)	Superficie por encima de esa cota (%)
0.5	157.3	8.00
0.6	178.0	5.50
0.7	198.6	3.60
0.8	219.3	2.30
0.9	240.0	1.30
1.0	260.6	0.00

Fuente: curva hipsométrica calculada sobre el modelo digital de elevación del Área de Influencia.

El Área de Influencia, entre 54.0 y 260.6 m s. n. m., abarca ya el arranque del frente serrano. Su curva no se parece a la del predio, sino que es marcadamente cóncava: por encima de la cota 74.6 m queda ya sólo 49.70 % de la superficie, y por encima de 95.3 m sólo 30.20 %. Dicho de otro modo, la mitad de la franja envolvente se resuelve en los primeros 20.6 m de desnivel —de 54.0 a 74.6 m s. n. m.— mientras que la otra mitad asciende a lo largo de los 186.0 m restantes hasta la cota 260.6 m. El Área del Proyecto, entre 66.9 y 104.7 m s. n. m., ocupa íntegramente ese tramo bajo y tendido; el relieve que domina la escala del Área de Influencia corresponde a laderas ajenas al polígono, y esa asimetría es la que explica que el predio y su franja envolvente arrojen perfiles de pendiente tan distintos pese a ser contiguos.

III.2.1.5 Edafología

Tabla 22. Unidades de suelo en las tres escalas.

Unidad de suelo	AP: ha	AP: %	AI: ha	AI: %	RE: ha	RE: %
LEPTOSOL	10.54	78.29	150.15	54.36	4,010.09	10.56
VERTISOL	2.92	21.71	124.14	44.95	10,649.17	28.04
LOCALIDAD	0.00	0.00	1.91	0.69	1,293.99	3.41
PHAEOZEM	0.00	0.00	0.00	0.00	22,018.25	57.99

Fuente: INEGI, Conjunto de datos edafológicos escala 1:250 000, Serie II; clasificación de los grupos de referencia conforme a la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (IUSS, 2007). Recorte a cada escala del estudio.

En la Región Ecológica se reconocen tres grupos de suelo y una clase que no lo es. **El Phaeozem domina con 22,018.25 ha, 57.99 %**; le siguen el Vertisol con 10,649.17 ha, 28.04 %, y el Leptosol con 4,010.09 ha, 10.56 %. La clase Localidad, con 1,293.99 ha y 3.41 %, no corresponde a un suelo sino a la superficie urbana que la carta señala como no evaluable.

Cada grupo se describe a continuación con sus características, sus limitaciones y su distribución dentro de la unidad.

Phaeozem. Suelo de pastizales relativamente húmedos y de bosques, con un horizonte superficial mólico oscuro, rico en humus y con alta saturación de bases en el metro superior. Es poroso y fértil, y constituye uno de los mejores suelos agrícolas del país. Dentro de la Región Ecológica ocupa las superficies de lomerío y de valle de laderas tendidas, y su presencia mayoritaria explica que 37.53 % de la superficie regional esté bajo agricultura de temporal anual según la cartografía de uso del suelo que se analiza en III.2.2: donde hay

Phaeozem, hay presión de conversión agrícola. Su limitación principal en este contexto no es la fertilidad sino la disponibilidad de agua, dictada por el régimen semiseco.

Vertisol. Suelo con 30 % o más de arcilla expandible que, por ciclos de expansión y contracción, desarrolla grietas anchas al secarse y caras de agregados pulidas en cuña. Alterna saturación y sequía, y es difícil de labrar. Ocupa 28.04 % de la Región Ecológica y **2.9242 ha, 21.71 %, del Área del Proyecto.** Su comportamiento condiciona el manejo: en seco el agrietamiento genera vías preferenciales de infiltración rápida, y en húmedo la arcilla expandida sella el perfil y favorece el escurrimiento superficial. Es un suelo con capacidad de retención de agua alta, pero con baja permeabilidad efectiva una vez saturado.

Leptosol. Suelo azonal muy somero, limitado por roca continua dentro de los primeros 25 cm o con menos de 20 % de tierra fina. Es común en zonas de montaña disectadas y en áreas erosionadas, y la escasa profundidad restringe el enraizamiento. En la Región Ecológica ocupa 10.56 % de la superficie, pero **en el Área del Proyecto es el suelo dominante con 10.5447 ha, 78.29 %**, y en el Área de Influencia alcanza 150.15 ha, 54.36 %. Esta es la segunda gran diferencia entre el sitio y su contexto, y va en dirección contraria a la anterior: el predio no ocupa los suelos profundos y fértiles de la cuenca, sino los someros y limitados por roca.

La lectura conjunta de los tres grupos es la que importa para la evaluación. **El proyecto no se localiza sobre el recurso edáfico más valioso de la Región Ecológica.** El Phaeozem, que es el suelo de mayor capacidad productiva y el que ocupa 57.99 % de la cuenca, está ausente del Área del Proyecto. Las 13.4689 ha del sitio se reparten entre un Leptosol somero, cuya función productiva está limitada por la roca subyacente, y un Vertisol de labranza difícil. Esa condición reduce el costo de oportunidad ambiental de la intervención, y a la vez impone una restricción técnica que el proyecto debe atender: la escasa profundidad del Leptosol limita el volumen de suelo susceptible de ser rescatado y reutilizado en las obras de restauración, y obliga a manejar con cuidado el horizonte superficial disponible.

Las unidades edáficas del predio se identifican en la carta con los calificadores mólico, esquelético y lítico para el Leptosol, y mázico crómico para el Vertisol, con clase textural media en el suelo dominante.

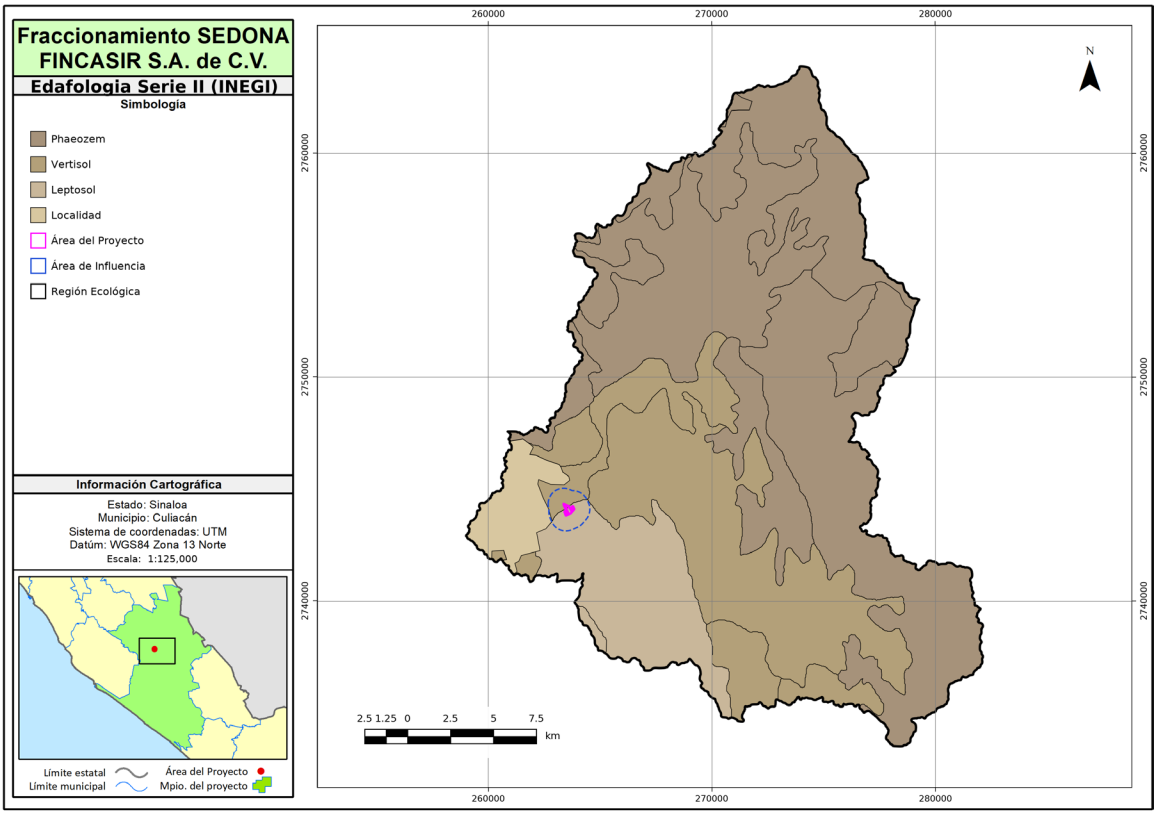


Figura 14. Unidades de suelo de la Región Ecológica. El Phaeozem ocupa los lomeríos y valles centrales; el Vertisol, las porciones bajas de la llanura; y el Leptosol, las laderas de mayor pendiente y las superficies con roca somera. Fuente: INEGI, Conjunto de datos edafológicos Serie II.

La distribución regional de los tres grupos de suelo explica el patrón de uso del territorio, pero la lectura que importa para la evaluación es la del predio, donde el Phaeozem está ausente y el Leptosol domina. Los dos mapas siguientes lo resuelven a escala del sitio y de su entorno.

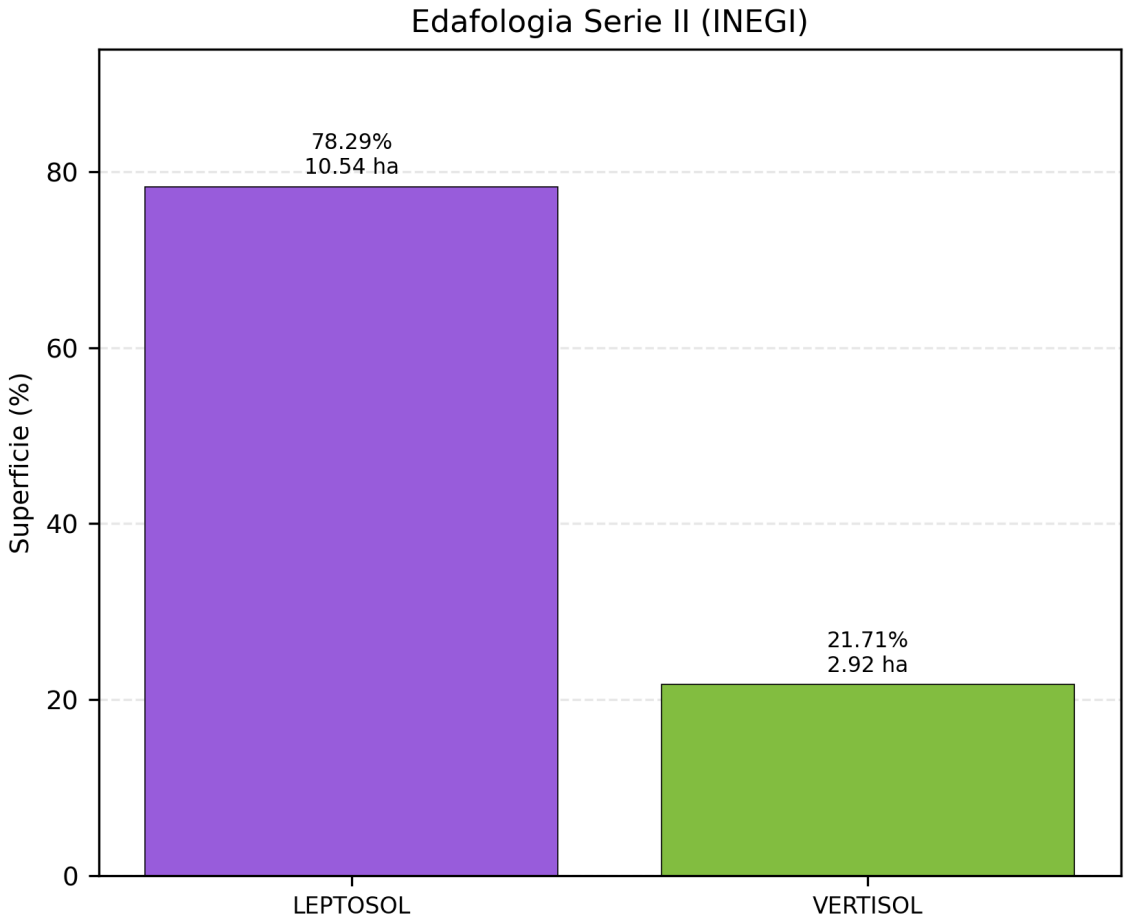


Figura 15. Unidades de suelo en el Área del Proyecto. El polígono se reparte entre Leptosol, con 10.5447 ha y 78.29 %, y Vertisol, con 2.9242 ha y 21.71 %; el Phaeozem, dominante a escala regional, no está presente. Fuente: INEGI, Conjunto de datos edafológicos Serie II.

El Área del Proyecto concentra el Leptosol somero en 78.29 % de su superficie; el Área de Influencia lo hace en 54.36 % y reparte el resto con el Vertisol. Ninguna de las dos escalas contiene Phaeozem, de modo que la intervención no compromete el recurso edáfico de mayor capacidad productiva de la cuenca.

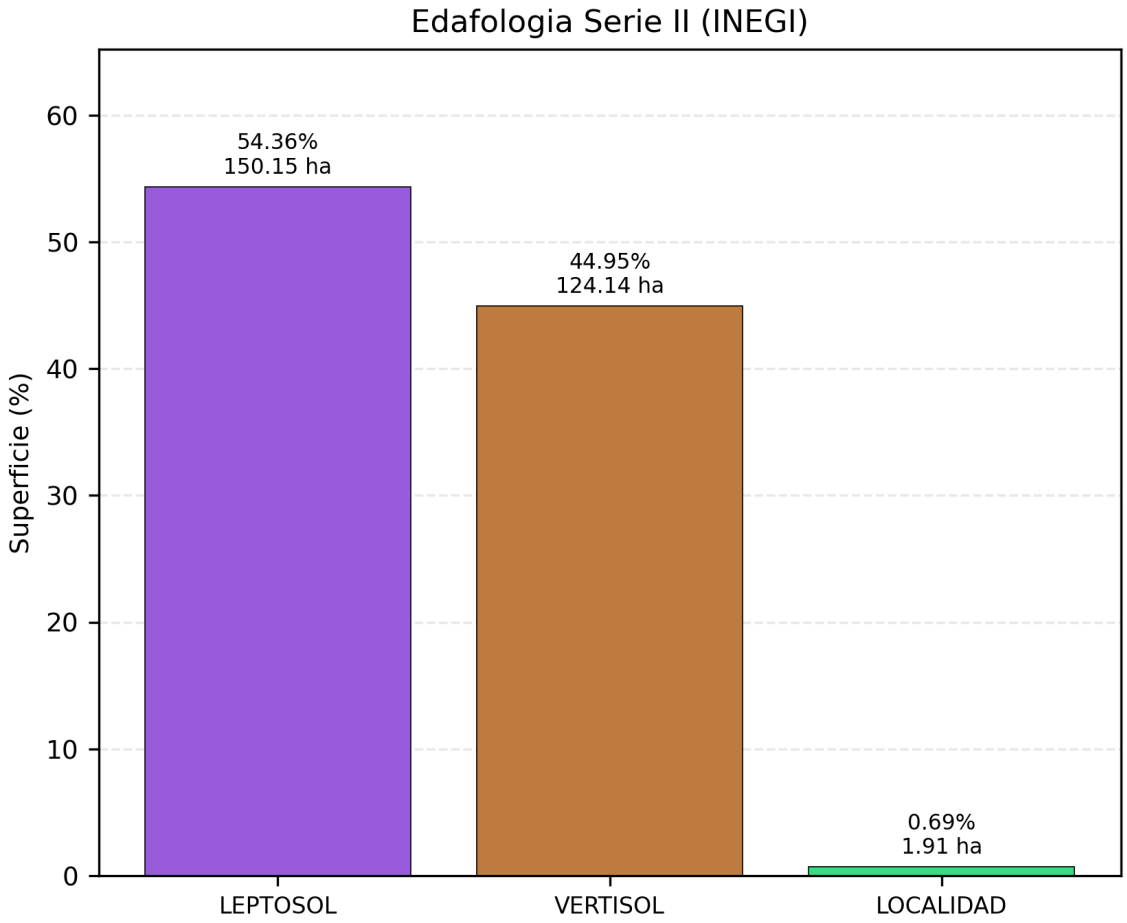


Figura 16. Unidades de suelo en el Área de Influencia: Leptosol con 150.15 ha y 54.36 %, Vertisol con 124.14 ha y 44.95 %, y 1.9061 ha de superficie urbana no evaluable, 0.69 %. Como en el Área del Proyecto, el Phaeozem está ausente. Fuente: INEGI, Conjunto de datos edafológicos Serie II.

III.2.1.6 Erosión del suelo

Tabla 23. Clases de erosión del suelo en las tres escalas.

Clase de erosión	AP: ha	AP: %	AI: ha	AI: %	RE: ha	RE: %
SE — Sin erosión evidente	10.29	76.40	129.26	46.80	17,517.99	46.13
HL1+HS1 — Hídrica laminar, grado leve, con surcos de grado leve como forma secundaria	3.18	23.60	145.03	52.51	15,057.49	39.65

Clase de erosión	AP: ha	AP: %	AI: ha	AI: %	RE: ha	RE: %
ZU — Zona urbana (superficie no evaluable)	0.00	0.00	1.91	0.69	1,293.98	3.41
HL1 — Hídrica laminar, grado leve	0.00	0.00	0.00	0.00	2,876.13	7.57
HS1+HL1 — Hídrica en surcos, grado leve, con surcos laminares de grado leve como forma secundaria	0.00	0.00	0.00	0.00	1,102.96	2.90
AH	0.00	0.00	0.00	0.00	123.21	0.32

Fuente: INEGI, Erosión del Suelo escala 1:250 000, Serie I, y su Diccionario de Datos; recorte a cada escala del estudio.

Las claves presentes en las tres escalas se definen a continuación, con el proceso erosivo y el grado que cada una designa.

- **SE — Sin erosión evidente.** Sitio en el que la interpretación no reconoce evidencias de procesos erosivos.
- **HL1 — Hídrica laminar, grado leve.** Remoción gradual y uniforme de capas delgadas de suelo, aproximadamente paralela a la superficie, con pérdida poco apreciable: encostramiento y acumulaciones incipientes de partículas.
- **HL1+HS1 — Hídrica laminar de grado leve, con surcos de grado leve como forma secundaria.** Al proceso laminar se suma la formación incipiente de canalillos de escurrimiento, también de pérdida poco apreciable.
- **HS1+HL1 — Hídrica en surcos de grado leve, con forma laminar de grado leve como secundaria.** La misma combinación con el orden de dominancia invertido: predominan los surcos.
- **ZU — Zona urbana.** Superficie no evaluable por estar ocupada por asentamientos.
- **AH — Antrópica.** Superficie en la que el agente causal directo es la modificación humana abrupta del paisaje —caminos, extracción de materiales, obra lineal— y no se aprecian las formas típicas de erosión.

En la Región Ecológica, **46.13 % de la superficie, 17,517.99 ha, no presenta erosión evidente**, y prácticamente todo el resto corresponde a procesos hídricos de **grado leve**: laminar con surcos secundarios en 15,057.49 ha, 39.65 %; laminar simple en 2,876.13 ha, 7.57 %; y en surcos con laminar secundaria en 1,102.96 ha, 2.90 %. No se reconoce en la unidad ninguna clase de grado moderado, fuerte o extremo, ni formas de cárcava. La erosión regional es real y está extendida, pero es incipiente.

En el Área del Proyecto la condición es todavía mejor que la regional: 10.2896 ha, 76.40 %, sin erosión evidente, y 3.1793 ha, 23.60 %, con erosión hídrica laminar de grado leve y surcos secundarios. La

proporción sin erosión supera en treinta puntos porcentuales a la de la Región Ecológica, coherente con la pendiente suave y con la cubierta vegetal continua del predio. En el Área de Influencia el reparto es intermedio y ligeramente más desfavorable que el regional: 129.26 ha sin erosión, 46.80 %, frente a 145.03 ha con erosión laminar y surcos, 52.51 %.

Esta es la línea base contra la que debe medirse el efecto del proyecto sobre el suelo. El sitio parte de una condición de erosión prácticamente nula, lo que significa que la remoción de cubierta introduce el proceso donde hoy no lo hay; y también que el terreno no arrastra un pasivo erosivo previo que complique la restauración.

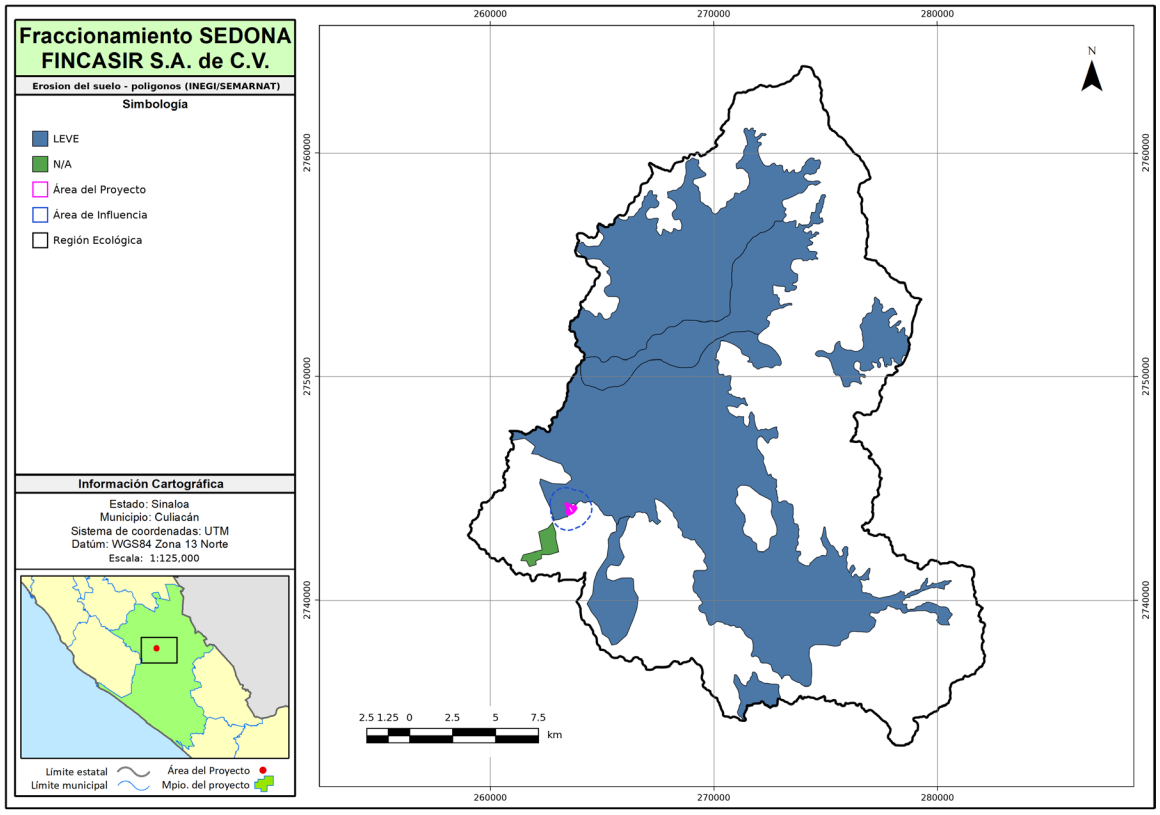


Figura 17. Clases de erosión del suelo en la Región Ecológica. La ausencia de clases de grado moderado o superior es el rasgo distintivo del mapa: los procesos presentes son laminares y en surcos, todos de grado leve. Fuente: INEGI, Erosión del Suelo Serie I.

La condición del recurso a escala regional —proceso extendido, pero íntegramente de grado leve— es el marco contra el que debe leerse la del predio, que es todavía mejor. Los dos mapas siguientes lo resuelven a escala del sitio y de su franja envolvente.

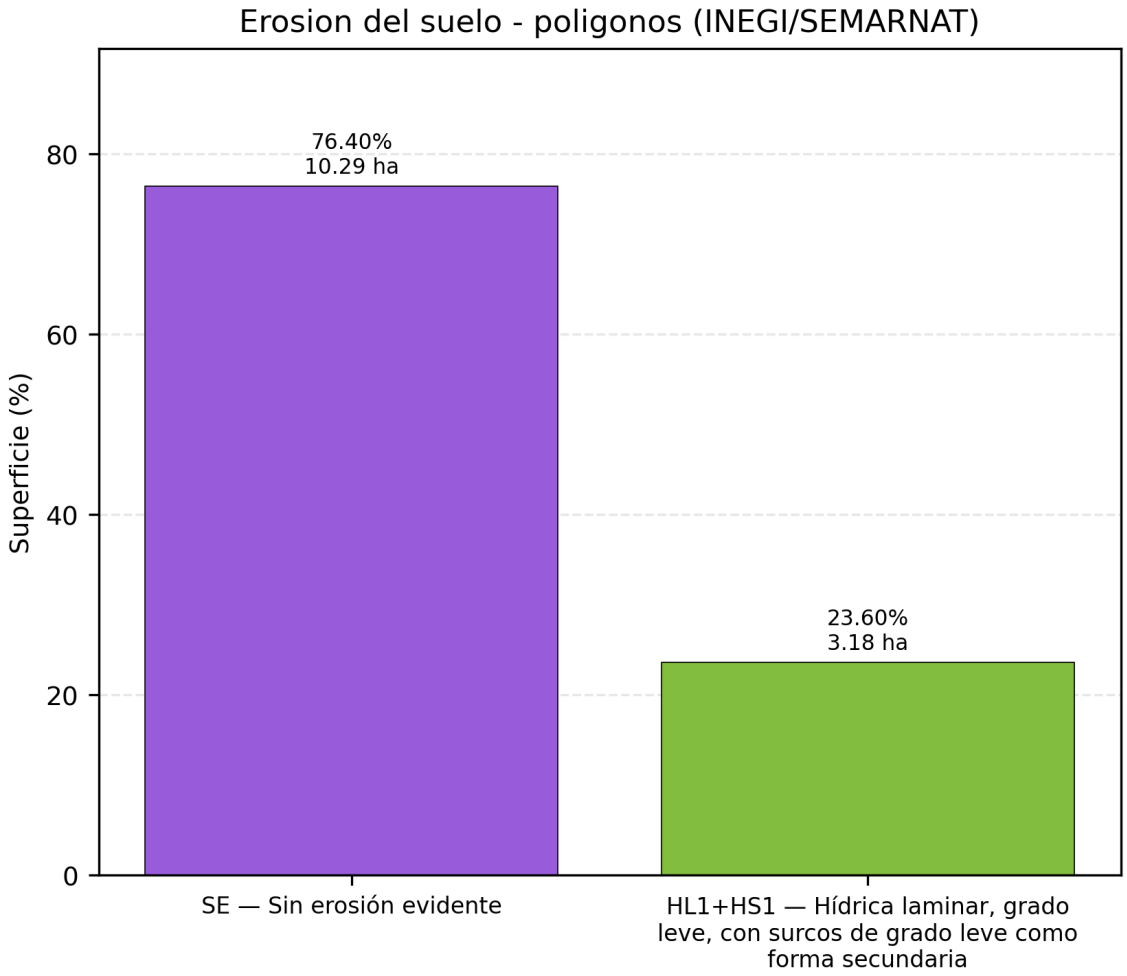


Figura 18. Clases de erosión del suelo en el Área del Proyecto. Tres cuartas partes del polígono —10.2896 ha, 76.40 %— se clasifican sin erosión evidente. Fuente: INEGI, Erosión del Suelo Serie I.

El contraste entre ambas escalas es de treinta puntos porcentuales en la clase sin erosión evidente: 76.40 % en el Área del Proyecto frente a 46.80 % en el Área de Influencia. La franja envolvente, que incluye superficie urbana y caminos, arrastra una condición erosiva más avanzada que el predio.

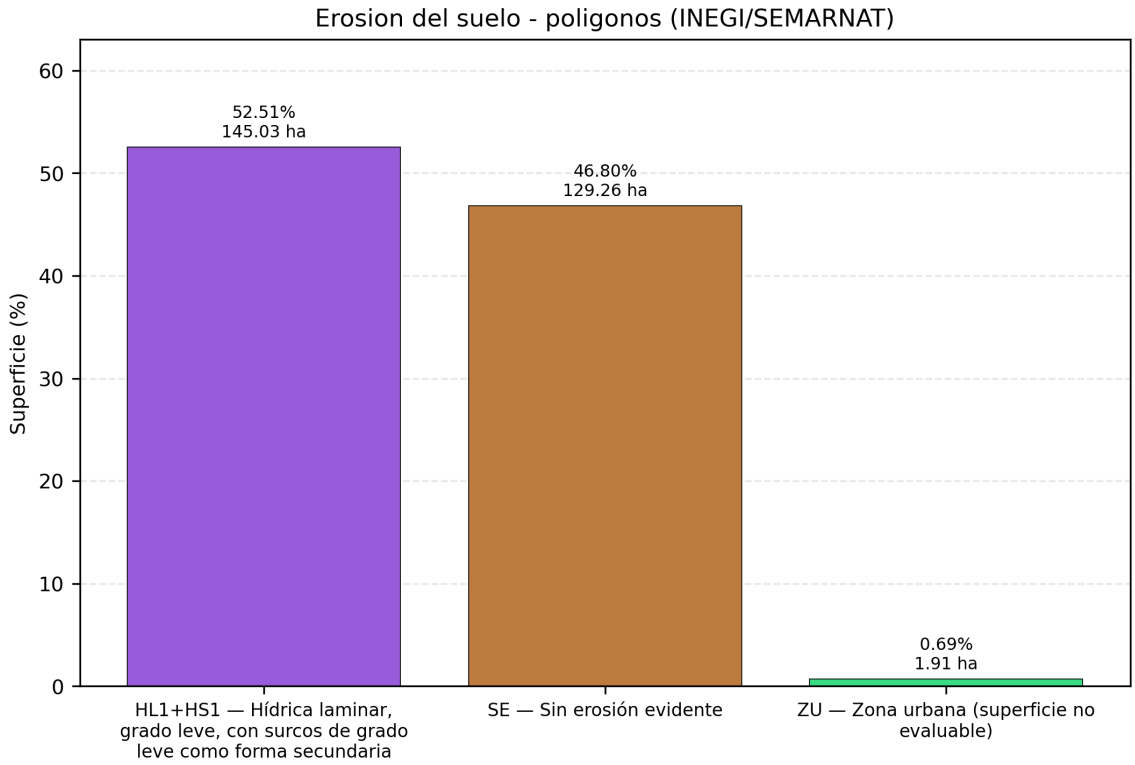


Figura 19. Clases de erosión del suelo en el Área de Influencia: 145.03 ha con erosión hídrica laminar de grado leve y surcos secundarios, 52.51 %, frente a 129.26 ha sin erosión evidente, 46.80 %. La proporción sin erosión es treinta puntos menor que la del Área del Proyecto. Fuente: INEGI, Erosión del Suelo Serie I.

III.2.1.7 Degradación del suelo

Tabla 24. Procesos de degradación del suelo (claves ASSOD) en la Región Ecológica y el Área de Influencia.

Proceso de degradación (clave ASSOD)	Región Ecológica (ha)	%	Área de Influencia (ha)	%	Área del Proyecto (ha)	%
Qd — declinación de la fertilidad	13,689.43	36.05	112.60	40.77	4.01	29.79
Hs — erosión hídrica, pérdida del suelo superficial	5,306.54	13.97	21.35	7.73	0.60	4.44
Fu — pérdida de la función productiva	1,989.49	5.24	20.08	7.27	1.42	10.56
Qp — polución	1,347.11	3.55	20.50	7.42	1.15	8.52

Proceso de degradación (clave ASSOD)	Región Ecológica (ha)	%	Área de Influencia (ha)	%	Área del Proyecto (ha)	%
Hc — erosión hídrica, deformación del terreno	636.70	1.68	—	—	—	—
Superficie con algún proceso de degradación	**22,969.27**	**60.49**	**174.53**	**63.19**	**7.18**	**53.31**
Terrenos estables (SN/SH)	**15,002.48**	**39.51**	**101.66**	**36.81**	**6.29**	**46.69**

Fuente: SEMARNAT–Colegio de Postgraduados (2001-2002), Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000, metodología ASSOD (Van Lijnden, 1997).

Las claves ASSOD presentes designan procesos específicos, no categorías genéricas:

- **Qd — Degradación química, declinación de la fertilidad.** Decrecimiento neto de nutrimentos y de materia orgánica disponibles, con la consiguiente pérdida de productividad. Resulta de un balance negativo entre salidas —cosechas, quemas, lixiviación— y entradas —fertilización, estercolado, conservación de residuos.
- **Hs — Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial.** Adelgazamiento del horizonte A por remoción uniforme del material por escorrentía; se asocia a manejo que deja cobertura insuficiente.
- **Hc — Erosión hídrica con deformación del terreno.** Remoción irregular del material con formación de canales y cárcavas.
- **Qp — Degradación química, polución.** Degradación por localización, concentración y efecto biológico adverso de una sustancia.
- **Fu — Degradación física, pérdida de la función productiva.** Suelos retirados de su función biológica por destinarse a usos no biológicos.

El 60.49 % de la Región Ecológica —22,969.27 ha— presenta algún proceso de degradación, frente a 15,002.48 ha, 39.51 %, de terrenos estables. El proceso dominante con diferencia es la declinación de la fertilidad, Qd, con 13,689.43 ha y 36.05 %, seguida de la erosión hídrica laminar, Hs, con 5,306.54 ha y 13.97 %. Por grado, predomina el ligero —grado 1, 11,425.64 ha, 30.09 %— seguido del moderado —grado 2, 8,917.44 ha, 23.48 %—; los grados fuerte y extremo suman 2,626.19 ha, 6.92 %. La totalidad de la superficie degradada está clasificada con tasa en incremento.

Tabla 25. Grado de degradación del suelo en la Región Ecológica y el Área de Influencia.

Grado de degradación	Región Ecológica (ha)	%	Área de Influencia (ha)	%	Área del Proyecto (ha)	%
Grado 1 — ligero	11,425.64	30.09	48.55	17.58	2.22	16.48
Grado 2 — moderado	8,917.44	23.48	105.90	38.34	3.54	26.26

Grado de degradación	Región Ecológica (ha)	%	Área de Influencia (ha)	%	Área del Proyecto (ha)	%
Grado 3 — fuerte	1,016.48	2.68	—	—	—	—
Grado 4 — extremo	1,609.71	4.24	20.08	7.27	1.42	10.56
Superficie con algún proceso de degradación	**22,969.27**	**60.49**	**174.53**	**63.19**	**7.18**	**53.31**
Terrenos estables (SN/SH)	**15,002.48**	**39.51**	**101.66**	**36.81**	**6.29**	**46.69**

Fuente: SEMARNAT–Colegio de Postgraduados, Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, recorte al Área del Proyecto.

En el Área del Proyecto la superficie degradada es de 7.1799 ha, **53.31 %, siete puntos por debajo del promedio regional**, y los terrenos estables ocupan 6.2890 ha, 46.69 %. El proceso dominante vuelve a ser la declinación de la fertilidad, con 4.0118 ha y 29.79 %, seguido de la pérdida de función productiva, con 1.4229 ha y 10.56 %, esta última clasificada en grado extremo.

Conviene precisar qué significa ese dato y qué no. La declinación de la fertilidad y la pérdida de función productiva son procesos **inducidos por el uso histórico del terreno**, no por el proyecto, y su presencia en más de la mitad de la superficie del predio antes de cualquier intervención documenta que el sitio no es un ecosistema inalterado. Al mismo tiempo, el hecho de que la degradación sea siete puntos menor que la media de la cuenca y que 46.69 % del predio esté clasificado como estable impide presentar el sitio como un terreno ya perdido: hay una cubierta forestal funcional que la intervención va a retirar, y esa pérdida se contabiliza sin atenuantes en el apartado III.9.

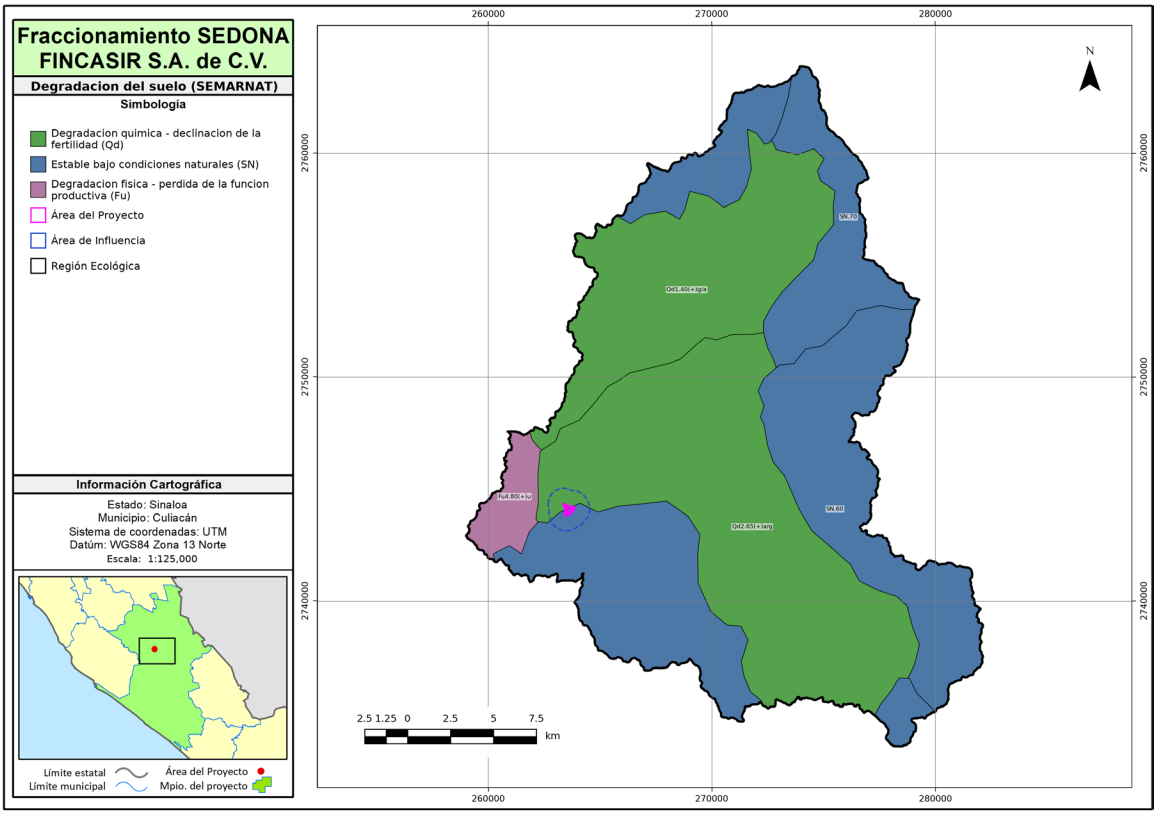


Figura 20. Procesos de degradación del suelo en la Región Ecológica conforme a las claves ASSOD. La declinación de la fertilidad, Qd, ocupa 36.05 % de la unidad y coincide espacialmente con las superficies agrícolas de temporal. Fuente: SEMARNAT–Colegio de Postgraduados.

La distribución regional de los procesos de degradación identifica al agente causal —la agricultura de temporal— pero no dice nada sobre el predio, cuya condición es siete puntos mejor que la media de la cuenca. Los dos mapas siguientes resuelven la escala del sitio y la de su entorno.

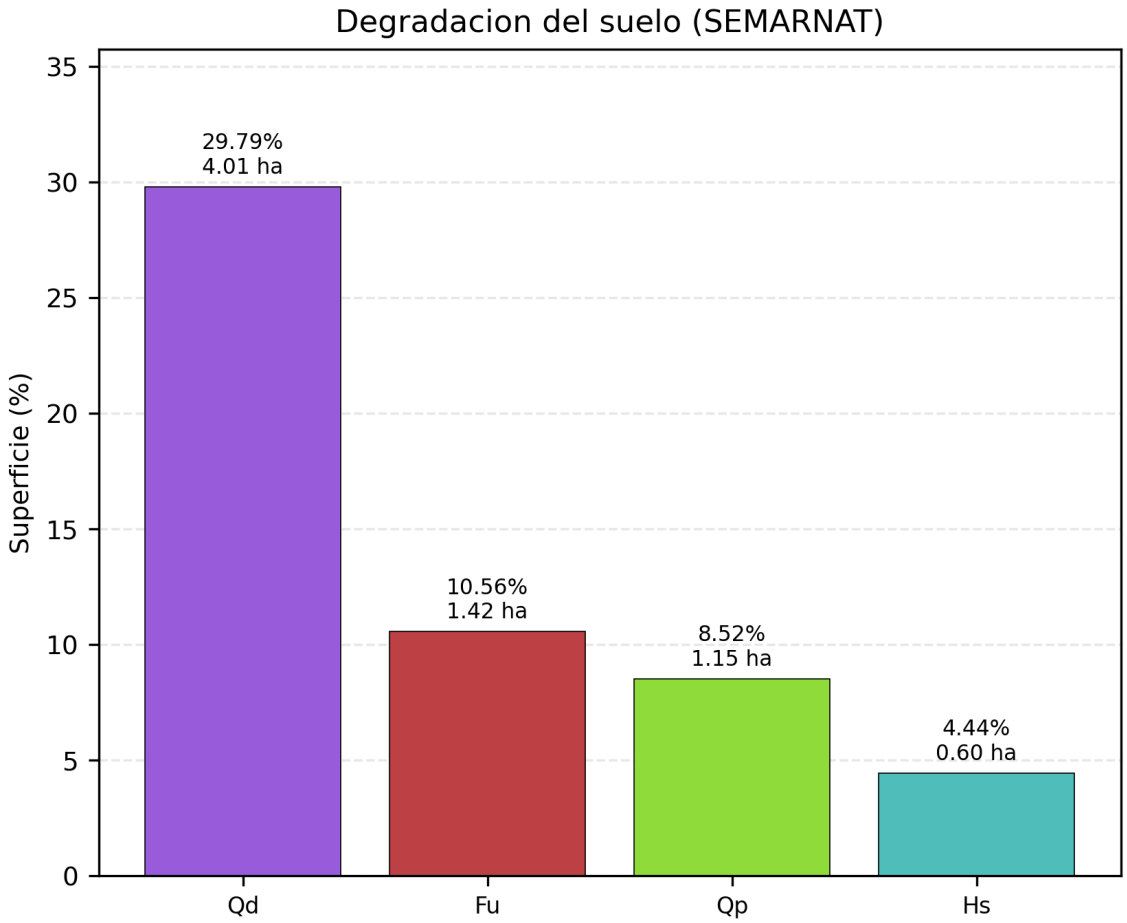


Figura 21. Procesos de degradación del suelo en el Área del Proyecto. La superficie degradada suma 7.1799 ha, 53.31 %, y los terrenos estables 6.2890 ha, 46.69 %; el proceso dominante es la declinación de la fertilidad, Qd, con 4.0118 ha y 29.79 %. Fuente: SEMARNAT–Colegio de Postgraduados.

El Área del Proyecto presenta 53.31 % de superficie degradada y el Área de Influencia 63.19 %, frente a 60.49 % de la Región Ecológica. El predio es la única de las tres escalas por debajo del promedio regional, y esa diferencia es atribuible a que conserva cubierta forestal continua donde el entorno ya no la tiene.

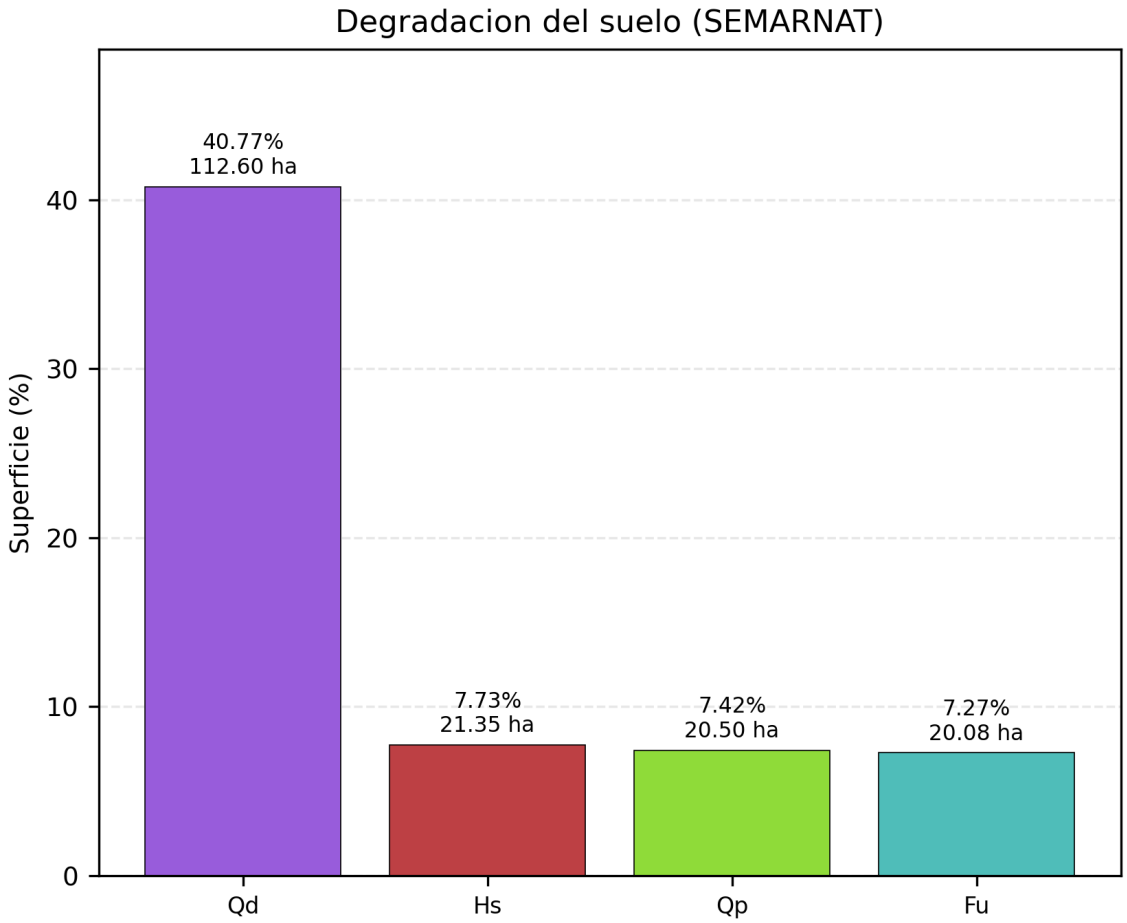


Figura 22. Procesos de degradación del suelo en el Área de Influencia, donde la superficie degradada alcanza 174.526 ha, 63.19 %, por encima del promedio regional. El contraste con el Área del Proyecto —53.31 %— refleja la mayor presión de uso del entorno inmediato, que incluye superficie urbana. Fuente: SEMARNAT–Colegio de Postgraduados.

III.2.1.8 Hidrología superficial y subterránea

La red hidrográfica de la Región Ecológica, su jerarquización por orden de Strahler, sus longitudes y sus razones de bifurcación se reportaron en el apartado III.1.1, que las utiliza como criterio de delimitación. Aquí se completa la caracterización con los cuerpos de agua, los elementos nombrados y el acuífero.

Tabla 26. Cuerpos de agua superficiales en la Región Ecológica: superficie por clase.

Clase	Superficie (ha)	Porcentaje de la escala (%)
CUERPO DE AGUA PERENNE	114.68	96.58
CUERPO DE AGUA INTERMITENTE	4.07	3.42

Fuente: INEGI, Conjunto de datos de Hidrología Superficial 2.0.

Los cuerpos de agua de la Región Ecológica suman 118.74 ha, de las cuales 114.68 ha, 96.58 %, son perennes y 4.07 ha, 3.42 %, intermitentes. En conjunto representan 0.31 % de la superficie de la unidad. **En**

el Área del Proyecto no se registra ningún cuerpo de agua, y en el Área de Influencia la capa propia del proyecto identifica 0.6750 ha de cuerpo de agua, 0.24 % de esa escala.

Los elementos hidrográficos con nombre reconocidos dentro de la Región Ecológica son el **río Tamazula** y los arroyos **Carrizalejo, Del Agua, Del Toro, El Amapal, El León, El Nanchal, El Tigre, El Toro y Zarco**. Dentro del Área de Influencia el único elemento nombrado es el **arroyo Del Toro**, cuya red en esa escala es en su totalidad de primer orden de Strahler y de condición intermitente. En el Área del Proyecto la cartografía nacional no reconoce ningún elemento hidrográfico nombrado; el levantamiento propio del predio sí identifica 0.0888 ha de cauce, 0.66 % de la superficie, que corresponden a escurrimientos efímeros de detalle no representables a escala 1:250 000.

Tabla 27. Acuífero en que se ubica la Región Ecológica.

Clase	Superficie (ha)	Porcentaje de la escala (%)
RIO CULIACAN	37,971.75	100.00

Fuente: CONAGUA, Determinación de la disponibilidad media anual de agua subterránea, acuífero Río Culiacán (2504), estado de Sinaloa.

Las tres escalas se localizan íntegramente sobre el acuífero Río Culiacán, clave 2504: 37,971.75 ha, 276.19 ha y 13.4689 ha, en cada caso 100.00 % de la escala. El proyecto no incide sobre más de una unidad de gestión del agua subterránea, lo que simplifica la evaluación: cualquier efecto sobre la recarga se produce y se contabiliza en un solo acuífero.

Balance del acuífero Río Culiacán (2504)

El estado de esa unidad de gestión no es una circunstancia de contexto: determina qué margen tiene la autoridad del agua para otorgar volúmenes nuevos y, por tanto, cuánto pesa la superficie de recarga que el proyecto va a ocupar. Los términos que intervienen en su determinación son los que publica la Comisión Nacional del Agua con fecha de corte al 30 de diciembre de 2022.

Tabla 28. Balance hidrológico del acuífero Río Culiacán (2504).

Término del balance	Símbolo	Volumen (hm³/año)
Recarga total media anual	R	425.600000
Descarga natural comprometida	DNC	193.700000
Volumen concesionado/asignado de aguas subterráneas	VCAS	240.295959
Volumen de extracción en zonas de suspensión provisional del libre alumbramiento y en el Registro Nacional Permanente	VEALA	41.355782
Volumen de extracción pendiente de titulación o de registro en el REPDA	VAPTYR	1.693782
Volumen correspondiente a reservas, reglamentos y programación hídrica	VAPRH	2.000510
Volumen de extracción de aguas subterráneas	VEAS	285.346033

Término del balance	Símbolo	Volumen (hm³/año)
Disponibilidad media anual de agua subterránea	**DMA**	**−53.446033**

Fuente: CONAGUA, Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 9 de noviembre de 2023, con fecha de corte al 30 de diciembre de 2022; términos definidos conforme a la NOM-011-CONAGUA-2015. Consultado el 17 de agosto de 2026.

La identidad que aplica la norma es DMA = R − DNC − VEAS, donde el volumen de extracción agrupa los cuatro conceptos intermedios de la tabla: 240.295959 + 41.355782 + 1.693782 + 2.000510 = 285.346033 hm³/año. Sustituyendo, 425.600000 − 193.700000 − 285.346033 = −53.446033 hm³/año.

El resultado negativo significa que el acuífero Río Culiacán no tiene disponibilidad: los compromisos ya adquiridos superan a la recarga en 53.446033 hm³/año, y no existe volumen que la autoridad pueda destinar a nuevas concesiones o asignaciones dentro de esta unidad. Conviene precisar qué no significa. No significa que el acuífero esté agotado ni que se extraiga más agua de la que físicamente contiene: la descarga natural comprometida, 193.700000 hm³/año —el 45.51 % de la recarga—, no es agua extraída sino agua reservada para sostener funciones ambientales del propio sistema. El déficit expresa que ese margen ambiental ya fue comprometido en el reparto administrativo.

Para la evaluación del proyecto la consecuencia es doble y conviene declararla sin atenuantes. Por el lado de la demanda, cualquier requerimiento de agua del proyecto tiene que resolverse con volúmenes ya titulados o con suministro de la red, nunca con una concesión nueva, porque en un acuífero sin disponibilidad esa vía está cerrada. Por el lado de la oferta, el dato eleva el peso de lo que el apartado III.2.1.2 documentó: las 13.4689 ha del Área del Proyecto se asientan en 97.52 % sobre material aluvial, la unidad de mayor capacidad de infiltración de la cuenca y la que menos superficie ocupa en ella —16.87 %—. Ocupar superficie de recarga en un acuífero deficitario no es un efecto neutro, y así se contabiliza en el apartado III.9; es también la razón por la que las medidas de infiltración y de control del escurrimiento dejan de ser accesorias y pasan a ser el elemento que hace compatible la intervención con la permanencia de la función hidrológica del sitio.

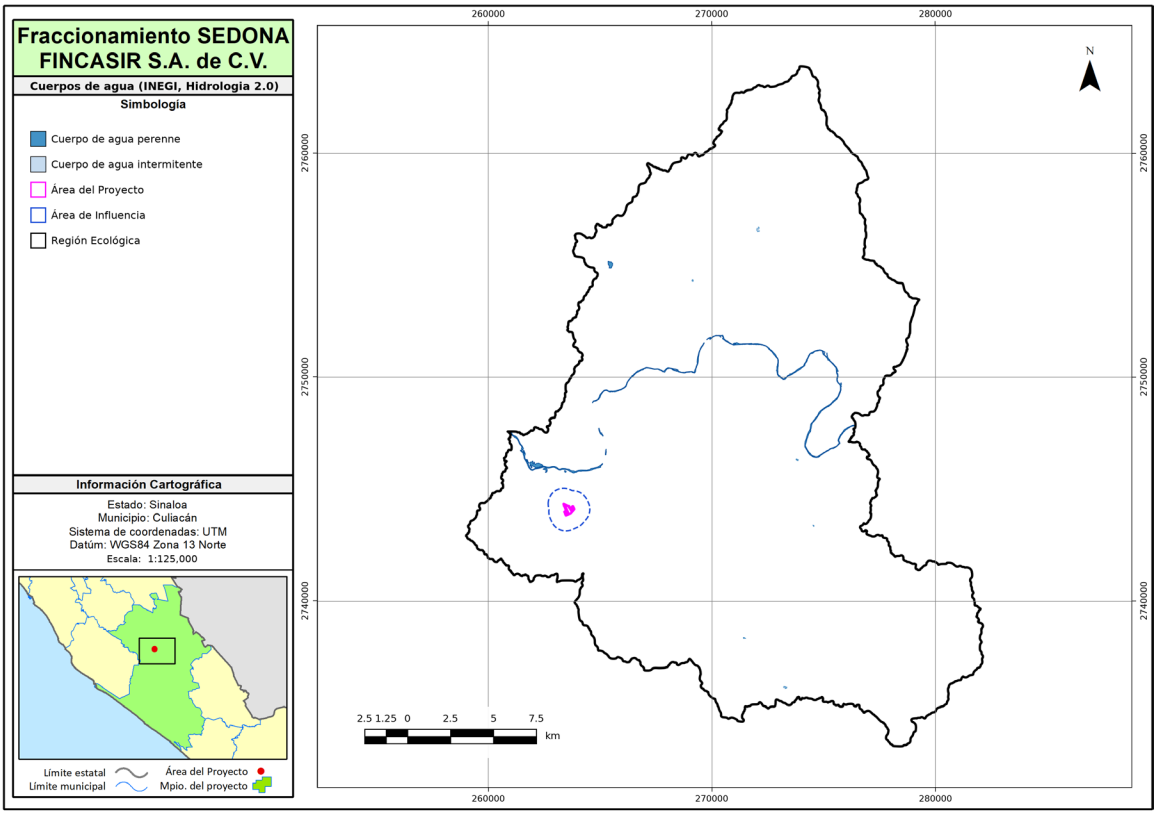


Figura 23. Cuerpos de agua de la Región Ecológica. Los cuerpos perennes, 114.68 ha, se concentran en el cauce del río Tamazula y en los almacenamientos asociados; ninguno se localiza dentro del Área del Proyecto. Fuente: INEGI, Conjunto de datos de Hidrología Superficial 2.0.

La ausencia de cuerpos de agua dentro del polígono del proyecto es un dato de incidencia y no sólo de caracterización: elimina de la evaluación toda una familia de efectos —ocupación de cauce, alteración de ribera, afectación directa de hábitat acuático— y concentra el análisis hídrico en la función de recarga, que sí opera sobre las 13.4689 ha.

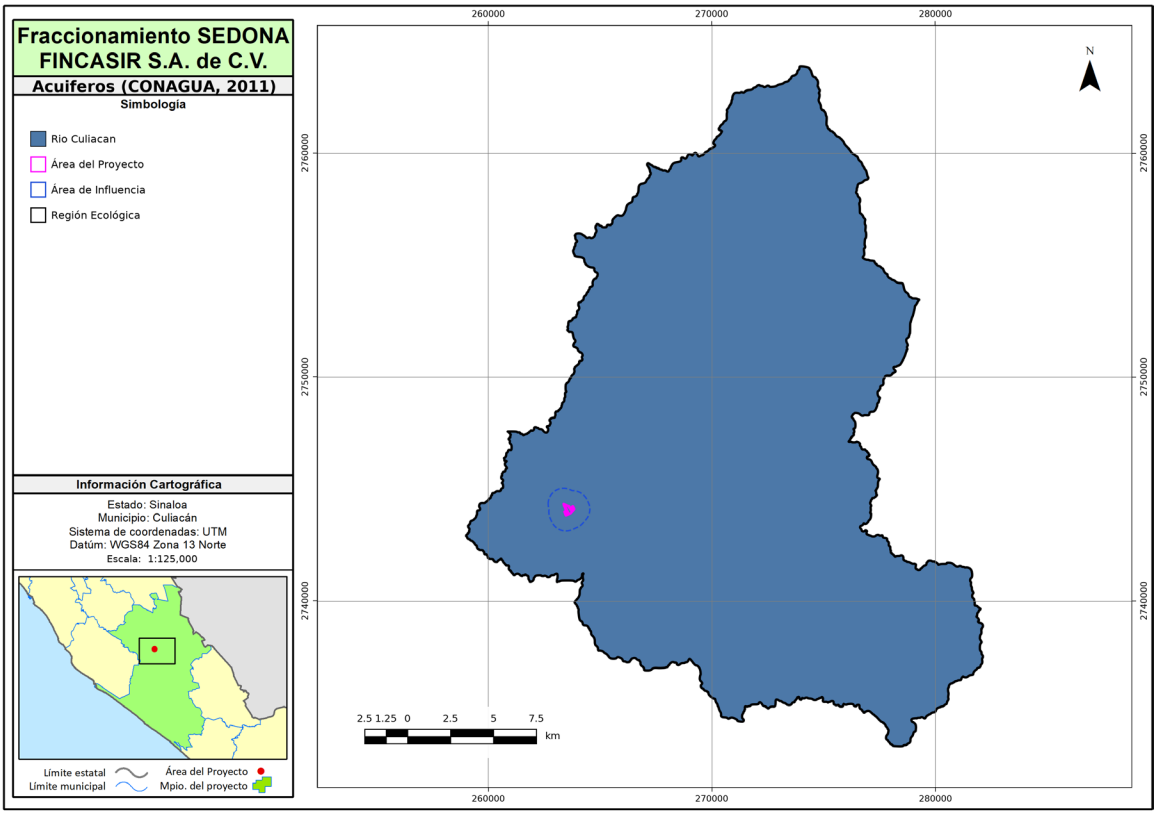


Figura 24. Cobertura del acuífero Río Culiacán sobre la Región Ecológica. La unidad completa —37,971.75 ha, 100.00 %— pertenece a un solo acuífero. Fuente: CONAGUA.

III.2.1.9 Riesgos naturales

Tabla 29. Grado de riesgo por ciclones tropicales en la Región Ecológica.

Clase	Superficie (ha)	Porcentaje de la escala (%)
Alto	37,971.75	100.00

Fuente: CENAPRED, Atlas Nacional de Riesgos, grado de riesgo por ciclones tropicales; recorte a la Región Ecológica.

Grado alto de riesgo por ciclones tropicales en la totalidad de la Región Ecológica. La costa de Sinaloa recibe el paso de ciclones del Pacífico oriental, y las precipitaciones asociadas concentran en pocos días una fracción sustancial del total anual. Es el condicionante de diseño más exigente de los seis peligros evaluados.

Tabla 30. Índice de vulnerabilidad a inundación en la Región Ecológica.

Clase	Superficie (ha)	Porcentaje de la escala (%)
ALTA	37,971.75	100.00

Fuente: CENAPRED, Atlas Nacional de Riesgos, índice de vulnerabilidad a inundación; recorte a la Región Ecológica.

Vulnerabilidad alta a inundación en la totalidad de la unidad, consistente con lo anterior y con la presencia del río Tamazula y su llanura de inundación. La coincidencia de ambos peligros en el mismo territorio es lo que convierte el calendario de obra en una variable ambiental y no sólo constructiva.

Tabla 31. Peligro por tormentas eléctricas en la Región Ecológica.

Clase	Superficie (ha)	Porcentaje de la escala (%)
Medio	37,971.75	100.00

Fuente: CENAPRED, Atlas Nacional de Riesgos, peligro por tormentas eléctricas; recorte a la Región Ecológica.

Peligro medio por tormentas eléctricas en toda la unidad. Es un peligro relevante para la operación de obra —suspensión de actividades, protección de personal— más que para la línea base ambiental, y no introduce diferencias entre las tres escalas.

Regionalización sísmica media en toda la unidad. La categoría corresponde a una zona de sismicidad no despreciable pero alejada de las de mayor aceleración esperada del país, de modo que el peligro geológico no compite en relevancia con los hidrometeorológicos para este proyecto.

Tabla 32. Regionalización sísmica de la Región Ecológica.

Clase	Superficie (ha)	Porcentaje de la escala (%)
Medio	37,971.75	100.00

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Regionalización sísmica de la República Mexicana; recorte a la Región Ecológica.

Tabla 33. Grado de riesgo por sequía en la Región Ecológica.

Clase	Superficie (ha)	Porcentaje de la escala (%)
Muy bajo	37,971.75	100.00

Fuente: CENAPRED, Atlas Nacional de Riesgos, grado de riesgo por sequía; recorte a la Región Ecológica.

Grado muy bajo de riesgo por sequía y por granizo. El primero merece una precisión: la clasificación de peligro por sequía evalúa la ocurrencia de sequías extraordinarias respecto de la normal climática de cada sitio, no la aridez del régimen. Que el peligro sea muy bajo no contradice el carácter semiseco del clima BS1(h')w, sino que indica que la estación seca de esta región es regular y previsible, no anómala.

Tabla 34. Grado de riesgo por granizo en la Región Ecológica.

Clase	Superficie (ha)	Porcentaje de la escala (%)
Muy bajo	37,971.75	100.00

Fuente: CENAPRED, Atlas Nacional de Riesgos, grado de riesgo por granizo; recorte a la Región Ecológica.

Los seis peligros evaluados son homogéneos en toda la Región Ecológica y, en consecuencia, idénticos en las tres escalas: **la totalidad de las 37,971.75 ha, de las 276.19 ha y de las 13.4689 ha comparte la misma categoría en cada tema.** No hay, por tanto, un gradiente de riesgo que distinga al sitio del proyecto de su contexto.

El perfil de peligro resultante está dominado por el agua y no por la sismicidad ni por la sequía, como muestran las seis categorías reportadas: dos de ellas —ciclones tropicales y vulnerabilidad a inundación— alcanzan el grado alto, dos se sitúan en grado medio —sismicidad y tormentas eléctricas— y dos en grado muy bajo —sequía y granizo—.

La combinación de ciclones de grado alto con vulnerabilidad alta a inundación es la que ordena las prioridades de la evaluación ambiental del proyecto. En un régimen de lluvias concentradas y de eventos extremos, el momento crítico del cambio de uso de suelo es la ventana entre el retiro de la cubierta y el establecimiento de la nueva superficie: si esa ventana coincide con la temporada ciclónica, el arrastre de suelo desnudo hacia la red de drenaje puede ser varios órdenes de magnitud mayor que en condiciones ordinarias. El apartado III.7 retoma este punto como el eje del diagnóstico de vulnerabilidad del sitio.

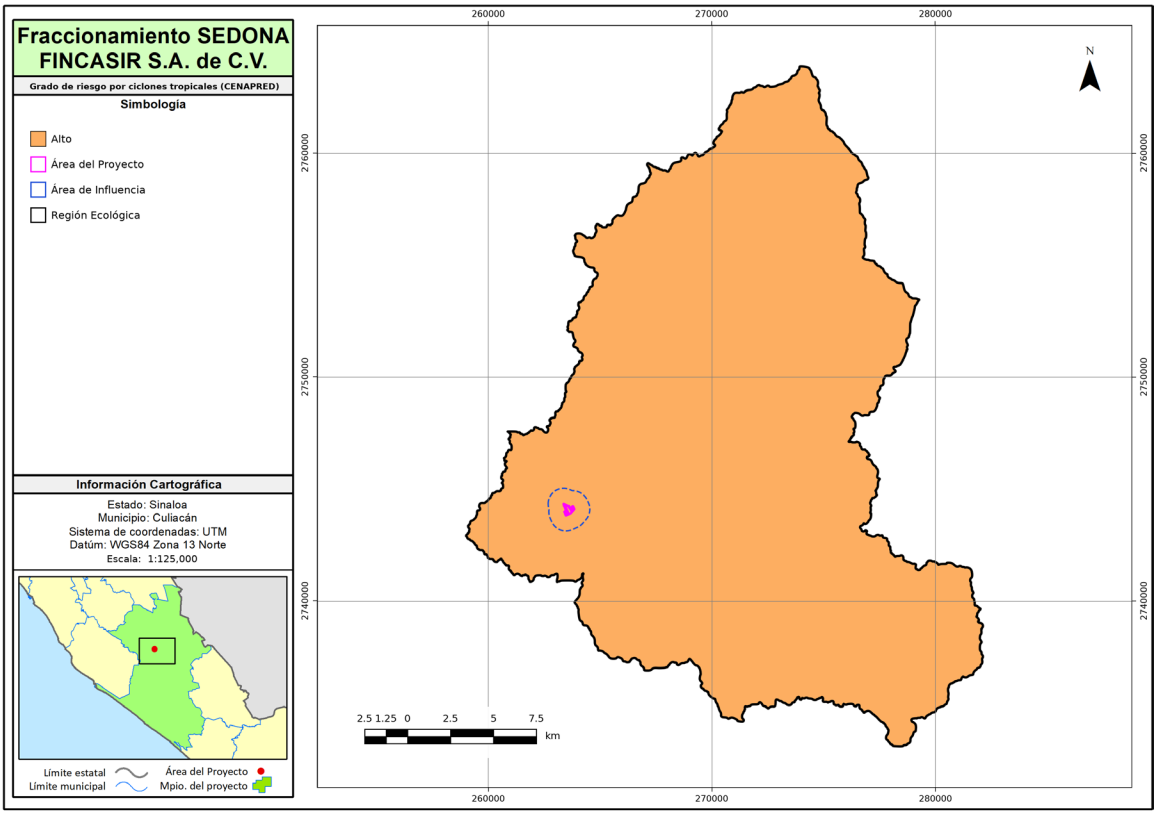


Figura 25. Grado de riesgo por ciclones tropicales en la Región Ecológica: alto en la totalidad de las 37,971.75 ha. Fuente: CENAPRED, Atlas Nacional de Riesgos.

El grado alto de riesgo por ciclones, homogéneo en las tres escalas, es el condicionante de diseño más exigente de la unidad. Su efecto no se evalúa aisladamente sino junto con la vulnerabilidad a inundación, que el mapa siguiente reporta.

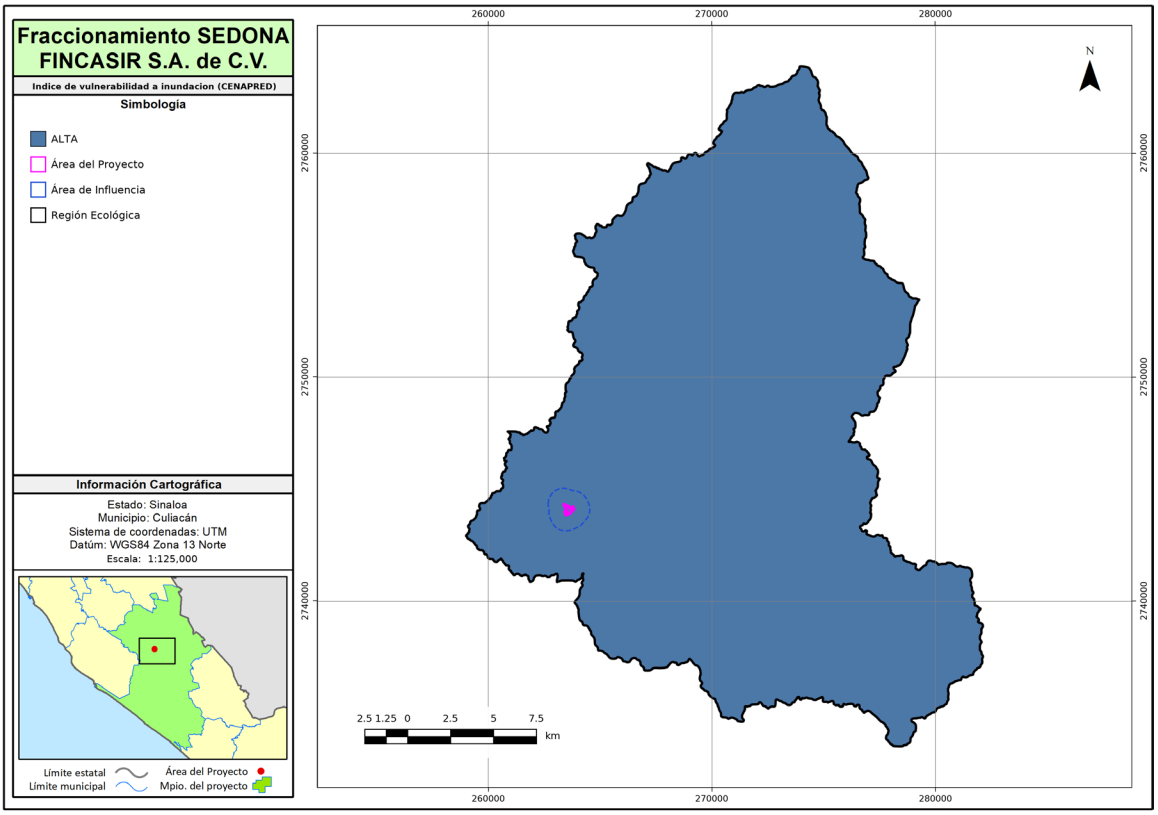


Figura 26. Índice de vulnerabilidad a inundación en la Región Ecológica: alto en la totalidad de la unidad. Leída junto con la figura anterior, la coincidencia de ambos peligros define la ventana crítica de la obra. Fuente: CENAPRED, Atlas Nacional de Riesgos.

La coincidencia entre grado alto de ciclones y vulnerabilidad alta a inundación en la totalidad de la unidad es la que define la ventana crítica de la obra: el momento en que el suelo queda descubierto no puede coincidir con la temporada de lluvias sin que el arrastre se dispare.

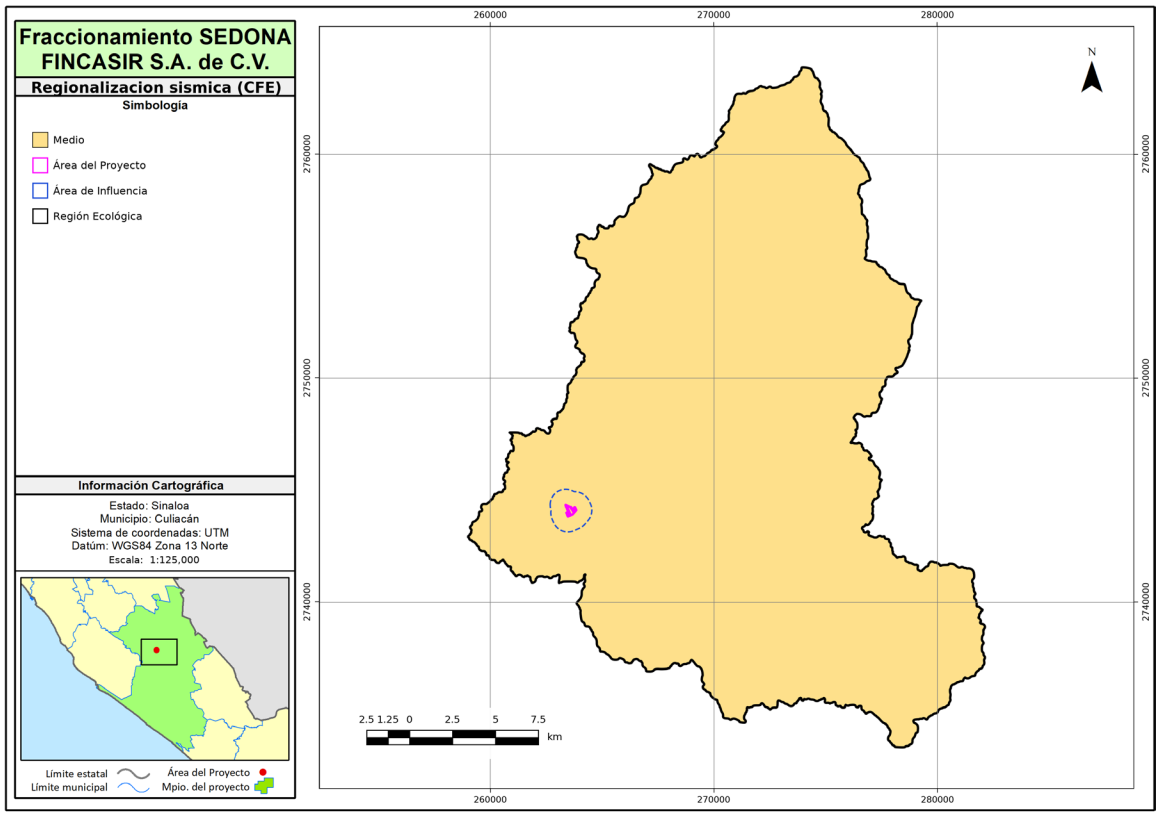


Figura 27. Regionalización sísmica de la Región Ecológica: categoría media en toda la unidad. Fuente: Comisión Federal de Electricidad.

La categoría sísmica media sitúa a la unidad lejos de las zonas de mayor aceleración esperada del país, de modo que la sismicidad no es un condicionante determinante del diseño frente a los peligros hidrometeorológicos. La consecuencia para la evaluación es de jerarquía entre peligros: el sísmico es el único de origen geológico de los seis reportados y comparte la categoría media con las tormentas eléctricas, dos escalones por debajo del grado alto que alcanzan los ciclones tropicales y la vulnerabilidad a inundación. Las solicitaciones que gobiernan tanto el dimensionamiento de las obras como el calendario de ejecución son, por tanto, hidráulicas —volumen y concentración del escurrimiento durante el trimestre de julio a septiembre— y no sísmicas, y sobre esa jerarquía se construye el diagnóstico de vulnerabilidad del apartado III.7.

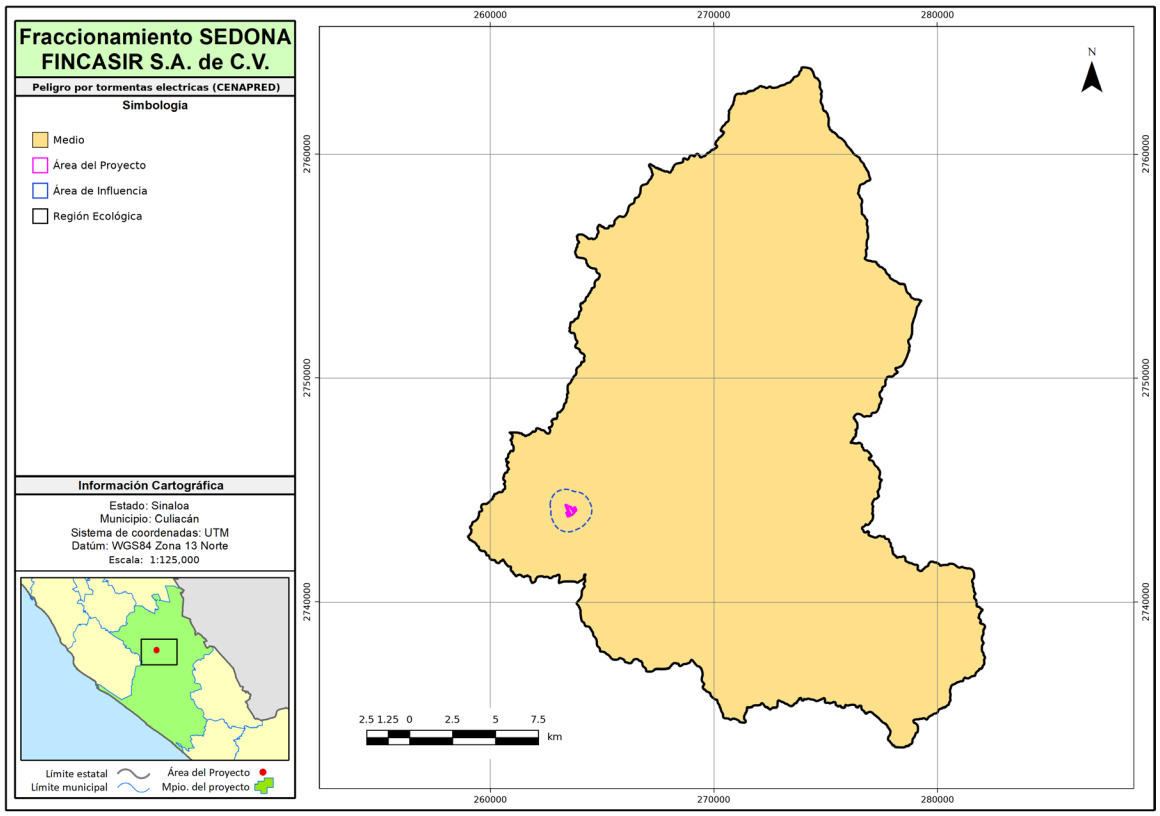


Figura 28. Peligro por tormentas eléctricas: medio en toda la Región Ecológica. Fuente: CENAPRED, Atlas Nacional de Riesgos.

El peligro medio por tormentas eléctricas completa el perfil hidrometeorológico de la unidad y refuerza la misma conclusión: los riesgos naturales relevantes para este proyecto son los asociados al agua, no los geológicos. Su relevancia es operativa y, sobre todo, se acumula en la misma ventana del año: la actividad eléctrica acompaña al aporte convectivo del verano, es decir, al mismo trimestre de julio a septiembre que concentra cuatro quintas partes de la precipitación anual y que coincide con la temporada ciclónica. Las suspensiones de actividad por descarga eléctrica, el resguardo de personal y la protección de maquinaria recaen así sobre los meses en que el suelo desnudo es más vulnerable al arrastre, de modo que el peligro reduce los días efectivos de trabajo justamente cuando la exposición ambiental es máxima. Es un argumento adicional, y de naturaleza distinta al hidrológico, para no abrir superficie durante ese periodo.

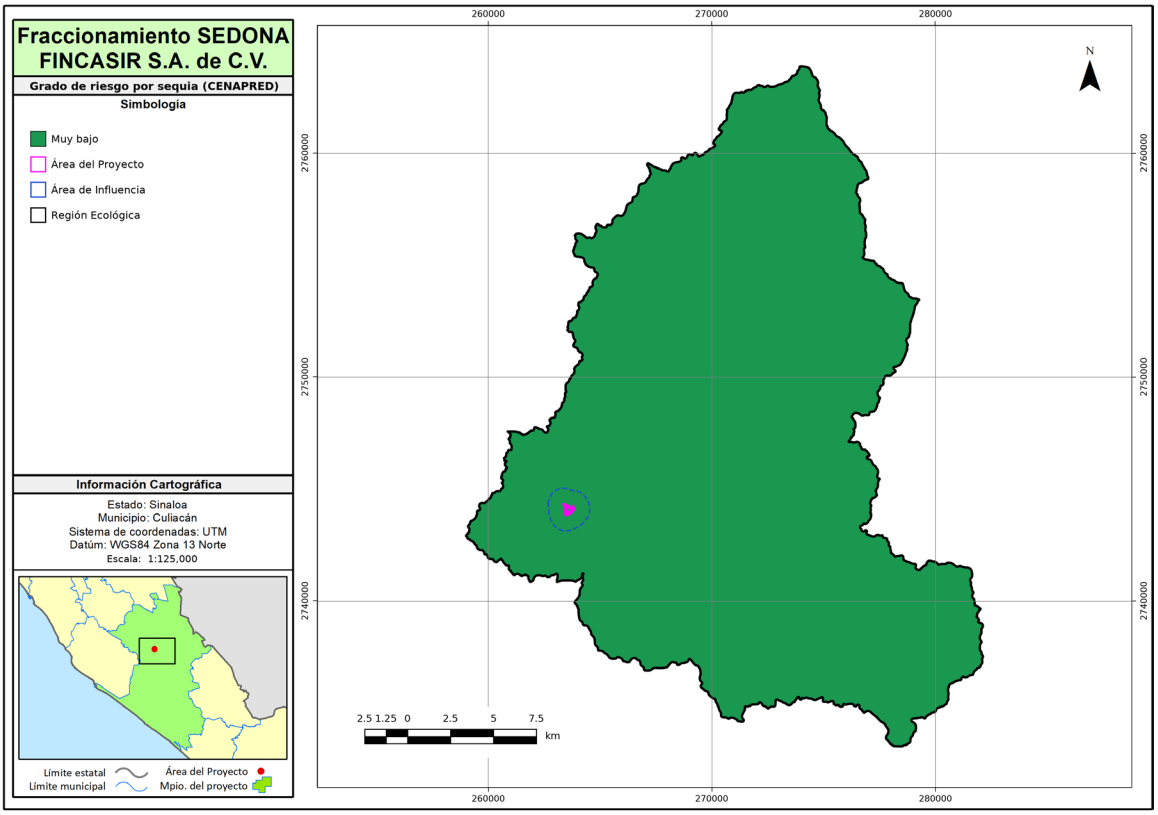


Figura 29. Grado de riesgo por sequía: muy bajo en toda la Región Ecológica. La categoría evalúa la anomalía respecto de la normal climática local, no la aridez del régimen. Fuente: CENAPRED, Atlas Nacional de Riesgos.

Que el peligro por sequía sea muy bajo no contradice el carácter semiseco del clima: la clasificación evalúa la anomalía respecto de la normal climática local, y una estación seca regular y previsible como la de esta región no constituye una anomalía.

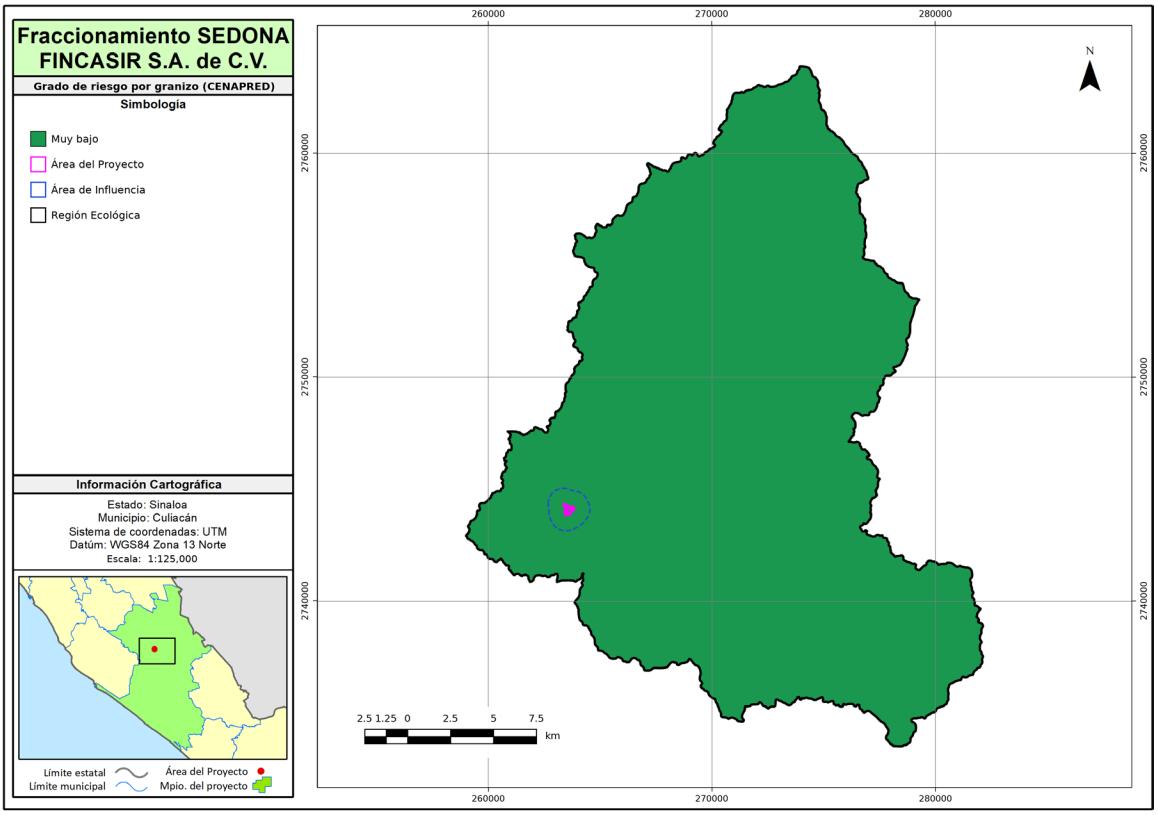


Figura 30. Grado de riesgo por granizo: muy bajo en toda la Región Ecológica, consistente con su posición latitudinal y altitudinal. Fuente: CENAPRED, Atlas Nacional de Riesgos.

El grado muy bajo de peligro por granizo cierra el perfil de riesgos de la unidad sin añadir condicionantes: no impone restricción alguna al diseño de las obras, al calendario de ejecución ni a las medidas del proyecto, y no introduce un escenario de daño al arbolado que deba considerarse en los trabajos de restauración. Su valor para la evaluación es de contraste. De los seis peligros analizados, sólo dos alcanzan el grado alto —ciclones tropicales y vulnerabilidad a inundación— y ambos son de origen hídrico, mientras que los dos del extremo inferior de la escala —sequía y granizo— son precisamente los que no dependen del régimen de lluvias de verano. El perfil de vulnerabilidad del sitio queda definido, en consecuencia, por el agua y por el momento del año en que llega.

III.2.1.10 Calidad del aire y niveles de ruido

Calidad del aire

La Región Ecológica no cuenta con estación terrestre de monitoreo de calidad del aire en operación. Se verificó el Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, cuyo directorio de redes no incluye al estado de Sinaloa, y el Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Sinaloa 2018-2027, que reconoce la cabina asignada a Culiacán, pero no publica una serie validada de concentraciones; ambas consultas se realizaron el 17 de agosto de 2026. Ante la ausencia de registro instrumental en tierra, la línea base se resolvió con productos de percepción remota consultados sobre el polígono del Área de Influencia en esa misma fecha, que sí miden la atmósfera que cubre a la unidad.

Tabla 35. Calidad del aire en la Región Ecológica: parámetros, valores y referencias de comparación.

Producto y plataforma	Parámetro	Valor	Periodo	Referencia de comparación
CAMS, Servicio de Vigilancia Atmosférica de Copernicus (ECMWF)	PM2.5, concentración media a nivel de superficie	8.28 µg/m³	año 2024	NOM-025-SSA1-2021: 10 µg/m³ como promedio anual
Sentinel-5P / TROPOMI (ESA-Copernicus)	NO_2, columna troposférica	41.7 µmol/m²	media anual 2024	sin valor límite aplicable
Sentinel-5P / TROPOMI (ESA-Copernicus)	SO_2, columna troposférica	108.0 µmol/m²	media anual 2024	sin valor límite aplicable

Fuente: ESA-Copernicus, misión Sentinel-5P, instrumento TROPOMI; Servicio de Vigilancia Atmosférica de Copernicus (CAMS), Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio. Consulta del 17 de agosto de 2026. Valores límite conforme a la NOM-025-SSA1-2021, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de octubre de 2021.

La concentración media anual de PM2.5 sobre la unidad, 8.28 µg/m³, no rebasa el valor límite de 10 µg/m³ que la NOM-025-SSA1-2021 fija como promedio anual para la protección de la salud, pero equivale a 1.66 veces la guía de 5 µg/m³ recomendada por la Organización Mundial de la Salud en 2021. Esa doble lectura es la que corresponde declarar: el aire de la región cumple la norma mexicana de salud ambiental y a la vez no tiene margen sobrante frente a la referencia internacional.

El alcance del dato debe acotarse con la misma precisión con que se reporta. El campo de PM2.5 procede de una malla de aproximadamente 44 km de lado, de modo que **describe el contexto regional del valle de Culiacán y no distingue al Área del Proyecto de cualquier otro punto situado a decenas de kilómetros**; no es, ni se presenta como, una medición del predio. Las columnas de NO_2 y de SO_2 corresponden al espesor troposférico completo, de 0 a 12 km, y no a la concentración que respira un receptor a nivel de piso, razón por la cual no se comparan contra ninguna norma de calidad del aire ambiente: su utilidad aquí es distinta y consiste en descartar la presencia de una pluma industrial persistente sobre la unidad, que los valores registrados no muestran.

Ese resultado es coherente con lo que la propia caracterización del territorio documenta. La Región Ecológica no alberga industria de proceso; su ocupación dominante es agrícola de temporal —37.53 % de la superficie según el apartado III.2.2— y su núcleo emisor es el tránsito vehicular y la actividad urbana de Culiacán Rosales. El Área del Proyecto, cubierta hoy por vegetación forestal y sin actividad instalada, no aporta emisión alguna a ese balance. La calidad del aire no constituye, por tanto, un condicionante del medio receptor comparable a los hidrometeorológicos, y así se retoma en el apartado III.8.

Niveles de ruido

No se realizaron mediciones instrumentales de ruido de fondo en el Área del Proyecto ni en el Área de Influencia, y la razón es metodológica antes que material. La NOM-081-SEMARNAT-1994 regula la emisión de las fuentes fijas y fija el método para medirla en la colindancia del predio, con la instalación en operación; no produce ni exige una línea base territorial de ruido ambiental, y no existe red estatal ni municipal de monitoreo acústico en Culiacán que pudiera aportarla. Una sonometría puntual levantada antes de que la fuente exista mediría el tránsito del día de la visita, no el ambiente acústico de la unidad. El procedimiento adoptado es en consecuencia el que sí resuelve la pregunta pertinente: caracterizar el ambiente acústico por

la actividad que lo genera —los usos del suelo y las unidades económicas colindantes— y determinar con ello cuál de los límites de la norma resulta exigible al proyecto.

Tabla 36. Niveles de ruido en el Área de Influencia: elementos del entorno y fuentes sonoras.

Elemento del entorno	Magnitud en el Área de Influencia	Fuente sonora característica	Distancia mínima al Área del Proyecto (m)
Superficie urbana	128.55 ha, 46.54 %	Tránsito local, comercio al menudeo y servicios personales	Colindante
Selva baja caducifolia	128.55 ha, 46.55 %	Sin fuente antrópica permanente	Colindante
Pastizal inducido y superficie desprovista de vegetación	17.98 ha, 6.51 %	Labores agropecuarias estacionales	Colindante
Unidades económicas registradas	222 establecimientos	Comercio al por menor, preparación de alimentos y servicios personales	26.4
Localidad rural	1 localidad	Actividad doméstica	290.1
Vialidad más próxima, de administración particular	20 vialidades en la escala	Tránsito ligero e intermitente	290.1
Vialidad primaria más próxima: carretera estatal Culiacán-Tamazula, dos carriles	—	Tránsito continuo de vehículos ligeros y pesados	1,547.4

Fuente: INEGI, Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas; INEGI-SCT, Red Nacional de Caminos; capa de vegetación y uso del suelo fotointerpretada y verificada en campo para el Área de Influencia. Recorte al polígono del Área de Influencia; distancias medidas al límite del Área del Proyecto.

La composición del directorio de unidades económicas es la que define el carácter del entorno, y no admite ambigüedad. De los 222 establecimientos registrados en el Área de Influencia, los ocho giros más frecuentes son el comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas —49 establecimientos, el giro dominante—, los salones y clínicas de belleza y peluquerías —19—, y con siete u ocho establecimientos cada uno la purificación y embotellado de agua, el comercio al por menor de cerveza, el de artículos de papelería, y tres giros de preparación de alimentos. **Ninguno de los giros registrados corresponde a industria de transformación, a extracción de materiales ni a maniobra de carga**, que son las actividades que definirían un entorno acústico industrial. El establecimiento más próximo al Área del Proyecto, a 26.4 m, es un servicio de lavado y lubricado de vehículos con cinco personas ocupadas o menos.

De esa composición se sigue la zonificación aplicable. El entorno del proyecto responde a la descripción que la propia norma da de la zona residencial en la nota de su Tabla 1 —vivienda habitacional con comercio en planta baja, vivienda habitacional mixta y centros de barrio—, y no a la de zona industrial o comercial. **El límite exigible al proyecto es en consecuencia el del renglón residencial: 55 dB(A) de las 6:00 a las 22:00 horas y 50 dB(A) de las 22:00 a las 6:00 horas**, medidos en la colindancia del predio conforme al numeral 5.4 de la NOM-081-SEMARNAT-1994, en su texto modificado por el Acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 3 de diciembre de 2013 y vigente desde el día siguiente, verificado el 17 de agosto de 2026.

Dos hechos de la Tabla 36 ordenan la lectura. El primero es que el proyecto queda sujeto al límite más estricto de la tabla, no al más holgado: un entorno de barrio concede trece decibeles menos de margen que uno industrial en horario diurno y quince en el nocturno, y esa diferencia condiciona el diseño de los equipos de operación y sus horarios mucho más que cualquier consideración de distancia. El segundo es que la fuente sonora continua más importante del entorno —la carretera estatal— se localiza a 1,547.4 m, de modo que el fondo acústico no está dominado por una vía primaria sino por tránsito local intermitente y por actividad comercial de baja intensidad. La consecuencia relevante no es para las personas sino para la fauna: la mitad forestal del Área de Influencia, 128.55 ha de selva baja caducifolia, carece hoy de fuente antrópica permanente y es la única continuidad de hábitat entre el predio y los rodales regionales donde el apartado III.8.4 registra las especies de mayor requerimiento que ya no aparecen en el sitio. El ruido de obra se introduce, por tanto, en una franja que hoy no lo tiene, y es esa introducción —no el rebase de un umbral de salud humana— la que el capítulo de impactos debe valorar.

III.2.2 Componente biótico

La descripción de la cubierta vegetal emplea dos fuentes distintas y no intercambiables. La **Región Ecológica** se describe con la cartografía de uso de suelo y vegetación del INEGI, que es la única con cobertura homogénea a esa extensión. El **Área del Proyecto y el Área de Influencia** se describen con la **capa propia fotointerpretada del proyecto**, verificada en campo, que es un insumo del estudio y no un recorte de la cartografía nacional. La razón es de escala: a 1:250 000 el polígono mínimo cartografiable supera la superficie completa del predio, de modo que un recorte de la carta nacional no describiría el sitio sino su entorno de varios kilómetros.

III.2.2.1 Uso de suelo y vegetación en la Región Ecológica

Tabla 37. Uso de suelo y vegetación en la Región Ecológica, escala 1:250 000 (Serie VII).

Clase de uso de suelo y vegetación	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Agricultura de temporal anual	14,250.23	37.53
Selva baja caducifolia	14,005.07	36.88
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	6,536.51	17.21
Asentamientos humanos	1,819.63	4.79
Selva mediana subcaducifolia	657.14	1.73
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia	420.25	1.11
Pastizal inducido	282.92	0.75
Total, de la Región Ecológica	**37,971.75**	**100.00**

Fuente: INEGI, Conjunto de datos de uso del suelo y vegetación escala 1:250 000, Serie VII; recorte al polígono de la Región Ecológica.

La composición regional se reparte entre siete clases y admite una lectura en tres bloques. **La vegetación forestal nativa suma 21,618.97 ha, 56.93 % de la Región Ecológica**: selva baja caducifolia con 14,005.07 ha y 36.88 %, vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia con 6,536.51 ha y 17.21 %, selva mediana subcaducifolia con 657.14 ha y 1.73 %, y vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia con 420.25 ha y 1.11 %. **El uso agropecuario suma 14,533.15 ha, 38.28 %**: agricultura de

temporal anual con 14,250.23 ha y 37.53 %, y pastizal inducido con 282.92 ha y 0.75 %. **Los asentamientos humanos ocupan 1,819.63 ha, 4.79 %.**

Dos hechos de ese reparto ordenan el diagnóstico regional. El primero: **la superficie agropecuaria de la cuenca es casi tan extensa como la que conserva vegetación primaria**, 14,533.15 ha frente a 14,662.21 ha de selvas primarias —selva baja caducifolia más selva mediana subcaducifolia—. La conversión agrícola es, con mucho, el principal agente de transformación del territorio. El segundo: **de la superficie ocupada por selva baja caducifolia y su vegetación secundaria, 31.82 % está en condición secundaria** —6,536.51 sobre 20,541.57 ha—, lo que indica que casi un tercio del ecosistema dominante ha sido perturbado y se encuentra en algún estadio de recuperación.

Tabla 38. Uso de suelo y vegetación en la Región Ecológica, escala 1:75 000.

Clase de uso de suelo y vegetación	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Selva baja caducifolia/VSB	18,050.04	47.54
Pastizal inducido	7,077.71	18.64
Selva baja caducifolia	5,603.67	14.76
Agricultura de temporal (sin cultivo)	2,201.51	5.80
Área construida	2,037.72	5.37
Agricultura de riego (con cultivo)	620.23	1.63
Agricultura de riego (sin cultivo)	525.77	1.38
Área verde urbana herbácea	436.72	1.15
Agricultura de temporal (con cultivo)	390.97	1.03
Bosque de Galería	270.49	0.71
Área verde urbana arbórea	251.32	0.66
Pastizal cultivado	185.04	0.49
Selva baja espinosa/VSB	78.70	0.21
Agua	54.30	0.14
Selva baja espinosa/VSA	45.29	0.12
Vegetación de galería	43.58	0.11
Manglar	31.97	0.08
Cultivo tropical arborescente	18.10	0.05
Desprovisto de vegetación	14.14	0.04
Agricultura protegida	13.96	0.04
Agua (zona inundable)	12.70	0.03
Selva baja espinosa	7.82	0.02
Total, de la Región Ecológica	**37,971.75**	**100.00**

Fuente: INEGI, Uso del suelo y vegetación por área de interpretación, escala 1:75 000; recorte al polígono de la Región Ecológica.

La cartografía de mayor detalle desagrega las mismas superficies en veintidós clases y precisa la lectura anterior. **La selva baja caducifolia con vegetación secundaria arbustiva alcanza aquí 18,050.04 ha, 47.54 %, y la selva baja caducifolia sin condición secundaria 5,603.67 ha, 14.76 %.** El pastizal inducido, que a 1:250 000 aparecía con 0.75 %, asciende a 7,077.71 ha y 18.64 %. Las áreas construidas suman 2,037.72 ha, 5.37 %, y los mosaicos agrícolas de temporal y de riego, con y sin cultivo, 3,738.48 ha, 9.84 %.

La diferencia entre ambas fuentes no es una contradicción sino una consecuencia de la resolución: al aumentar el detalle, superficies que la carta gruesa incluía dentro de un polígono de selva se resuelven como pastizal inducido o como claro. **La conclusión que ambas escalas sostienen es la misma: la selva baja caducifolia es el ecosistema dominante de la Región Ecológica, y la mayor parte de ella se encuentra en condición secundaria.** Esa es la matriz ecológica en la que se inserta el proyecto.

La cartografía de detalle registra además elementos de valor ambiental particular que conviene identificar: bosque de galería con 270.49 ha y 0.71 %, vegetación de galería con 43.58 ha y 0.11 %, y manglar con 31.97 ha y 0.08 %. Su incidencia respecto del proyecto se examina en el apartado III.9.

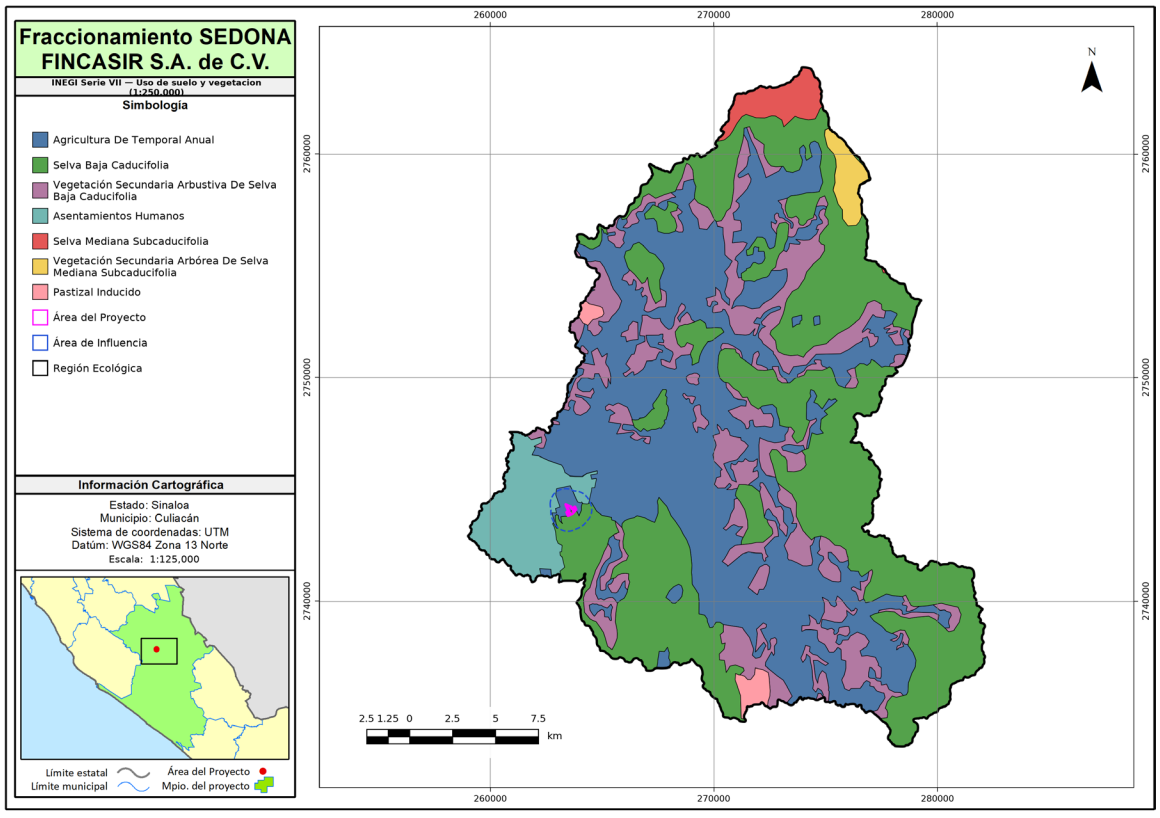


Figura 31. Uso del suelo y vegetación de la Región Ecológica según la Serie VII del INEGI. La agricultura de temporal ocupa los valles y lomeríos centrales sobre el Phaeozem, mientras que la selva baja caducifolia y su vegetación secundaria se conservan en las laderas de mayor pendiente y suelo somero. La distribución es la firma de una conversión selectiva por aptitud agrícola del terreno. Fuente: INEGI, Serie VII.

Esa distribución selectiva por aptitud del terreno es la clave para leer el estado del ecosistema: la selva no persiste donde crece mejor sino donde el arado no llega. Sobre esa misma superficie conviene ahora observar

la forma en que el remanente queda repartido en el territorio, porque la fragmentación —y no sólo la superficie total— determina la capacidad de la comunidad biológica para sostenerse.

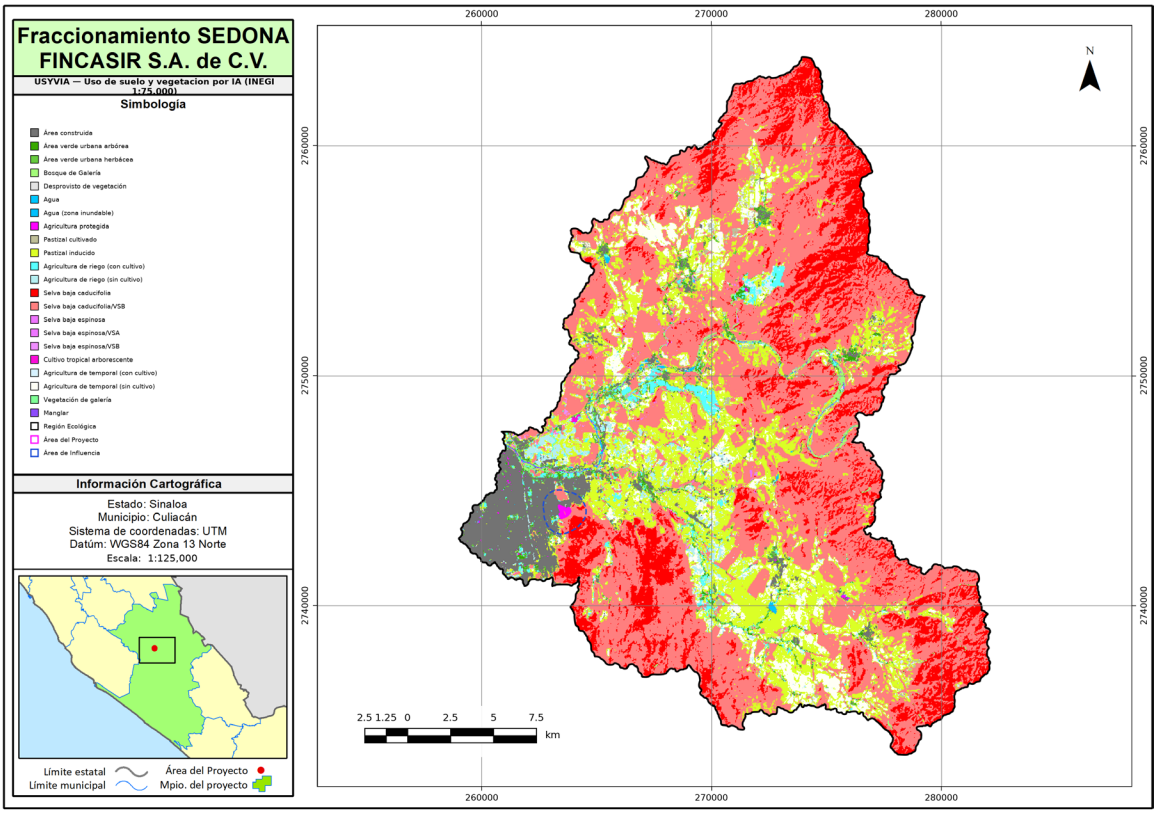


Figura 32. Distribución de la vegetación en la Región Ecológica a escala de detalle. El mapa muestra que la selva baja caducifolia y su vegetación secundaria arbustiva forman un cuerpo continuo sobre las laderas del Norte, el Oriente y el Sur de la unidad, mientras que el pastizal inducido y los mosaicos agrícolas la interrumpen a lo largo del valle central, y el área construida de Culiacán ocupa la porción occidental, en cuyo borde oriental se localiza el Área del Proyecto. Fuente: INEGI, uso del suelo y vegetación por área de interpretación 1:75 000.

La lectura de conjunto precisa lo que la tabla por sí sola no revela: el remanente forestal de la Región Ecológica no está pulverizado en manchones aislados —conserva un cuerpo continuo sobre las laderas—, y la fragmentación se concentra en el valle central y en el frente urbano occidental, es decir, en las superficies de menor pendiente y mejor suelo que el apartado III.2.1 identifica con el Phaeozem. De ahí se siguen dos consecuencias para la evaluación. La primera es que el proceso que amenaza la continuidad del ecosistema dominante no es la subdivisión del macizo desde su interior, sino el avance de su borde —agrícola en el valle, urbano en el Occidente—, y el Área del Proyecto se sitúa precisamente sobre ese borde urbano. La segunda es que las 12.5570 ha de selva baja caducifolia que el proyecto afecta se restan del margen occidental del remanente y no de su núcleo, de modo que la afectación no abre un hueco en el interior del macizo ni interrumpe su continuidad hacia el Oriente. Esto no reduce la magnitud de la pérdida de cubierta, que el Capítulo IV valora y que el proyecto compensa, pero sí define su carácter: es el retroceso de un borde que ya existe, no la apertura de un frente nuevo.

III.2.2.2 Cubierta del Área de Influencia

Tabla 39. Cubierta vegetal del Área de Influencia: superficie por clase.

Clase de cubierta	Superficie (ha)	Porcentaje del AI (%)
Selva baja caducifolia	128.55	46.55
Zona urbana	128.55	46.54
Pastizal inducido	17.26	6.25
Área desprovista de vegetación	0.72	0.26
Cuerpo de agua	0.68	0.24
Camino de terracería	0.35	0.13
Cauce	0.09	0.03
Total, del Área de Influencia	**276.19**	**100.00**

Fuente: capa de vegetación fotointerpretada y verificada en campo para el Área de Influencia; superficies del atributo de la capa. Anexo de fotointerpretación del estudio.

El Área de Influencia presenta una composición partida en dos mitades casi exactas: **selva baja caducifolia con 128.55 ha, 46.55 %, y zona urbana con 128.55 ha, 46.54 %.** El pastizal inducido aporta 17.26 ha, 6.25 %, y el resto —área desprovista de vegetación, cuerpo de agua, camino de terracería y cauce— suma 1.83 ha, 0.66 %.

Ese reparto define con precisión la situación territorial del proyecto: **el predio se localiza en el borde de contacto entre la mancha urbana de Culiacán y el último frente de selva baja caducifolia de la ladera.** No se trata de un enclave aislado en medio de vegetación continua ni de un terreno ya urbanizado, sino de la franja de transición entre ambos. Esa posición explica varios resultados posteriores: la presencia de especies exóticas e indicadoras de perturbación que documenta el apartado III.7, el nivel de ruido de fondo que la sección III.2.1 deja pendiente de medición, y el hecho de que la fauna registrada esté dominada por especies de amplia tolerancia y hábitos generalistas.

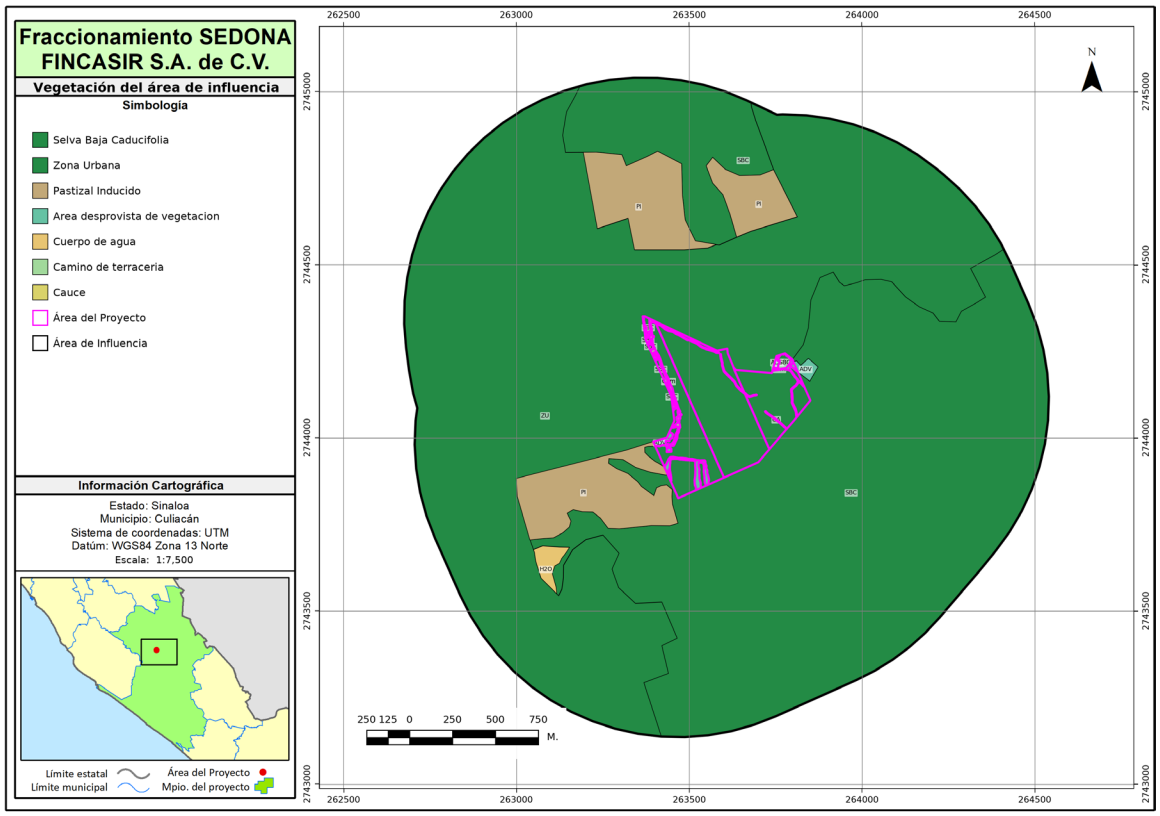


Figura 33. Cubierta vegetal y usos del suelo en el Área de Influencia, según la fotointerpretación propia del proyecto verificada en campo. El contacto entre la zona urbana —128.55 ha, 46.54 %— y el macizo de selva baja caducifolia —128.55 ha, 46.55 %— atraviesa el Área de Influencia, y el Área del Proyecto se sitúa del lado forestal de ese contacto. Fuente: fotointerpretación propia del estudio; anexo cartográfico.

III.2.2.3 Cubierta del Área del Proyecto

Tabla 40. Cubierta vegetal del Área del Proyecto y condición respecto del cambio de uso de suelo.

Clase de cubierta	Condición respecto del cambio de uso de suelo	Superficie (ha)	Porcentaje del AP (%)
Selva baja caducifolia	Terreno forestal sujeto a cambio de uso de suelo	12.5570	93.23
Área desprovista de vegetación	Superficie de uso no forestal preexistente	0.4776	3.55
Camino de terracería	Superficie de uso no forestal preexistente	0.3455	2.57
Cauce	Superficie de uso no forestal preexistente	0.0888	0.66
Total, del Área del Proyecto	—	**13.4689**	**100.00**

Fuente: capa de vegetación del Área del Proyecto, fotointerpretada y verificada en campo; superficies leídas del atributo de la capa. Anexo cartográfico del estudio.

La composición del Área del Proyecto es inequívoca: **12.5570 ha, 93.23 % de su superficie, corresponden a selva baja caducifolia sobre terreno forestal**, y son la superficie sujeta a cambio de uso de suelo. Las 0.9119 ha restantes corresponden a usos no forestales preexistentes —área desprovista de vegetación con 0.4776 ha y 3.55 %, camino de terracería con 0.3455 ha y 2.57 %, y cauce con 0.0888 ha y 0.66 %— que ya no sostienen cubierta forestal antes de cualquier obra.

La distribución del polígono entre las fracciones del predio es la siguiente.

Tabla 41. Fracciones del predio dentro del Área del Proyecto: superficie y proporción.

Fracción del predio	Superficie dentro del AP (ha)	Porcentaje del AP (%)
El Barrio — Fracción 2	6.1931	45.98
El Barrio — Fracción 3	4.2098	31.26
El Barrio — Fracción 1	3.0661	22.76
Total	**13.4689**	**100.00**

Fuente: capas del proyecto; superficies leídas del atributo, EPSG:32613.

El Área del Proyecto no descansa sobre un solo título: resulta de la agregación de tres fracciones del predio El Barrio, de las cuales la Fracción 2 aporta la mayor parte —6.1931 ha, 45.98 % del polígono—, seguida de la Fracción 3 —4.2098 ha, 31.26 %— y de la Fracción 1 —3.0661 ha, 22.76 %—. Ninguna alcanza por sí sola la superficie del proyecto, de modo que la acreditación de la propiedad y la solicitud de cambio de uso de suelo comprenden necesariamente a las tres, con los aportantes y folios reales que relaciona el Capítulo I. Para la caracterización ambiental el reparto tiene dos consecuencias. La primera es que la unidad de análisis de este capítulo es el polígono agregado y no cada fracción por separado, porque la cubierta vegetal es continua a través de los linderos prediales: las 12.5570 ha de selva baja caducifolia forman una sola masa, no tres. La segunda es que la superficie comprometida a compensación se localiza en el remanente de esos mismos predios matrices, de manera que la superficie que se afecta y la que se obliga a restaurar permanecen bajo la misma propiedad y en el mismo continuo de vegetación.

III.2.2.4 La cartografía nacional frente al levantamiento de campo

El contraste entre ambas fuentes en la superficie del Área del Proyecto es el siguiente. La cartografía del INEGI a escala 1:250 000 no resuelve un polígono de 13.4689 ha: el predio queda comprendido en polígonos regionales cuyo trazo generaliza, en un solo rasgo, el contacto entre el valle agrícola, la mancha urbana y la selva de la ladera. La mayor parte del Área del Proyecto queda así dentro del polígono clasificado como agricultura de temporal anual, y su porción Sureste dentro del polígono de selva baja caducifolia, como puede verificarse en la Figura 31. **La fotointerpretación propia, verificada con diecinueve sitios de muestreo distribuidos en el polígono, documenta selva baja caducifolia en las 12.5570 ha forestales del predio**, y precisa que las 0.9119 ha restantes no son vegetación forestal sino usos preexistentes.

La diferencia entre ambas lecturas no es un defecto de ninguna de las dos fuentes: es la consecuencia de la escala. A 1:250 000 el polígono mínimo cartografiable excede varias veces la superficie del predio, de modo que la carta nacional no describe el sitio sino el mosaico de varios kilómetros en el que está inserto, y le atribuye la clase que domina ese mosaico —la agricultura de temporal del valle, que es la clase más extensa de la Región Ecológica con 37.53 %—. El levantamiento propio, en cambio, mide el sitio: reconoce sobre el terreno una masa arbórea de selva baja caducifolia y la delimita con precisión métrica. El estudio adopta esta última como fuente de la superficie forestal, y conviene asentar en qué sentido opera ese criterio: la carta nacional describiría la mayor parte del predio como superficie ya agrícola, y el estudio no se ampara en esa

lectura, sino que reconoce y somete al procedimiento de cambio de uso de suelo las 12.5570 ha de selva baja caducifolia que la verificación de campo documenta —la mayor de las dos superficies forestales posibles—, y sobre ellas dimensiona la compensación. La aportación del levantamiento propio no es, por tanto, discutir la carta nacional, sino **delimitar con precisión métrica la superficie forestal efectivamente afectada y separarla de la que no lo es**. Esa distinción es la que sostiene la cifra de 12.5570 ha como superficie sujeta a cambio de uso de suelo, y evita que se contabilice como afectación forestal una superficie —caminos, cauce, áreas desprovistas— que ya no lo era.

III.2.2.5 Biota potencial de la Región Ecológica

Para establecer el universo de especies que la Región Ecológica puede albergar se consultaron los registros de presencia georreferenciados disponibles para el polígono de la unidad, recortados a su extensión sin buffer. El resultado se contrasta con las especies efectivamente registradas en los muestreos de campo que se describen en el apartado III.3.

Tabla 42. Biota potencial de la Región Ecológica: registros consultados, familias y especies por grupo.

Grupo	Registros consultados	Familias	Especies potenciales	Especies registradas en campo	Registradas respecto de las potenciales (%)
Flora vascular	5,902	109	737	66	8.96
Aves	3,908	51	212	39	18.40
Mamíferos	79	15	20	6	30.00
Reptiles	341	15	32	12	37.50
Anfibios	75	6	9	0	0.00

Fuente: registros de presencia georreferenciados del Sistema Mundial de Información sobre Biodiversidad (GBIF), recortados al polígono de la Región Ecológica; especies registradas en campo, levantamiento propio del estudio, temporada seca. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

El contraste debe leerse con cuidado, porque las dos cifras no miden lo mismo y compararlas sin precisarlo llevaría a una conclusión falsa. **La lista potencial acumula registros de presencia de todas las épocas del año, de todos los tipos de vegetación de la cuenca y de varias décadas de colecta**; la lista registrada corresponde a un levantamiento de una temporada, dirigido a un solo tipo de vegetación y a un número acotado de unidades de muestreo. La proporción entre ambas no es, por tanto, una medida de completitud del muestreo —esa medida son los estimadores de riqueza del apartado III.3.2— sino una medida de la fracción del acervo regional que el sitio y su contexto homólogo expresan.

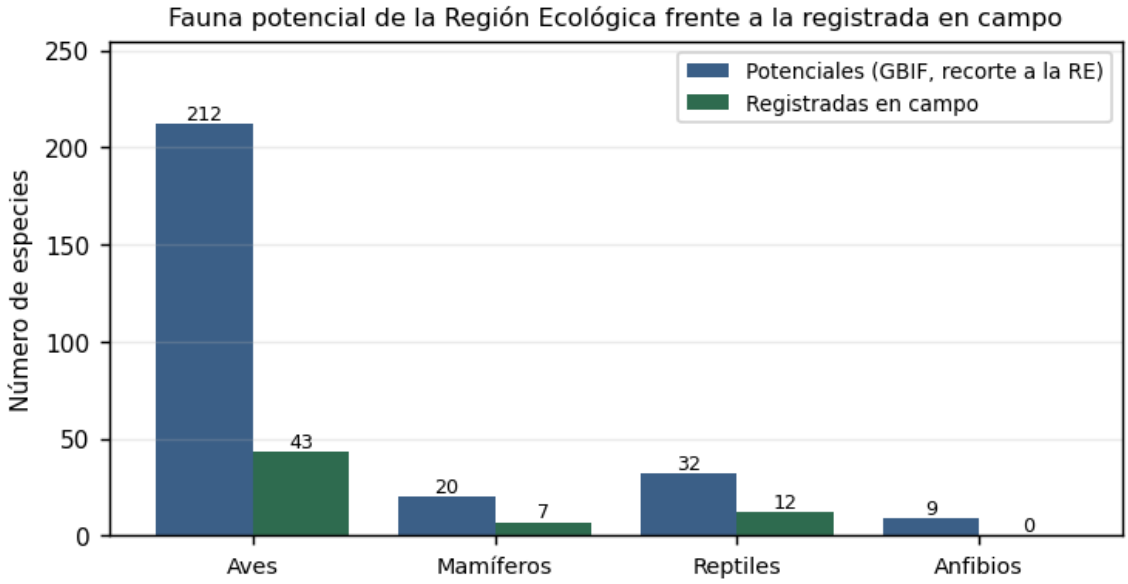


Figura 34. Fauna potencial de la Región Ecológica frente a la registrada en campo, por grupo. La barra de potenciales cuenta especies distintas en los registros georreferenciados disponibles para el polígono; la de registradas, las especies detectadas en el levantamiento propio. El grupo de mayor riqueza potencial —las aves, con 212 especies— es también el que menor fracción expresa en campo entre los detectados, 39 especies; los reptiles y los mamíferos, de riqueza regional baja, alcanzan en cambio las proporciones más altas, y los anfibios, con nueve especies potenciales, no fueron registrados. Fuente: GBIF, recorte a la Región Ecológica; levantamiento propio del estudio.

Con esa salvedad, las proporciones de la figura son informativas y ordenan a los cuatro grupos de vertebrados. **Los reptiles y los mamíferos alcanzan las coberturas más altas, 37.50 % y 35.00 %**, lo que es esperable en grupos de riqueza regional baja —32 y 20 especies potenciales— y de especies mayormente residentes y detectables en la temporada seca. **Las aves alcanzan 20.28 %**, cifra razonable para un grupo de 212 especies potenciales del que una fracción importante son migratorias invernales o especies asociadas a otros tipos de vegetación de la cuenca —bosque de galería, manglar, cuerpos de agua— que no están presentes en las unidades muestreadas. El orden que dibuja la figura es, por tanto, inverso al de la riqueza potencial: cuanto más rico y más heterogéneo es el grupo a escala regional, menor es la fracción que un muestreo dirigido a un solo tipo de vegetación puede expresar. Para la evaluación esto significa que la comunidad documentada en el predio no es una muestra reducida del acervo regional, sino el subconjunto que la selva baja caducifolia del borde urbano efectivamente sostiene; y es contra ese subconjunto —y no contra las 273 especies potenciales de fauna de la Región Ecológica— como deben dimensionarse las medidas de ahuyentamiento y rescate que propone el Capítulo IV.

Los anfibios no fueron registrados en campo. El acervo regional documenta nueve especies potenciales para la Región Ecológica. Su ausencia en el levantamiento es un resultado esperable y no una deficiencia del muestreo: los anfibios de las selvas secas del Pacífico mexicano permanecen inactivos y refugiados durante la estación seca, y su detección requiere las noches de lluvia de la temporada húmeda, cuando se congregan en los cuerpos de agua temporales para reproducirse. El muestreo se realizó en temporada seca y **no se observó ningún anfibio en campo**; así se consigna. Ninguna de las conclusiones del capítulo se apoya en la presencia o la ausencia de este grupo.

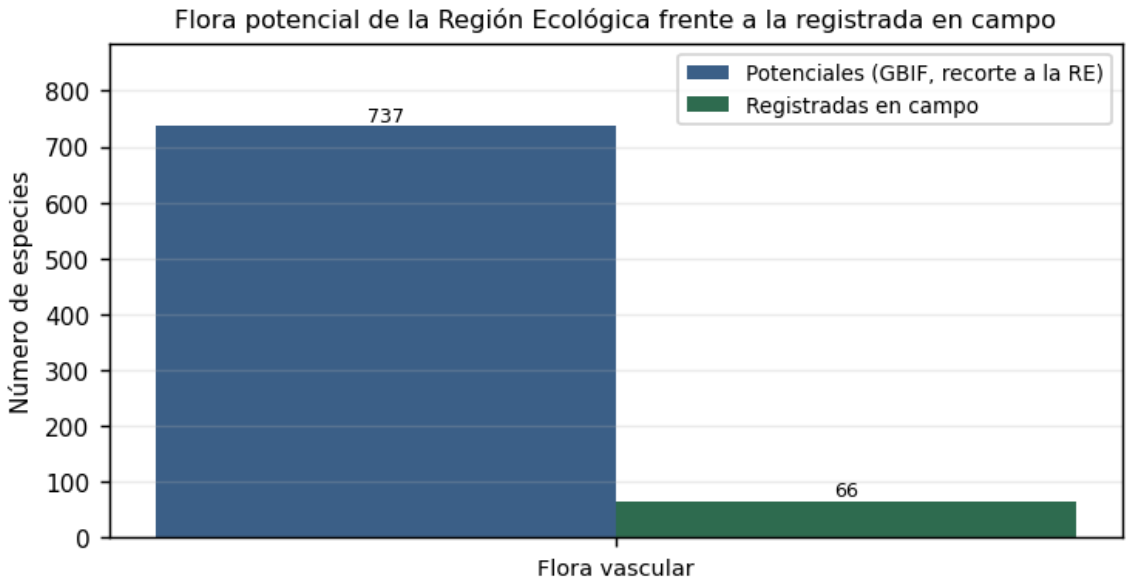


Figura 35. Flora vascular potencial de la Región Ecológica —737 especies en 109 familias— frente a las 66 especies registradas en los muestreos de las tres escalas. La distancia entre ambas barras mide la que separa a un inventario regional acumulado, procedente de todos los ambientes de la cuenca, del listado de una comunidad concreta; no mide el grado de completitud del muestreo. Fuente: GBIF, recorte a la Región Ecológica; levantamiento propio del estudio.

La flora vascular alcanza 8.96 %, la proporción más baja de todos los grupos, y la explicación es la misma en su forma más extrema: las 737 especies potenciales incluyen la flora de los cultivos, de los pastizales inducidos, de las áreas urbanas y de la selva mediana subcaducifolia de las partes altas —ambientes que ocupan buena parte de la cuenca y que ninguna unidad de muestreo representa—, mientras que el levantamiento se dirigió exclusivamente a la selva baja caducifolia. La desproporción que la figura hace evidente —737 frente a 66— no expresa, por tanto, un vacío de conocimiento sobre el sitio, y su utilidad para la evaluación es doble: acota el universo de especies del que puede proceder la recolonización de las superficies comprometidas a restauración, y fija el marco contra el cual el apartado III.4 comprueba que ninguna especie de interés para la conservación quede fuera del análisis por no haber sido detectada en una sola temporada de campo.

Las especies potenciales cuya categoría de riesgo o cuyo endemismo las hace relevantes para la evaluación se examinan en el apartado III.4, junto con las efectivamente registradas.

III.2.3 Componente socioeconómico

La Región Ecológica no es un territorio despoblado. Su extremo suroeste alcanza la mancha urbana de **Culiacán Rosales**, capital del estado de Sinaloa, y su interior aloja un poblamiento rural disperso de gran número de asentamientos pequeños. Esa doble condición —un borde metropolitano y un interior rural— es la que explica el patrón de transformación del territorio que documentaron los apartados anteriores.

III.2.3.1 Poblamiento

Tabla 43. Poblamiento de la Región Ecológica: unidades y superficie por categoría.

Categoría	Unidades dentro de la Región Ecológica	Superficie (ha)
Localidades con superficie delimitada, de ámbito urbano	1	1,806.16
Localidades con superficie delimitada, de ámbito rural	29	668.63
Localidades de registro puntual, de ámbito rural	133	Puntual (la capa no les asigna superficie)
Total, de localidades	**163**	**2,474.79**
Territorios indígenas registrados	0	—

Fuente: INEGI, Marco Geoestadístico Nacional; recorte al polígono de la Región Ecológica. Las dos categorías de localidad son conjuntos disjuntos: ninguna clave geoestadística aparece en ambas.

Dentro de la Región Ecológica se identifican **30 localidades con superficie delimitada, que ocupan en conjunto 2,474.79 ha, 6.52 % de la superficie de la unidad**, y **133 localidades más de registro puntual**, representadas por un punto porque la fuente no les asigna superficie. El desglose por ámbito es el dato que ordena la lectura: **de las 30 localidades con superficie delimitada, una sola —Culiacán Rosales— es de ámbito urbano, y aporta 1,806.16 ha de aquella superficie, 72.98 % del total; las otras 29 son rurales amanzanadas y ocupan 668.63 ha**. De las 163 localidades de la unidad, 162 son por tanto de ámbito rural. **No se registran territorios indígenas** dentro del polígono.

Las localidades con superficie delimitada son Culiacán Rosales, Colinas del Tamazula, Los Brasiles, Imala, Nuevo Imala, Alcoyonqui, Carrizalejo, La Cruz de Carrizalejo, La Limita de Itaje, Palos Blancos, Carboneras, Portezuelo, Los Naranjos, Mezquitita, La Noria, Arroyo Hondo, Arroyo del Toro, El Toro [Campestre], El Agua Zarca, El Canario, Jotagua, La Nanchita, Los Arrayanes, El Vallecito, El Pozo, Los Agaves, Agua Blanca, Ayuné, Plan de Oriente (El Doce) y El Capule.

El contraste entre las dos categorías es el dato de fondo: **163 localidades en total, de las cuales una sola es de ámbito urbano y sólo 30 alcanzan la condición de superficie delimitada.** El poblamiento de la cuenca es, en su gran mayoría, un tejido de rancherías y pequeñas localidades rurales distribuidas a lo largo de los valles y de los caminos. Ese patrón disperso es el que produce el mosaico de agricultura de temporal —14,250.23 ha, 37.53 % de la Región Ecológica— y el que mantiene una presión difusa y continua sobre la selva baja caducifolia, distinta de la presión concentrada del frente urbano.

III.2.3.2 Infraestructura de comunicación

Tabla 44. Infraestructura de comunicación en la Región Ecológica: longitud de la red por tipo de vialidad.

Tipo de vialidad	Longitud (km)	Porcentaje de la red (%)
Camino	169.55	66.24
Carretera	57.54	22.48
Avenida	9.87	3.86
Boulevard	7.70	3.01
Calzada	6.80	2.66

Tipo de vialidad	Longitud (km)	Porcentaje de la red (%)
Calle	4.00	1.56
Retorno U	0.40	0.16
Otro	0.12	0.05
Total	**255.97**	**100.00**

Fuente: INEGI, Red Nacional de Caminos y vialidades urbanas del Marco Geoestadístico; recorte al polígono de la Región Ecológica.

La Región Ecológica está atravesada por **760 tramos viales que suman 255.97 km**. La composición es reveladora: **169.55 km, 66.24 %, son caminos** —vías de terracería o revestidas de acceso rural— y 57.54 km, 22.48 %, son carreteras. Las vialidades de tipo urbano —avenida, boulevard, calzada, calle y retorno— suman 28.77 km, es decir 28.77 / 255.97 × 100 = 11.24 % de la red, y se concentran en el borde de Culiacán.

La densidad vial resultante es de 0.67 km·km⁻², cociente de los 255.97 km de red entre los 379.72 km² del polígono de la Región Ecológica. Ese valor, con dos terceras partes en caminos rurales, describe un territorio accesible en casi toda su extensión. La accesibilidad es la variable que convierte una aptitud agrícola en una conversión efectiva: los terrenos de Phaeozem con pendiente suave y camino de acceso son los que están hoy bajo cultivo, y los manchones de selva que persisten coinciden con las laderas de Leptosol somero y pendiente fuerte, donde el acceso y la mecanización son costosos.

III.2.3.3 Perfil demográfico y económico

La población de la Región Ecológica se reparte en dos registros que el Censo mide con instrumentos distintos y que conviene leer por separado, porque describen realidades opuestas. El primero es el poblamiento rural disperso: **65 localidades censadas cuyo punto de ubicación publicado por el Censo se localiza dentro del polígono de la Región Ecológica, con 5,720 habitantes en conjunto**. El segundo es el tejido urbano de Culiacán Rosales que penetra por el suroeste: la ciudad aporta 1,806.16 ha de sus 14,338.54 ha al interior de la Región Ecológica —1,806.16 / 14,338.54 × 100 = 12.60 % de su superficie urbana—, y en esa franja **quedan íntegramente contenidas 52 áreas geoestadísticas básicas (AGEB) urbanas con 98,563 habitantes**. La suma de ambos registros, 5,720 + 98,563 = 104,283 habitantes, es la población que el Censo mide en unidades íntegramente contenidas en el polígono, y **98,563 / 104,283 × 100 = 94.51 % de ella vive en el borde de la ciudad**, no en el interior rural.

Población de las localidades rurales

Tabla 45. Población y vivienda de las localidades rurales de la Región Ecológica.

Localidad	Población total	Mujeres	Hombres	Viviendas particulares habitadas	Grado promedio de escolaridad (años)
El Pozo	725	370	355	183	7.34
Carboneras	722	346	376	190	7.57
La Limita de Itaje	665	307	358	148	8.19
La Noria	401	185	216	98	7.20
Agua Blanca	333	174	159	77	7.31
Mezquitita	323	162	161	80	8.42

Localidad	Población total	Mujeres	Hombres	Viviendas particulares habitadas	Grado promedio de escolaridad (años)
Plan de Oriente (El Doce)	312	151	161	75	7.91
Imala	292	154	138	77	7.10
Los Naranjos	256	122	134	64	6.46
Alcoyonqui	246	119	127	67	7.67
Los Agaves	221	110	111	n. d.	n. d.
La Cruz de Carrizalejo	159	85	74	38	7.55
Carrizalejo	145	73	72	43	7.68
Las Aguamitas	129	69	60	33	7.15
Portezuelo	120	56	64	38	4.78
Ayuné	106	48	58	31	6.50
Arroyo del Toro	102	52	50	25	7.60
Otras 48 localidades de menos de 100 habitantes	463	—	—	—	—
Total (65 localidades)	**5,720**	—	—	—	—

Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020, Principales resultados por localidad (ITER); recorte al polígono de la Región Ecológica. «n. d.»: el Censo no publica el dato de la localidad.

Las 17 localidades de 100 habitantes o más concentran 5,257 de los 5,720 habitantes, es decir 5,257 / 5,720 × 100 = 91.91 %; las 48 restantes reúnen 463 personas, con un promedio de 463 / 48 = 9.65 habitantes cada una. La estructura del poblamiento rural queda así descrita con precisión: no hay una cabecera rural que organice el territorio, sino una decena de pueblos de entre doscientos y setecientos habitantes escalonados a lo largo de los valles y de los caminos, y un enjambre de rancherías de menos de una decena de personas. La mayor de todas, El Pozo, reúne 725 habitantes: ninguna se acerca a los 2,500 que el Censo emplea como umbral entre localidad rural y localidad urbana, lo que confirma con el dato demográfico la condición rural que el Marco Geoestadístico atribuye a las 133. El Censo publica el tabulado completo en 26 de las 65 localidades, que reúnen 5,363 habitantes —5,363 / 5,720 × 100 = 93.76 % del total—; en las 39 restantes, con 357 habitantes en conjunto, sólo se publica la población total y los demás valores aparecen reservados o no disponibles, de modo que todos los indicadores derivados de este apartado se calculan sobre las 26 localidades con tabulado completo y sobre la población que representan.

Perfil demográfico, educativo, económico y de vivienda

Tabla 46. Perfil demográfico, educativo, económico y de vivienda por ámbito territorial.

Indicador	Localidades rurales de la RE (26 localidades)	Borde urbano de la RE (52 AGEB)	Área de Influencia (10 AGEB)
Población total (hab)	5,363	98,563	7,475
Mujeres (%)	48.91	51.39	51.73
Hombres (%)	51.09	48.61	48.27
Población de 0 a 14 años (%)	28.31	24.39	34.02
Población de 15 a 64 años (%)	60.06	67.32	64.67
Población de 65 años y más (%)	9.51	8.14	1.33
Grado promedio de escolaridad (años)	7.36	10.53	12.65
Analfabetismo en población de 15 años y más (%)	8.50	2.66	0.50
Población económicamente activa (hab)	2,527	48,349	3,545
Tasa de participación económica (%)	67.73	65.04	71.88
Población ocupada respecto de la PEA (%)	99.53	98.41	99.07
Población afiliada a servicios de salud (%)	75.82	73.55	71.96
Población sin afiliación a servicios de salud (%)	21.93	26.18	28.03
Viviendas particulares habitadas	1,357	26,738	2,165
Ocupantes por vivienda	3.95	3.68	3.45
Hogares con jefatura femenina (%)	33.75	39.40	35.47
Viviendas con energía eléctrica (%)	95.95	99.49	100.00
Viviendas con agua entubada dentro de la vivienda (%)	92.34	99.29	100.00
Viviendas con drenaje (%)	92.41	98.46	100.00
Viviendas con internet (%)	16.43	64.08	73.81
Viviendas con piso de tierra (%)	14.52	3.82	0.29

Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020, Principales resultados por localidad (ITER) y Principales resultados por AGEB y manzana urbana; recorte a los polígonos de la Región Ecológica y del Área de Influencia. Las AGEB consideradas son las que quedan íntegramente contenidas en cada polígono, criterio que evita atribuir a la unidad población que reside fuera de ella. En las variables que el Censo reserva en alguna unidad, el porcentaje se calcula sobre las unidades que sí publican el dato: población de 65 años y más y analfabetismo, 48 de 52 AGEB en el borde urbano y 8 y 7 de 10 AGEB en el Área de Influencia; agua entubada, 51 de 52 AGEB en el borde urbano; piso de tierra, 42 de 52 y 8 de 10, respectivamente.

El gradiente que dibuja la tabla es continuo y va en un solo sentido. La escolaridad pasa de 7.36 años en las localidades rurales a 10.53 en el borde urbano de la Región Ecológica y a 12.65 en el Área de Influencia: la población que rodea al Área del Proyecto ha cursado, en promedio, más de cinco años de escuela por encima de la que habita el interior de la cuenca, y su analfabetismo —0.50 %— es diecisiete veces menor que el rural. El acceso a servicios domiciliarios sigue el mismo trazo: en el Área de Influencia el Censo no registra una sola vivienda sin energía eléctrica, sin agua entubada ni sin drenaje, mientras que en el ámbito rural una de cada trece carece de agua dentro de la vivienda y una de cada siete conserva piso de tierra. La estructura por edad completa el cuadro con el dato más elocuente: 34.02 % de la población del Área de Influencia tiene menos de 15 años y sólo 1.33 % rebasa los 65, proporciones que no describen un barrio antiguo sino un frente de urbanización reciente ocupado por familias jóvenes. Ese perfil —alta escolaridad, servicios completos, población joven, participación económica de 71.88 %— es el de una periferia ya incorporada a la ciudad, y no el de un asentamiento en formación ni el de una comunidad rural que dependa del predio para su subsistencia.

Marginación y rezago social

Tabla 47. Grado de marginación y rezago social de las localidades de la Región Ecológica.

Grado	Localidades (CONAPO)	Población	%	Localidades (CONEVAL)	Población	%
Muy bajo	6	2,368	44.15	4	1,037	19.34
Bajo	11	2,116	39.46	12	3,341	62.30
Medio	5	727	13.56	7	935	17.43
Alto	2	113	2.11	1	11	0.21
Muy alto	2	39	0.73	2	39	0.73
Total	**26**	**5,363**	**100.00**	**26**	**5,363**	**100.00**

Fuente: CONAPO, Índice de marginación por localidad 2020, e Índice de rezago social 2020 del CONEVAL; recorte al polígono de la Región Ecológica. Los porcentajes se calculan sobre la población de las 26 localidades que ambas fuentes cubren; su suma puede diferir de 100.00 por redondeo.

Tabla 48. Grado de marginación urbana y rezago social por AGEB en el borde urbano y el Área de Influencia.

Unidad	CONAPO: grado de marginación urbana	CONEVAL: grado de rezago social
AGEB del Área de Influencia, grado muy bajo	6 AGEB, 5,314 hab	3 AGEB, 1,126 hab
AGEB del Área de Influencia, grado bajo	2 AGEB, 2,057 hab	6 AGEB, 6,303 hab
AGEB del Área de Influencia, grado medio	—	1 AGEB, 46 hab
Cobertura de la fuente	8 de las 10 AGEB, 7,371 hab	10 de las 10 AGEB, 7,475 hab

Fuente: CONAPO, Índice de marginación urbana 2020, e Índice de rezago social 2020 del CONEVAL, nivel AGEB urbana; recorte al polígono del Área de Influencia.

Las dos fuentes, construidas con metodologías independientes, coinciden en lo esencial: **83.61 % de la población rural de la Región Ecológica vive en localidades de marginación baja o muy baja según CONAPO** —2,368 + 2,116 = 4,484 habitantes sobre 5,363— y 81.63 % en localidades de rezago social bajo o muy bajo según CONEVAL —1,037 + 3,341 = 4,378 habitantes sobre los mismos 5,363—. La marginación alta y muy alta existe, pero está confinada a cuatro asentamientos diminutos —La Gruñidora, Ejido Siete Gotas, La Divisa y Arroyo del Toro— que suman 152 habitantes, 152 / 5,363 × 100 = 2.83 % de la población rural. Ninguno de los cuatro queda dentro del Área de Influencia —el Censo no registra localidad alguna en ella— y el más próximo al Área del Proyecto, Arroyo del Toro, se sitúa a 1.57 km de su límite; los otros tres, a 2.05, 4.10 y 11.61 km. Son rancherías del interior de la cuenca, no comunidades asentadas sobre el predio ni dependientes de él. En el Área de Influencia ninguna AGEB alcanza grado alto ni muy alto en cualquiera de las dos escalas, y la única AGEB de rezago medio reúne 46 habitantes. El entorno inmediato del proyecto es, por tanto, un espacio urbano consolidado en términos de acceso a educación, salud y servicios de vivienda, donde el proyecto no se implanta sobre un grupo social vulnerable ni desplaza a población en condiciones de rezago.

Estructura económica

Tabla 49. Estructura económica por sector SCIAN en la Región Ecológica y el Área de Influencia.

Sector SCIAN	Unidades económicas en la RE	%	Unidades económicas en el AI	%
46 Comercio al por menor	2,072	36.76	91	40.99
81 Otros servicios excepto actividades gubernamentales	1,350	23.95	45	20.27
72 Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	730	12.95	39	17.57
31-33 Industrias manufactureras	572	10.15	23	10.36
62 Servicios de salud y de asistencia social	208	3.69	3	1.35
43 Comercio al por mayor	186	3.30	1	0.45
61 Servicios educativos	126	2.24	8	3.60
53 Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	120	2.13	7	3.15
54 Servicios profesionales, científicos y técnicos	60	1.06	2	0.90

Sector SCIAN	Unidades económicas en la RE	%	Unidades económicas en el AI	%
Otros sectores	213	3.78	3	1.35
Total	**5,637**	**100.00**	**222**	**100.00**

Fuente: INEGI, Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), actualización de mayo de 2026; recorte a los polígonos de la Región Ecológica y del Área de Influencia. Clasificación por sector del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN). «Otros sectores» agrupa, en la Región Ecológica, construcción (21 unidades), transportes, correos y almacenamiento (22), servicios de esparcimiento (52), servicios financieros y de seguros (47), servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos (37), actividades gubernamentales (18), información en medios masivos (11), minería (2), agricultura y aprovechamiento forestal (1), suministro de energía y agua (1) y corporativos (1); en el Área de Influencia, servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos (2) y servicios de esparcimiento (1). La suma de los porcentajes puede diferir de 100.00 por redondeo.

Por tamaño, la estructura es de microestablecimiento en ambas escalas: de las 5,637 unidades de la Región Ecológica, **4,968 ocupan de 0 a 5 personas, 4,968 / 5,637 × 100 = 88.13 %**; 374 ocupan de 6 a 10 (6.63 %), 236 de 11 a 30 (4.19 %), 21 de 31 a 50 (0.37 %), 24 de 51 a 100 (0.43 %), 12 de 101 a 250 (0.21 %) y solamente 2 rebasan las 250 personas ocupadas (0.04 %). En el Área de Influencia el sesgo es todavía más marcado: 207 de las 222 unidades ocupan de 0 a 5 personas —93.24 %—, 9 de 6 a 10 y 6 de 11 a 30; ninguna supera las 30 personas ocupadas.

La lectura económica es directa. Tres cuartas partes de la actividad registrada en la Región Ecológica —comercio al por menor, otros servicios y preparación de alimentos, 2,072 + 1,350 + 730 = 4,152 unidades, 73.66 % del total— son giros de atención a la población residente, no actividades de base que exporten producción fuera de la cuenca. La agricultura, que ocupa 14,250.23 ha —37.53 % de la Región Ecológica— y define el paisaje descrito en los apartados anteriores, aparece en el Directorio con una sola unidad económica registrada: la producción primaria de la cuenca se organiza en predios familiares y ejidales que no constituyen establecimientos fijos, y el empleo que genera no depende de la franja donde se ubica el proyecto. **Dentro del Área del Proyecto el Directorio no registra ninguna unidad económica**, y el Área del Proyecto tampoco contiene localidad censada alguna: las 13.4689 ha del predio tocan de forma marginal dos AGEB urbanas —4.22 % y 1.39 % de su superficie respectiva—, ambas de marginación muy baja o baja y rezago social bajo.

Lo que estas cifras sostienen, y es lo relevante para la evaluación del proyecto, es que **el Área del Proyecto se localiza en el borde inmediato de la principal concentración urbana del estado**, en un entorno donde 46.54 % del Área de Influencia es ya zona urbana y donde el 100.00 % de las viviendas censadas en esa misma unidad dispone de energía eléctrica, agua entubada y drenaje. Un proyecto en esa posición no compite con un uso agrícola productivo, no desplaza actividad económica establecida —el predio no aloja ninguna— ni fragmenta un macizo forestal continuo: ocupa la franja donde el crecimiento de la ciudad y el remanente de selva ya están en contacto, y lo hace frente a una población joven, escolarizada y con servicios completos que es precisamente la que demanda el suelo urbanizado que el proyecto aporta. Esa demanda es real y la afectación que su satisfacción implica también lo es; el mérito del proyecto no está en negarla sino en concentrarla donde el ecosistema ya está intervenido y donde las medidas de mitigación y compensación previstas pueden sostener la permanencia de los servicios ambientales de la cuenca. La sección III.7 desarrolla las consecuencias de esa posición para el diagnóstico ambiental, y la III.9 las traduce en el reporte de incidencias.

III.2.4 Componente perceptual (paisaje)

La valoración de la calidad visual de la Región Ecológica sigue el método de manejo de recursos visuales del Bureau of Land Management de los Estados Unidos (*Visual Resource Management*), que asigna a cada

unidad de paisaje una calificación a partir de siete factores observables —relieve, vegetación, agua, color, influencia del entorno adyacente, singularidad y actuaciones humanas—, y que sobre esa calificación construye las clases de manejo visual.

Sustrato objetivo de las unidades de paisaje

Los factores fisiográficos que determinan la compartimentación visual del territorio ya están cuantificados en el apartado III.2.1 y se recapitulan aquí porque son la base sobre la que se construyen las unidades de paisaje, no una descripción independiente:

- **Relieve.** Cinco sistemas de topoformas reparten la unidad entre sierra alta —3,588.57 ha, 9.45 %—, sierra baja —3,960.70 ha, 10.43 %—, sierra baja con lomerío —19,908.61 ha, 52.43 %—, valle de laderas tendidas con lomerío —8,057.37 ha, 21.22 %— y llanura costera —2,456.51 ha, 6.47 %—. El relieve total de la cuenca es de 678.0 m, entre 32.0 y 710.0 m s. n. m.
- **Vegetación.** La selva baja caducifolia y su vegetación secundaria ocupan 20,541.57 ha, 54.09 % de la Región Ecológica, y su fenología caducifolia impone un contraste estacional de color y de textura de gran amplitud entre la temporada seca y la húmeda.
- **Agua.** 118.74 ha de cuerpos de agua, de las cuales 96.58 % son perennes, y una red de 650.047 km de la que 94.90 % es intermitente.
- **Actuaciones humanas.** 2,474.79 ha de localidades con superficie delimitada —de las cuales 1,806.16 ha corresponden a la mancha urbana de Culiacán Rosales y 668.63 ha a 29 localidades rurales amanzanadas—, 14,533.15 ha de superficie agropecuaria y 255.97 km de red vial.

Cuenca visual del Área del Proyecto

La compartimentación visual del territorio se resolvió por análisis de visibilidad sobre el modelo digital de elevación de 14.85 m de resolución de la Región Ecológica, elevando la superficie con la altura del dosel que corresponde a cada clase de vegetación y aplicando la corrección por curvatura terrestre y refracción atmosférica. El observador se sitúa a **2.50 m** sobre el terreno —la altura del ojo desde la cabina de un vehículo, no la del peatón, porque los observadores relevantes circulan por las vías— y el objetivo a **12.00 m**, altura de los edificios plurifamiliares de cuatro niveles que el proyecto contempla. Ambos criterios son conservadores: un ojo más alto y un objetivo más alto producen más visibilidad, y reportar más exposición nunca favorece al proyecto.

Los puntos de observación no se eligieron: se generaron sistemáticamente cada 50 m sobre la traza de las vías de relevancia —carreteras federales y estatales, bulevares y avenidas, excluidas las calles locales, los caminos y los retornos, que no representan exposición vehicular apreciable— y sobre los asentamientos humanos del Marco Geoestadístico. Resultaron **1,694 puntos de observación viales y 123 en localidades, 1,817 en total**, evaluados dentro del polígono completo de la Región Ecológica. El análisis se acotó a ese polígono y no a un radio: el borde de la unidad está a distancias distintas del proyecto, y un radio único lo desbordaría por el lado cercano y lo recortaría por el lejano.

Tabla 50. Cuenca visual del Área del Proyecto: puntos evaluados y puntos con vista por origen del observador.

Origen del observador	Puntos evaluados	Puntos con vista al proyecto	Puntos con vista (%)	Distancia mínima con vista (m)
Vías de relevancia	1,694	624	36.84	482.0

Origen del observador	Puntos evaluados	Puntos con vista al proyecto	Puntos con vista (%)	Distancia mínima con vista (m)
Localidades	123	33	26.83	529.1
Total	**1,817**	**657**	**36.16**	**482.0**

Fuente: análisis de visibilidad sobre el modelo digital de elevación de la Región Ecológica; INEGI, Red Nacional de Caminos y Marco Geoestadístico Nacional. Porcentajes calculados como cociente de puntos con vista entre puntos evaluados: 624 / 1,694 × 100 = 36.84 % y 33 / 123 × 100 = 26.83 %. Memoria de cálculo en el Anexo de análisis de paisaje.

Poco más de una tercera parte de los puntos de observación de la Región Ecológica tiene línea de visión hacia el proyecto, y el más próximo se sitúa a 482.0 m. La exposición es además más vial que residencial: tiene vista el 36.84 % de los puntos situados sobre vías y el 26.83 % de los situados en localidades, y ninguna posición de observación de la unidad —de ninguno de los dos orígenes— queda a menos de 482.0 m del sitio. Que la carga perceptual recaiga sobre observadores en tránsito y no sobre residentes con vista permanente no la reduce, pero sí define su naturaleza y la de la medida que le corresponde: es una exposición breve y repetida desde vialidad primaria, y como tal debe evaluarse. La lectura útil, sin embargo, no es el total sino su reparto por distancia, porque la percepción de un objeto no depende sólo de que sea visible sino de cuánto ocupa en el campo visual:

Tabla 51. Cuenca visual del Área del Proyecto: observadores viales por zona de percepción.

Zona de percepción	Rango de distancia (m)	Observadores viales	Con vista a la obra	Con vista (%)	Observadores en localidades	Con vista a la obra	Con vista (%)
Primer plano	0 – 800	44	42	95.45	1	1	100.00
Plano medio	800 – 8,000	686	474	69.10	55	25	45.45
Fondo escénico	> 8,000	964	108	11.20	67	7	10.45

Fuente: análisis de visibilidad sobre el modelo digital de elevación de la Región Ecológica. Los porcentajes son el cociente de observadores con vista entre observadores evaluados en cada zona; por ejemplo, 474 / 686 × 100 = 69.10 % en el plano medio vial.

La exposición decae con nitidez al alejarse: de 95.45 % en el primer plano vial a 11.20 % en el fondo escénico. Ese gradiente no es un artificio de la escala de análisis sino el efecto del relieve. La Región Ecológica es una cuenca alargada y disectada —integral hipsométrica de 0.177, cinco sistemas de topoformas— y a partir de los 8 km los lomeríos y sierras bajas del noreste interponen barreras topográficas que cierran la línea de visión desde la mayor parte del territorio. Las 964 posiciones viales del fondo escénico son, en su gran mayoría, puntos desde los que el proyecto sencillamente no se ve.

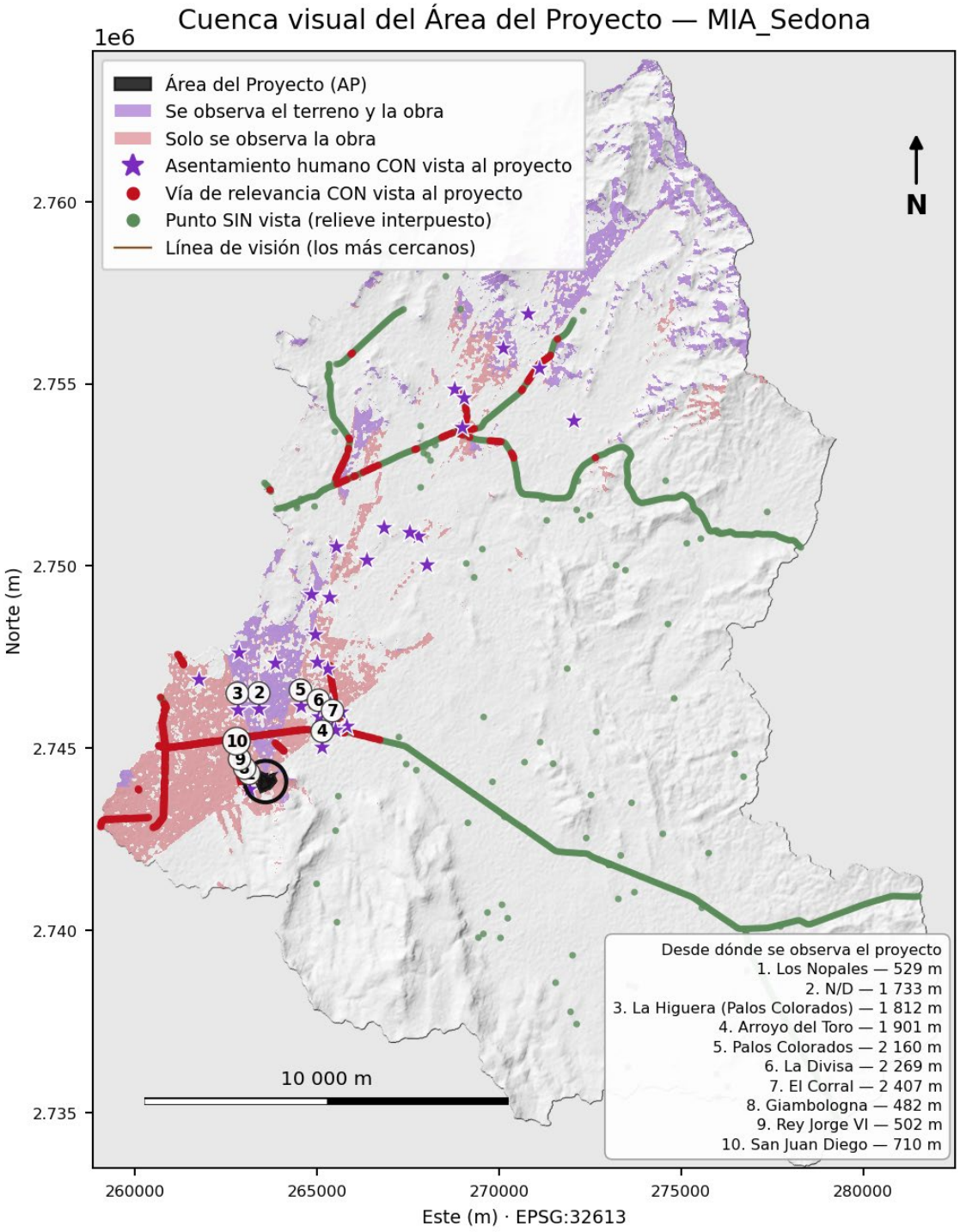
El mismo reparto tiene una lectura que el estudio no elude, y que es la que importa para dimensionar la medida: donde hay observador próximo, la vista es prácticamente segura —95.45 % de los puntos viales del primer plano y el único punto de localidad de esa zona—, de modo que la obra será visible para la totalidad práctica de quien circule a menos de 800 m. Ese conjunto es acotado —45 de los 1,817 puntos evaluados, 45 / 1,817 × 100 = 2.48 %— y está íntegramente en el frente urbano, lo que no atenúa la afectación, pero sí la localiza: es sobre esas posiciones, y no sobre el conjunto de la unidad, donde una medida de integración paisajística rinde efecto real y donde su eficacia podrá comprobarse. La Tabla 52 identifica desde qué vías y localidades concretas se produce esa observación.

Tabla 52. Vías y localidades desde las que se observa el Área del Proyecto.

Vía o localidad desde la que se observa el proyecto	Clase	Distancia mínima (m)	Puntos con vista
Avenida Giambologna	Avenida	482.0	4
Avenida Rey Jorge VI	Avenida	501.9	31
Localidad Los Nopales	Localidad	529.1	1
Avenida San Juan Diego	Avenida	710.3	24
Avenida El Capule	Avenida	916.8	18
Boulevard Francisco I. Madero	Boulevard	986.4	181
Carretera Culiacán – Tamazula	Carretera estatal	1,746.2	23
Localidad La Higuera (Palos Colorados)	Localidad	1,812.0	1
Localidad Arroyo del Toro	Localidad	1,901.4	1
Avenida Revolución	Avenida	2,542.7	138
Carretera Culiacán – Sanalona – Los Naranjos	Carretera estatal	2,862.0	21
Carretera Culiacán – Imala	Carretera estatal	8,203.9	40

Fuente: INEGI, Red Nacional de Caminos y Marco Geoestadístico Nacional; análisis de visibilidad del estudio. La Tabla 52 reúne las seis avenidas y bulevares con línea de visión más próximos al proyecto, las tres carreteras estatales con línea de visión y las tres localidades más próximas identificadas por nombre. Quedan fuera de él, por no estar nombrados en la cartografía oficial, un tramo de carretera estatal con línea de visión a 2,474.1 m y 32 puntos con vista y una localidad a 1,732.8 m con 5 puntos, que la figura siguiente representa como «N/D». El conjunto completo —17 vías y 29 localidades— consta en el Anexo de análisis de paisaje.

Los observadores próximos son urbanos, no rurales. Cinco de las seis posiciones de menor distancia son avenidas y bulevares del oriente de Culiacán Rosales —Giambologna a 482.0 m, Rey Jorge VI a 501.9 m, San Juan Diego a 710.3 m, El Capule a 916.8 m y Francisco I. Madero a 986.4 m—; la restante, y tercera más próxima del conjunto, es la localidad de Los Nopales, a 529.1 m con un solo punto de observación, única localidad rural del primer plano. El conjunto de mayor peso numérico lo aportan el Boulevard Francisco I. Madero con 181 puntos y la Avenida Revolución con 138. La carretera estatal más cercana, la de Culiacán a Tamazula, está a 1,746.2 m. Ese perfil de observador —tránsito urbano por vialidad primaria, no residente rural con vista permanente— es el que la evaluación del impacto perceptual debe considerar, y es coherente con la posición del Área del Proyecto en el borde inmediato de la mancha urbana.



Escala aproximada 1:200 000 · DEM dem15_RE.tif (14.8 m) · altura de obra considerada: 12 m

Figura 36. Cuenca visual del Área del Proyecto sobre la Región Ecológica. Se distinguen la superficie desde la que se observan el terreno y la obra y aquella desde la que sólo se observa la obra por su altura de 12.00 m; los puntos de observación se clasifican en aquellos con línea de visión y aquellos en los que el relieve la interrumpe. La superficie expuesta dibuja dos lóbulos: el frente urbano al Oeste y al Suroeste del sitio, donde predomina la superficie desde la que sólo se observaría la obra por su altura, y una banda que asciende hacia el Nornoreste por el corredor del río Tamazula, donde el terreno alterado sí queda a la vista; el sector oriental y el meridional de la unidad permanecen visualmente cerrados por los lomeríos. Sistema de referencia UTM WGS84 zona 13N (EPSG:32613); escala aproximada 1:200 000. Fuente: elaboración sobre el modelo digital de elevación de la Región Ecológica y sobre la Red Nacional de Caminos y el Marco Geoestadístico Nacional del INEGI.

La figura separa dos superficies que conviene no confundir. Desde **1,586.72 ha —4.18 % de la Región Ecológica— se observaría el terreno alterado**, y desde **3,755.44 ha —9.89 %— se observaría la obra**, que alcanza 12.00 m de altura. La diferencia entre ambas, 2,168.72 ha (3,755.44 − 1,586.72), la produce íntegramente el volumen edificado: el 57.75 % de la cuenca visual del proyecto no existe por el desmonte sino por la altura de los edificios, y es la franja urbana inmediata la que se encuentra en esa condición, mientras que las superficies desde las que se vería el terreno despejado se sitúan en el corredor que asciende al Nornoreste. La consecuencia para el diseño es directa y conviene fijarla desde la línea base: la exposición perceptual del proyecto se gobierna antes sobre el volumen construido —su altura, su tratamiento cromático y el borde que presente hacia la ladera— que sobre la superficie despejada, y es esa distinción, ya cuantificada, la que el capítulo de identificación y evaluación de impactos recibe para valorar.

Capacidad de acogida visual y fragilidad del paisaje

La fragilidad visual de un paisaje es su incapacidad de absorber una modificación sin que se perciba. Se mide comparando la cuenca visual que existiría sobre un terreno desnudo con la que resulta cuando la vegetación se interpone como pantalla: la diferencia es la superficie que el ecosistema absorbe por sí solo, sin medida alguna.

Tabla 53. Superficie de cuenca visual del Área del Proyecto según la condición del análisis.

Condición del análisis	Superficie de cuenca visual (ha)	Porcentaje de la Región Ecológica (%)
Sobre terreno desnudo	6,015.06	15.84
Con la vegetación como pantalla	3,755.44	9.89
Superficie absorbida por el ecosistema	**2,259.61**	**5.95**

Fuente: análisis de visibilidad del estudio. La superficie absorbida es la diferencia entre las dos primeras filas: 6,015.06 − 3,755.44 = 2,259.61 ha. Los porcentajes se calculan sobre las 37,971.75 ha de la Región Ecológica; por ejemplo, 3,755.44 / 37,971.75 × 100 = 9.89 %.

La vegetación existente absorbe 2,259.61 ha de exposición visual, 37.6 % de la cuenca visual que habría sobre terreno desnudo. Ese es el dato que califica la fragilidad del paisaje de la unidad, y conviene leerlo en sus dos direcciones. Por un lado, la cuenca visual efectiva del proyecto se reduce a **3,755.44 ha, 9.89 % de la Región Ecológica**: nueve de cada diez hectáreas de la unidad no tienen línea de visión hacia el sitio. Por otro, el 62.4 % restante de la exposición —100 % − 37.6 %— no lo absorbe nada: son las superficies donde la pantalla vegetal no existe o es insuficiente, y donde una medida de integración paisajística tendría efecto real.

La distribución de esa capacidad de pantalla en el territorio explica el reparto:

Tabla 54. Origen de la altura de pantalla vegetal empleada en el análisis de visibilidad.

Origen de la altura de pantalla	Superficie (ha)	Porcentaje de la Región Ecológica (%)
Clases forestales con altura de dosel asignada	21,505.46	56.64
Superficie sin dosel que apantalle	16,452.92	43.33
Área del Proyecto, tratada en el análisis como superficie ya desmontada	13.43	0.04

Fuente: INEGI, Conjunto de datos de uso del suelo y vegetación Serie VII, recortado a la Región Ecológica; CONAFOR, Inventario Nacional Forestal y de Suelos, altura de dosel por clase Serie VII en la ecorregión Planicie Costera, Lomeríos y Cañones del Occidente. Superficies calculadas sobre la malla del modelo digital de elevación de 14.85 m. Los porcentajes se calculan sobre las 37,971.75 ha de la Región Ecológica; por ejemplo, 21,505.46 / 37,971.75 × 100 = 56.64 %.

Cuatro clases forestales —selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia y sus dos vegetaciones secundarias— aportan la totalidad de la pantalla, sobre 21,505.46 ha, 56.64 % de la unidad. Las tres clases restantes del ámbito —agricultura de temporal anual, asentamientos humanos y pastizal inducido— se declararon sin pantalla arbórea, criterio conservador que no atribuye capacidad de absorción a superficies que no la tienen de forma continua. El Área del Proyecto —las 13.43 ha que ocupa sobre la malla de 14.85 m del modelo de elevación— se trata en el análisis como superficie ya desmontada, de modo que la cuenca visual reportada es la del escenario con obra y no la del terreno actual: el cálculo no se acredita a sí mismo la pantalla que el proyecto va a retirar.

Una precisión metodológica que condiciona la lectura de estas cifras: **la altura de pantalla procede en su totalidad del inventario nacional forestal por clase de vegetación, no de la medición de altura de los individuos del predio.** El criterio es defendible a escala de la Región Ecológica —donde ninguna medición de predio podría cubrir 37,971.75 ha— y es además conservador, porque asigna a cada clase la mediana regional y no el máximo. Su consecuencia es que la absorción reportada describe el comportamiento medio del ecosistema regional, no el de un rodal particular.

Puestos juntos, los dos resultados definen la condición perceptual de la unidad: **un paisaje de fragilidad visual moderada, cuya vegetación absorbe algo más de un tercio de la exposición potencial, con una cuenca visual efectiva que no alcanza la décima parte de la Región Ecológica y cuyos observadores próximos son el tránsito de las vialidades primarias del oriente de Culiacán Rosales.** No es un paisaje de alta calidad escénica preservada ni un mirador panorámico: es el borde donde la ciudad y el remanente de selva ya están en contacto, y el proyecto se inserta en el sector de la cuenca que hoy soporta la mayor carga visual antrópica. Eso describe el entorno, no exime al predio: la calificación de la superficie que el proyecto altera se establece más adelante en este mismo apartado y resulta superior a la media de la unidad, de modo que la moderación de la fragilidad regional no se traslada sin más al sitio.

La calidad visual del territorio, calificada por factores

La calificación por factores no se sustituye por una descripción cualitativa del territorio. Calificar un paisaje con adjetivos —«agreste», «de gran belleza», «poco alterado»— produce un texto que no es verificable ni comparable entre unidades, y que ningún evaluador puede contrastar. El método del Bureau of Land Management existe precisamente para convertir esa impresión en una calificación reproducible, y es el que este apartado aplica.

Cinco factores, y por qué cinco y no siete. El esquema de gestión de recursos visuales califica el paisaje por relieve, vegetación, agua, singularidad, alteraciones antrópicas, color y calidad del entorno adyacente.

Los cinco primeros se resuelven con insumos estructurados del territorio y son los que aquí se aplican. **El color y la calidad del entorno adyacente quedan fuera, y se declara por qué:** ambos exigen observación de campo o fotointerpretación dirigida, y ningún insumo del estudio los soporta; calificarlos por impresión sería devolver al método el adjetivo que vino a sustituir.

Cuánto pesa cada factor. El reparto no lo fija el método sino el responsable del estudio, porque qué hace valioso a un paisaje cambia con el ecosistema:

Tabla 55. Factores, pesos y escalas de calificación de la calidad visual.

Factor	Peso	Escala de calificación
Vegetación	0.35	naturalidad de la clase, de 1 (zona urbana) a 5 (selva mediana subcaducifolia)
Relieve	0.30	pendiente en grados: menor de 5° = 1; de 5 a 15° = 3; mayor de 15° = 5
Alteraciones antrópicas	0.20	distancia a lo antrópico: menos de 200 m = 5; de 200 a 1,000 m = 3; más de 1,000 m = 1, y **resta**
Agua	0.10	distancia a cauce o cuerpo de agua: menos de 100 m = 5; de 100 a 500 m = 3; más de 500 m = 1
Singularidad	0.05	incidencia en área natural protegida

Fuente: pesos y escalas de calificación definidos para este estudio conforme al método de gestión de recursos visuales del Bureau of Land Management (Manual 8410, Visual Resource Inventory); la clase de vegetación procede de la carta de uso del suelo y vegetación Serie VII del INEGI, la pendiente del modelo digital de elevación y las distancias de la red hidrográfica y de la capa de asentamientos del Marco Geoestadístico del INEGI.

La vegetación pesa más porque en la selva baja caducifolia la cubierta es lo que define la escena, y el relieve la sigue de cerca porque en el borde serrano del oriente de Culiacán la pendiente discrimina de verdad. Las alteraciones antrópicas pesan 0.20 por ser el factor que más separa hacia abajo. La singularidad recibe el peso menor y **no discrimina espacialmente en este proyecto**: la Región Ecológica no incide en ninguna de las dos capas oficiales de áreas protegidas cruzadas en la vinculación del Capítulo II, de modo que el factor toma su valor mínimo en todo el ámbito. Se conserva en el método porque otro proyecto sí lo tendrá, y su peso se declara en lugar de repartirse en silencio.

El resultado sobre el ámbito. La calidad visual del conjunto de la Región Ecológica arroja una media de **1.21** y una mediana de **1.31** en la escala del índice, calculadas sobre la totalidad de la unidad y sin superficie sin calificar. El índice recorre en el ámbito valores de **−1.29 a 2.85**, y son esos dos extremos —no una escala teórica— la referencia contra la que debe leerse cualquier valor puntual del territorio, incluido el de la superficie que el proyecto altera. La distribución por clases es la que sigue:

Tabla 56. Calidad visual de la Región Ecológica por clase.

Clase de calidad visual	Superficie (ha)	Porcentaje del ámbito
Muy baja	588.20	1.55
Baja	4,928.50	12.98
Media-baja	7,094.65	18.68

Clase de calidad visual	Superficie (ha)	Porcentaje del ámbito
Media	12,366.81	32.57
Media-alta	11,865.20	31.25
Alta	1,128.39	2.97
Total	**37,971.75**	**100.00**

Fuente: análisis de calidad visual por el método de gestión de recursos visuales del Bureau of Land Management, sobre el modelo digital de elevación, la carta de uso del suelo y vegetación Serie VII del INEGI, el Marco Geoestadístico del INEGI para el estado de Sinaloa y la red hidrográfica del proyecto (Anexo III.B). Proyección UTM zona 13 Norte, datum WGS84 (EPSG:32613).

Las unidades de paisaje. De esa calificación se derivan **106 unidades de paisaje**, delimitadas por los cortes de clase declarados y depuradas absorbiendo en su vecina las manchas menores a la unidad mínima cartografiable, de modo que no se pierde superficie. Las unidades no son una delimitación independiente del dato: son su lectura cartográfica, y su frontera es la del cambio de clase una vez generalizada a la unidad mínima cartografiable. Esa generalización reasignó a su unidad vecina 6,693 manchas y 7,164.72 ha, el 18.87 % del ámbito —7,164.72 / 37,971.75 × 100—. La consecuencia condiciona el uso del resultado y por eso se declara: el mapa de unidades es legible a la escala regional a la que se construyó, 1:200 000, y no al detalle predial, donde la referencia es el ráster de calidad del que las unidades proceden.

Lo que esta distribución dice, y es lo que importa para la evaluación. Casi dos tercios del territorio —el **63.82 %**, suma de 32.57 % y 31.25 %— se concentran en las clases media y media-alta, y sólo el **2.97 %** alcanza la calidad alta. No es un territorio de excepción escénica: es un mosaico de calidad intermedia donde el remanente de selva sostiene la calificación y la proximidad de la ciudad la baja.

La superficie que el proyecto altera se califica en 1.70, y el dato hay que leerlo en sus términos: ese valor queda por encima de la media del ámbito —1.21— y también de su mediana —1.31—, dentro del recorrido de −1.29 a 2.85 que el índice presenta en la unidad. La explicación es la composición del predio y no un azar del cálculo: aunque el sitio se sitúa en el borde urbano oriental de Culiacán Rosales, 12.5570 ha de sus 13.4689 ha —93.23 %— sostienen selva baja caducifolia, y la cubierta vegetal es el factor de mayor peso del método, 0.35. Es esa cubierta la que eleva la calificación del predio por encima de la de más de la mitad del territorio de la Región Ecológica. El estudio no lo presenta de otro modo: **la afectación perceptual recae sobre un fragmento de calidad visual superior a la del paisaje medio de la unidad**, en el frente donde la mancha urbana y la ladera forestada ya están en contacto. Reconocerlo es la condición para dimensionar bien la respuesta, porque una calificación baja supuesta produciría medidas subdimensionadas.

Ese valor de 1.70 es el que ancla la **intensidad** del impacto perceptual en el capítulo de identificación y evaluación de impactos; la **extensión** la anclan las 3,755.44 ha de cuenca visual, 9.89 % de la unidad. Las dos se calculan aquí, sobre el paisaje que hay y antes de cualquier obra, para que aquel capítulo las consuma sin recalcularlas y valore sobre ellas la integración paisajística que corresponda.

Queda además **fuera del alcance de este capítulo**, y se declara como tal, el **color y la calidad visual del entorno adyacente inmediato al proyecto**, que dependen de observaciones de campo que el levantamiento no incluyó. Y queda fuera por naturaleza, no por falta de dato, la **valoración del impacto perceptual y de la población expuesta**: este apartado establece cuánta superficie y qué observadores tienen línea de visión hacia el sitio, que es un atributo medible del territorio; cuánta gente hay detrás de esos observadores y qué magnitud de impacto resulta de la interacción corresponden al capítulo de identificación y evaluación de impactos, que es donde se valora.

III.3 Metodología y resultados de los muestreos de flora y fauna

La caracterización biológica de la Región Ecológica descansa en un levantamiento de campo propio, ejecutado en las tres escalas del estudio, cuyos resultados alimentan los apartados III.4, III.5 y III.7. Este apartado establece cómo se obtuvieron esos datos, con qué esfuerzo, bajo qué criterio se eligieron los sitios y con qué procedimiento se llevaron a una base comparable; y qué tan completo resultó el inventario obtenido.

La organización responde a que en este estudio ninguna cifra biológica puede leerse sin conocer dos cosas: **el criterio de homologación con que se seleccionaron los sitios de la Región Ecológica** —que determina qué representan sus cifras y qué no— y **la regla de normalización del esfuerzo** —que es la que permite comparar unidades de muestreo de superficies distintas—. Ambas se desarrollan en III.3.1.

- **III.3.1** — diseño, criterio de selección de sitios, esfuerzo por escala y estrato, y procedimiento de normalización.
- **III.3.2** — estimadores de riqueza, curvas de acumulación y completitud del inventario por escala, estrato y grupo faunístico.

Los resultados de abundancia, valor de importancia y diversidad se presentan en el apartado III.5; las especies con categoría de riesgo y los endemismos, en el III.4.

III.3.1 Resumen y metodología de muestreos

III.3.1.1 Diseño de muestreo de flora y criterio de selección de sitios

El levantamiento de flora se realizó en **38 sitios de muestreo** distribuidos en las tres escalas: 19 sitios en el Área del Proyecto, 9 en el Área de Influencia y 10 en la Región Ecológica. Todos los sitios están georreferenciados en UTM WGS84 zona 13N (EPSG:32613) y su ubicación se reporta en el anexo de campo del estudio.

En cada sitio se levantaron cinco bloques de captura —arbóreo, regeneración, arbustivo, otras formas de vida y herbáceo— en unidades anidadas de superficie distinta según el bloque: parcelas de 500 a 1,000 m² para el arbolado joven y adulto, parcelas anidadas de 100 m² para el renuevo, y cuadros menores para el estrato herbáceo. De cada individuo se registró el nombre científico y común, el diámetro normal o basal, la altura y los dos diámetros de copa, además del número de individuos representado por el registro.

El criterio de selección de los sitios de la Región Ecológica es el punto metodológico que gobierna la interpretación de todas sus cifras, y por eso se declara aquí y no en una nota al pie. Los diez sitios de la Región Ecológica no se distribuyeron al azar sobre las 37,971.75 ha de la microcuenca, ni se repartieron proporcionalmente entre sus clases de vegetación. Se ubicaron **donde la cuenca presenta el mismo tipo de vegetación que el área sujeta a cambio de uso de suelo —selva baja caducifolia— y en condiciones análogas de conservación, exposición y grado de perturbación**, excluyendo deliberadamente los rodales de otro tipo de vegetación y los de condición distinta.

El objeto de ese diseño no es caracterizar la Región Ecológica "en promedio". Es construir el **término homólogo** contra el cual se mide la afectación: la pregunta que el muestreo regional debe contestar no es cuánta diversidad hay en la cuenca considerada como un todo heterogéneo, sino cómo se compara la comunidad que el proyecto va a intervenir con la misma comunidad, en el mismo estado, fuera de su alcance. Una muestra aleatoria sobre las 37,971.75 ha habría promediado selva baja caducifolia con agricultura de

temporal, pastizal inducido y superficie urbana, y habría producido un valor de referencia que no describe a ninguna comunidad real y contra el cual la comparación carecería de sentido ecológico.

De ese criterio se siguen tres consecuencias que deben acompañar a toda lectura de las cifras regionales de este capítulo:

Primera: el alcance de las cifras está acotado. Los índices, densidades y valores de importancia calculados para la escala Región Ecológica describen la selva baja caducifolia de la microcuenca en condición análoga a la del predio. **No se extrapolan** a rodales de otra condición, a la selva mediana subcaducifolia de las partes altas, ni a las superficies agropecuarias o urbanas de la cuenca.

Segunda: la concentración espacial de los sitios es consecuencia del criterio, no una limitación de campo. Los diez sitios de la Región Ecológica se agrupan en el sector nororiental de la microcuenca, entre las coordenadas 265,982 y 275,449 m Este y 2,743,478 y 2,757,626 m Norte. Esa agrupación refleja dónde persisten los rodales homólogos, no dónde fue posible llegar.

Tercera: la diversidad beta que miden los índices es la mínima esperable. Como las unidades de muestreo son homogéneas por diseño, el recambio de especies que se reporta entre sitios y entre escalas en el apartado III.5 corresponde al mínimo que cabe esperar de un conjunto de rodales del mismo tipo y condición; no es un promedio de la heterogeneidad de la cuenca.

III.3.1.2 Alcance temporal del levantamiento

El levantamiento de flora y fauna se realizó en una sola temporada: la seca. Se declara como limitación de alcance del estudio, y de ella se derivan las siguientes acotaciones:

- Las cifras de riqueza, abundancia, densidad y diversidad describen la comunidad tal como se expresa en la **temporada seca**. No se afirma que sean el promedio anual ni el máximo del ciclo.
- **No se emiten inferencias sobre variación estacional** ni sobre la temporada del año en que la comunidad alcanza su mayor o menor diversidad. Cualquier afirmación de ese tipo requeriría un segundo levantamiento en temporada húmeda.
- Los estimadores de riqueza del apartado III.3.2 miden la completitud del inventario **dentro de la temporada muestreada**, no respecto del acervo anual de la comunidad.
- El componente de la comunidad que sólo es detectable en la temporada húmeda —herbáceas anuales de germinación estacional, anfibios en actividad reproductiva, aves migratorias de verano— no está representado en las cifras. **Su ausencia en las tablas es consecuencia del alcance temporal declarado y no un hallazgo de campo.**

La ausencia de una segunda temporada no invalida los resultados obtenidos: la selva baja caducifolia en temporada seca conserva íntegra su estructura leñosa —los individuos arbóreos y arbustivos están presentes y son medibles aunque hayan perdido la hoja—, que es precisamente el componente sobre el que recae la afectación del proyecto y el que sustenta el cálculo de la superficie y del volumen involucrados.

III.3.1.3 Normalización del esfuerzo: la hectárea tipo

Las unidades de muestreo de este levantamiento tienen **superficies distintas entre sí, incluso dentro de un mismo estrato y un mismo sitio**. Esa condición es propia del diseño anidado —una parcela de 1,000 m² para el arbolado contiene una subparcela de 100 m² para el renuevo— y también de los ajustes que la topografía y la densidad de la vegetación imponen en campo.

Sumar directamente los conteos de unidades de superficie distinta produciría un resultado sin sentido: un mismo número de individuos significa una densidad diez veces mayor en 100 m² que en 1,000 m². Para evitarlo, **cada observación se lleva a una hectárea tipo antes de cualquier análisis**, mediante la expansión

`valor_ha = valor_observado × 10,000 / área_medida_m²`

donde el denominador es la **superficie efectivamente medida de la unidad que contiene el registro**, no la superficie nominal del estrato ni un factor de expansión precalculado. Sobre esa base común se construyen todos los agregados:

1. Los registros de una misma especie se **suman después de normalizados**, dentro de cada combinación de escala, estrato y sitio.

2. Para formar la hectárea tipo de una escala y un estrato se calcula la **media aritmética** de los valores por hectárea de los sitios observados de ese estrato. Una especie ausente de un sitio que sí contiene registros del estrato aporta cero; un sitio en el que el estrato no se muestreó no se inserta como cero.

3. La **frecuencia** de una especie es el número de sitios donde está presente dividido entre los sitios observados del estrato; un sitio cuenta una sola vez aunque la especie aparezca en varias subunidades.

4. Los índices de diversidad se calculan sobre el vector de densidades medias por hectárea, y la riqueza conserva las especies con densidad positiva.

Los cinco bloques de captura se consolidan en **cuatro estratos analíticos**. El arbóreo y la regeneración se integran en un solo estrato, `Arbóreo y regeneración`, porque representan a las mismas especies en clases dimensionales distintas —el mismo taxón aparece como adulto en la parcela grande y como renuevo en la anidada—, y separarlos partiría artificialmente la población de cada especie. Los estratos arbustivo, otras formas de vida y herbáceo se conservan separados. La normalización de cada registro ocurre **antes** de la integración, de modo que la fusión de bloques no mezcla superficies.

Para el índice de valor de importancia, la **dominancia se calcula con cobertura de copa** en los cuatro estratos: área elíptica `π × copa$_1$ × copa$_2$ / 4` en los estratos arbóreo y regeneración, arbustivo y otras formas de vida, multiplicada por la cantidad geométrica representada y normalizada con la superficie medida; y cobertura registrada del sitio expresada por hectárea en el estrato herbáceo. El área basal no interviene en el índice de valor de importancia.

Los cálculos se realizan con precisión completa y el redondeo a dos decimales se aplica sólo al publicar, conservando los decimales necesarios cuando un valor no nulo es menor que 0.01.

Un registro del estrato arbóreo de la Región Ecológica corresponde a una bifurcación de un individuo cuyo fuste principal no fue contabilizado —*Handroanthus chrysanthus*, conocido localmente como amapa amarilla—, por lo que aporta presencia pero no densidad. Ese taxón se documenta como presente en el listado de campo y **no entra al vector de densidades ni a los índices** de esa escala, que se calculan sobre 28 especies con densidad positiva. La misma especie sí aporta densidad en el Área de Influencia, donde su fuste principal sí fue medido.

III.3.1.4 Esfuerzo de muestreo de flora

Tabla 57. Esfuerzo de muestreo de flora por escala y estrato analítico.

Escala	Estrato analítico	Sitios con registros	Unidades de muestreo	Superficie muestreada (m²)	Registros de campo	Individuos
AI	Arbóreo y regeneración	9	15	9,600	259	224
AI	Arbustivo	9	18	9,900	206	315
AI	Herbáceo	3	3	60	5	86
AI	Otras formas de vida	8	11	6,500	61	84
AP	Arbóreo y regeneración	19	37	19,900	350	333
AP	Arbustivo	19	38	20,900	523	614
AP	Herbáceo	13	13	260	16	680
AP	Otras formas de vida	13	24	14,100	57	113
RE	Arbóreo y regeneración	10	21	10,400	278	264
RE	Arbustivo	10	16	4,500	104	164
RE	Herbáceo	10	10	30	32	244
RE	Otras formas de vida	9	9	900	24	43

Fuente: levantamiento de flora del estudio, temporada seca; conteo de unidades de muestreo materializadas por combinación de escala, estrato y superficie medida. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

El esfuerzo total asciende a **215 unidades de muestreo y 97,050 m² de superficie efectivamente medida**, sobre los que se registraron 1,915 observaciones de campo correspondientes a 3,164 individuos. La distribución por escala sigue al número de sitios: el Área del Proyecto, con 19 sitios, concentra 112 unidades y 55,160 m²; el Área de Influencia, con 9 sitios, 47 unidades y 26,060 m²; y la Región Ecológica, con 10 sitios, 56 unidades y 15,830 m².

Tres rasgos del esfuerzo merecen atención porque condicionan la lectura de los apartados siguientes.

El estrato arbustivo es el que aporta más registros en el Área del Proyecto —523 observaciones de 614 individuos sobre 20,900 m²—, mientras que en la Región Ecológica el peso se desplaza al estrato arbóreo y de regeneración —278 observaciones de 264 individuos—. La diferencia no es de método sino de estructura de la comunidad, y se retoma en el análisis del apartado III.5.

El estrato herbáceo se muestreó con superficies mucho menores —260 m² en el Área del Proyecto, 60 m² en el Área de Influencia y 30 m² en la Región Ecológica—, como corresponde a la escala de la vegetación herbácea. Ese hecho explica por qué sus densidades por hectárea son de un orden de magnitud muy superior al de los estratos leñosos: en el Área del Proyecto la densidad herbácea total alcanza 26,153.85 individuos·ha^{-1} frente a 682.11 del estrato arbóreo. La comparación entre estratos debe hacerse con índices de diversidad, que son adimensionales, y no con densidades absolutas.

El estrato herbáceo no se levantó en todos los sitios: 13 de 19 en el Área del Proyecto, 3 de 9 en el Área de Influencia y 10 de 10 en la Región Ecológica. Los sitios sin registro del estrato no se insertan como ceros, conforme a la regla de agregación descrita. La consecuencia es que la riqueza herbácea del Área de Influencia —3 especies sobre 3 sitios— descansa en una base muestral estrecha, y así se declara en la interpretación de sus índices.

III.3.1.5 Diseño de muestreo y esfuerzo de fauna

La fauna se registró mediante **puntos de conteo** para las aves y **transectos de recorrido** para mamíferos y reptiles, en la misma temporada seca. A diferencia de la flora, el muestreo de fauna no presenta el problema de superficies variables: las unidades son homogéneas y comparables entre sí, por lo que **los registros se emplean tal como los reportó el levantamiento**, sin normalización.

Tabla 58. Diseño y esfuerzo de muestreo de fauna por escala, grupo y técnica de registro.

Escala	Grupo	Técnica de registro	Unidades de muestreo	Individuos registrados	Riqueza observada	Individuos por unidad	Chao 2	ICE
AP	Aves	Puntos de conteo	7	135	29	19.29	29.00	29.00
AP	Mamíferos	Transectos de recorrido	6	11	3	1.83	3.00	3.00
AP	Reptiles	Transectos de recorrido	7	17	4	2.43	4.00	4.00
AI	Aves	Puntos de conteo	3	147	37	49.00	(1)	(1)
AI	Mamíferos	Transectos de recorrido	3	20	6	6.67	(1)	(1)
AI	Reptiles	Transectos de recorrido	3	28	11	9.33	(1)	(1)
RE	Aves	Puntos de conteo	4 (7 fusionado con AI)	155	39	38.75	43.00	43.00
RE	Mamíferos	Transectos de recorrido	4 (7 fusionado con AI)	17	6	4.25	7.00	7.00
RE	Reptiles	Transectos de recorrido	4 (7 fusionado con AI)	33	12	8.25	12.00	12.00

Fuente: levantamiento de fauna del estudio, temporada seca. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad. (1) Chao 2 e ICE del Área de Influencia no se calculan sobre su propio esfuerzo —tres alineamientos son insuficientes para un estimador de incidencia propio—: el apartado III.3.2 fusiona su curva con la de la Región Ecológica, y esa cifra fusionada es la que las columnas de la Región Ecológica reportan.

El esfuerzo faunístico comprende **41 unidades de muestreo** —7 puntos de conteo y 13 transectos en el Área del Proyecto, y 7 puntos de conteo y 14 transectos en el conjunto Área de Influencia + Región Ecológica— sobre las que se registraron **163 individuos en el Área del Proyecto, 195 en el Área de Influencia y 205 en la Región Ecológica sobre su propio esfuerzo**, de 36, 54 y 57 especies respectivamente.

Se registraron tres grupos: aves, mamíferos y reptiles. Las aves aportan la mayor parte de los registros en las tres escalas —135 de 163 individuos en el Área del Proyecto, 82.82 %; 147 de 195 en el Área de Influencia, 75.38 %; y 155 de 205 en la Región Ecológica, 75.61 %—, lo que es el resultado esperable de un grupo diverso, diurno, conspicuo y detectable por canto además de por avistamiento.

No se observaron anfibios en campo. El resultado corresponde a la biología del grupo en las selvas secas del Pacífico mexicano: durante la estación seca los anfibios permanecen inactivos y refugiados, y su detección exige las noches de lluvia de la temporada húmeda. Se consigna como no observado y así se considera en todo el capítulo; ninguna conclusión del estudio depende de este grupo.

III.3.1.6 Asignación georreferenciada de las unidades de muestreo de fauna

El muestreo de fauna se materializó sobre **catorce alineamientos rectos de 100.00 m cada uno —siete en el Área del Proyecto y siete en el conjunto regional—**, y sobre cada alineamiento se ejecutaron tanto el punto de conteo de aves como los recorridos de mamíferos y de reptiles. Ésa es la relación entre los catorce alineamientos y las 41 unidades de muestreo de la Tabla 58: **el cuadro cuenta unidades por grupo**, de modo que un mismo alineamiento aporta una unidad al conteo de aves, otra al de mamíferos y otra al de reptiles. El registro de mamíferos del Área del Proyecto se reporta sobre seis de los siete alineamientos, y de ahí que esa escala sume 20 unidades y la regional 21.

Tabla 59. Asignación georreferenciada de las unidades de muestreo de fauna.

Identificador	Escala de adscripción	X inicio (m)	Y inicio (m)	X fin (m)	Y fin (m)	Longitud (m)
AP-1	Área del Proyecto	263,485	2,743,909	263,557	2,743,978	100.00
AP-2	Área del Proyecto	263,496	2,744,091	263,511	2,743,992	100.00
AP-3	Área del Proyecto	263,649	2,744,017	263,580	2,744,090	100.00
AP-4	Área del Proyecto	263,693	2,744,101	263,759	2,744,026	100.00
AP-5	Área del Proyecto	263,445	2,744,278	263,536	2,744,237	100.00
AP-6	Área del Proyecto	263,431	2,744,204	263,520	2,744,159	100.00
AP-7	Área del Proyecto	263,644	2,744,184	263,743	2,744,172	100.00
R-1	Área de Influencia	263,866	2,743,955	263,966	2,743,955	100.00
R-2	Área de Influencia	263,587	2,743,818	263,642	2,743,734	100.00
R-3	Área de Influencia	264,040	2,744,284	264,097	2,744,202	100.00

Identificador	Escala de adscripción	X inicio (m)	Y inicio (m)	X fin (m)	Y fin (m)	Longitud (m)
R-4	Región Ecológica	267,514	2,753,320	267,584	2,753,391	100.00
R-5	Región Ecológica	269,029	2,752,414	269,066	2,752,321	100.00
R-6	Región Ecológica	269,710	2,751,865	269,803	2,751,901	100.00
R-7	Región Ecológica	273,742	2,753,663	273,831	2,753,708	100.00

Fuente: alineamientos de los transectos y puntos de conteo del levantamiento de fauna del estudio. Coordenadas en UTM WGS84 zona 13 norte (EPSG:32613); longitud medida sobre el alineamiento. Escala de adscripción determinada por contención geométrica del alineamiento completo en el polígono de cada escala. Anexo de campo del estudio.

El criterio de adscripción es geométrico y no admite juicio: cada alineamiento se asigna a la escala más fina cuyo polígono lo contiene por completo. Los siete alineamientos del predio quedan íntegramente dentro de las 13.4689 ha del Área del Proyecto. De los siete alineamientos del conjunto regional, **tres —R-1, R-2 y R-3— quedan íntegramente dentro de las 276.19 ha del Área de Influencia y ninguno toca el Área del Proyecto**, y los **cuatro restantes —R-4 a R-7— se localizan en el resto de la Región Ecológica**, en el sector nororiental de la microcuenca, entre 267,514 y 273,831 m Este. Los tres primeros rodean al predio a corta distancia de su límite —R-2 al Sur, a 106 m; R-1 al Este-sureste, a 148 m; R-3 al Este-noreste, a 254 m—, mientras que los cuatro últimos se sitúan entre 9,683 y 13,756 m, al Nor-noreste y al Noreste.

Esa distribución responde al mismo criterio de homologación que gobierna la ubicación de los sitios de flora de la Región Ecológica y que el apartado III.3.1.1 declara: **las unidades regionales se colocaron donde persiste selva baja caducifolia en condición análoga a la del área sujeta a cambio de uso de suelo**, no repartidas de forma proporcional sobre las 37,971.75 ha de la unidad. Que tres de las siete caigan en el anillo inmediato al predio y cuatro se agrupen en el sector nororiental **es consecuencia de dónde persisten esos rodales**, no de hasta dónde fue posible llegar. De ello se sigue la misma acotación de alcance: las cifras de riqueza, abundancia y diversidad de la escala regional describen la fauna asociada a la selva baja caducifolia de la microcuenca en condición comparable a la del predio, y **no se extrapolan** a los cuerpos de agua, a las superficies agropecuarias ni a la mancha urbana que también integran la unidad.

La consecuencia práctica para la evaluación es doble y conviene enunciarla sin rodeos. Primero, **el Área de Influencia sí tiene unidades de muestreo de fauna georreferenciadas —tres— y su ubicación es la más informativa del conjunto**, porque es la franja donde el proyecto puede desplazar fauna sin eliminarla: los individuos ahuyentados durante el desmonte se mueven hacia ese anillo, no hacia el sector nororiental. Segundo, **esas tres unidades sí producen una cifra propia de riqueza, abundancia y composición** —la que el apartado III.3.1.5 reporta bajo la escala Área de Influencia (147 individuos, 37 especies de aves; 20 individuos, 6 especies de mamíferos; 28 individuos, 11 especies de reptiles) y que los apartados III.4, III.5 y III.7 desarrollan como una tercera escala, distinta de la Región Ecológica—. Lo único que se agrega con el esfuerzo de los cuatro alineamientos restantes es la curva de acumulación para el estimador de incidencia (Chao 2, ICE), porque tres alineamientos por sí solos no sostienen una curva confiable, tal como declara la nota del cuadro del apartado III.3.1.5. En consecuencia, este capítulo sí compara al Área de Influencia contra la Región Ecológica en materia de fauna, con la cifra propia de cada escala; lo que la Tabla 59 de

coordenadas no permite —porque no contiene datos de riqueza ni de abundancia— es reconstruir esa comparación a partir de él.

III.3.1.7 Periodo y horario de ejecución del levantamiento

El levantamiento de campo se ejecutó **del 3 al 15 de mayo de 2026**. Los recorridos y los puntos de conteo dentro de cada transecto se realizaron en horario de **08:00 a 18:00 h**.

Ese calendario no es un dato administrativo: **fija el estado en que se observó la comunidad y, con él, lo que era detectable y lo que no**. Mayo es el mes más cálido y más seco del año en la unidad —27.9 °C de temperatura media y 1.1 mm de precipitación en la estación Culiacán (DGE), y 26.7 °C con 0.9 mm en Sanalona II, según las normales climatológicas que reporta el apartado III.2.1—, y cierra el trimestre de marzo a mayo en que la lluvia se interrumpe casi por completo. El levantamiento se ejecutó, por tanto, en el extremo seco del ciclo anual, con la selva baja caducifolia defoliada.

Para la flora eso desplaza el fundamento de la determinación, no lo debilita. Con el follaje ausente, la identificación de los individuos leñosos descansa en la corteza, la arquitectura de la ramificación, las espinas, los exudados y los frutos persistentes, y no en la hoja o en la flor; son caracteres estables, y sobre ellos se determinaron los individuos arbóreos y arbustivos. La ventaja compensatoria es directa: sin follaje, el diámetro de copa y la estructura del fuste se miden con menor obstrucción que en temporada húmeda. Lo que la fecha sí excluye es el componente herbáceo anual de germinación estacional, que en mayo no está expresado; ésa es la razón de que el estrato herbáceo aporte 16 registros en el Área del Proyecto frente a los 523 del arbustivo, y así se acota su lectura en el apartado III.3.1.2.

Para la fauna el efecto se reparte entre la ventana horaria y el comportamiento estacional. Con temperaturas medias de 27.9 °C —y máximas diarias muy superiores en las horas centrales—, la actividad de aves y mamíferos se concentra en las primeras horas de la mañana y en las últimas de la tarde, y decae en el mediodía. La ventana de 08:00 a 18:00 h contiene ambos extremos de actividad y también las horas de menor detectabilidad, de modo que el esfuerzo por unidad no se repartió de manera uniforme en el rendimiento: las horas frescas aportan la mayor parte de los contactos. En una selva seca defoliada operan además dos efectos de signo contrario que conviene declarar juntos: la visibilidad horizontal aumenta y favorece el avistamiento, mientras que la disponibilidad de agua se reduce a unos pocos aguajes que concentran los registros y los alejan de una distribución homogénea sobre el alineamiento. Ninguno de los dos invalida las cifras; ambos explican por qué el conteo por unidad varía entre alineamientos más de lo que variaría en temporada húmeda.

Nada de lo anterior altera el objeto del levantamiento. La afectación del proyecto recae sobre la estructura leñosa del rodal —el arbolado y el matorral que sustentan la superficie y el volumen involucrados—, y esa estructura está íntegra y es medible en mayo aunque haya perdido la hoja. El componente que la fecha no capta está declarado como tal en el apartado III.3.1.2 y no se presenta como hallazgo de campo.

III.3.2 Análisis estadístico de representatividad

Un inventario biológico nunca detecta todas las especies presentes. La pregunta que este apartado contesta es **qué fracción de la riqueza real captó el muestreo en cada escala, estrato y grupo**, y si esa fracción basta para sostener las comparaciones que el capítulo hace. La respuesta se construye con dos herramientas complementarias: los estimadores no paramétricos de riqueza, que proyectan cuántas especies quedaron sin

detectar a partir de la frecuencia de las especies raras, y las curvas de acumulación, que muestran cómo crece el inventario conforme se añaden unidades de muestreo.

Las curvas se calcularon como la **media de mil permutaciones aleatorias del orden de las unidades**, para eliminar el efecto del orden en que se recorrieron los sitios, y se les ajustó el modelo de Clench `$S_n = a \cdot n / (1 + b \cdot n)$` por regresión no lineal, cuya asíntota `a/b` estima la riqueza total y cuya pendiente final indica si el inventario sigue creciendo. Se reportan seis estimadores no paramétricos —Chao 1, Chao 2, Jackknife 1, Jackknife 2, ICE y Bootstrap— más el ajuste de Clench, y se emplea el criterio convencional de **80 % de completitud** como umbral de suficiencia.

Los siete no son intercambiables, y por eso se reportan juntos: Chao 1 se apoya en el número de individuos con que se registró cada especie y los seis restantes en el número de unidades de muestreo en que aparece, de modo que su acuerdo o su desacuerdo es en sí mismo un dato sobre la estructura del inventario. En este levantamiento Chao 1 devuelve la riqueza observada en las dieciocho unidades de análisis —su corrección depende de las especies representadas por uno o dos individuos, y el registro apenas contiene ninguna—, por lo que no aporta información propia y el criterio de suficiencia recae en los estimadores de incidencia, encabezados por Chao 2 e ICE. El ajuste de Clench opera como la lectura más exigente: proyecta la asíntota a esfuerzo infinito y arroja, en las dieciocho unidades, una completitud menor que la de Chao 2. Cuando ambos criterios superan el umbral de 80 % el inventario está cerrado sin discusión; cuando discrepan, la diferencia entre ellos mide la cola de especies raras que el muestreo todavía no agota, y es esa diferencia —no el promedio de los siete— la que se interpreta en cada unidad.

III.3.2.1 Flora del Área del Proyecto

El Área del Proyecto se evalúa por estrato y no en conjunto, porque el esfuerzo no es el mismo en todos: los estratos arbóreo y de regeneración y arbustivo se levantaron sobre 19 unidades de muestreo, y los de otras formas de vida y herbáceo sobre 13. Cada cuadro reporta los siete estimadores de un estrato; la columna de completitud es la que decide su suficiencia, y la distancia entre los estimadores de incidencia y el ajuste de Clench, la que fija su margen.

Tabla 60. Representatividad del muestreo de flora en el Área del Proyecto: estrato arbóreo y de regeneración.

Tipo de vegetación	Estrato	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Chao 1	20	20.00	100.00	Estimador de abundancia; usa singletons y doubletons
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Chao 2	20	20.00	100.00	Estimador de incidencia; usa uniques y duplicates entre unidades
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Jackknife 1	20	20.95	95.48	Corrección de primer orden por especies presentes en una sola unidad

Tipo de vegetación	Estrato	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Jackknife 2	20	21.84	91.57	Corrección de segundo orden
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	ICE	20	20.22	98.91	Estimador de cobertura basado en especies infrecuentes
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Bootstrap	20	20.58	97.16	Remuestreo sobre la matriz de incidencia
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Clench (asíntota)	20	23.32	85.77	Ajuste Sn = a·n/(1+b·n): a = 9.20, b = 0.39, a/b = 23.32, pendiente final = 0.13, R^2 = 0.99

Fuente: estimadores de riqueza y ajuste de Clench del estrato arbóreo y de regeneración en el Área del Proyecto, calculados sobre la matriz de incidencia especie-sitio del levantamiento de flora en selva baja caducifolia, temporada seca. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

En el estrato arbóreo y de regeneración el inventario registró 20 especies sobre 19 unidades de muestreo, con 1 especie detectada en una sola unidad. Chao 2 proyecta 20.00 especies —100.00 % de completitud— e ICE 20.22; el ajuste de Clench sitúa la asíntota en 23.32 con 85.77 % de completitud y R^2 = 0.99. El inventario de esta unidad puede darse por cerrado.

Tabla 61. Representatividad del muestreo de flora en el Área del Proyecto: estrato arbustivo.

Tipo de vegetación	Estrato	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Chao 1	12	12.00	100.00	Estimador de abundancia; usa singletons y doubletons
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Chao 2	12	12.00	100.00	Estimador de incidencia; usa uniques y duplicates entre unidades
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Jackknife 1	12	12.00	100.00	Corrección de primer orden por especies presentes en una sola unidad
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Jackknife 2	12	11.15	107.58	Corrección de segundo orden

Tipo de vegetación	Estrato	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
Selva baja caducifolia	Arbustivo	ICE	12	12.00	100.00	Estimador de cobertura basado en especies infrecuentes
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Bootstrap	12	12.18	98.49	Remuestreo sobre la matriz de incidencia
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Clench (asíntota)	12	13.07	91.84	Ajuste Sn = a·n/(1+b·n): a = 9.72, b = 0.74, a/b = 13.07, pendiente final = 0.04, R^2 = 1.00

Fuente: estimadores de riqueza y ajuste de Clench del estrato arbustivo en el Área del Proyecto, calculados sobre la matriz de incidencia especie-sitio del levantamiento de flora en selva baja caducifolia, temporada seca. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

En el estrato arbustivo el inventario registró 12 especies sobre 19 unidades de muestreo, con 0 especies detectadas en una sola unidad. Chao 2 proyecta 12.00 especies —100.00 % de completitud— e ICE 12.00; el ajuste de Clench sitúa la asíntota en 13.07 con 91.84 % de completitud y R^2 = 1.00. El inventario de esta unidad puede darse por cerrado.

Tabla 62. Representatividad del muestreo de flora en el Área del Proyecto: otras formas de vida.

Tipo de vegetación	Estrato	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Chao 1	8	8.00	100.00	Estimador de abundancia; usa singletons y doubletons
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Chao 2	8	8.00	100.00	Estimador de incidencia; usa uniques y duplicates entre unidades
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Jackknife 1	8	8.00	100.00	Corrección de primer orden por especies presentes en una sola unidad
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Jackknife 2	8	6.45	124.06	Corrección de segundo orden
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	ICE	8	8.00	100.00	Estimador de cobertura basado en

Tipo de vegetación	Estrato	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
						especies infrecuentes
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Bootstrap	8	8.36	95.69	Remuestreo sobre la matriz de incidencia
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Clench (asíntota)	8	9.97	80.27	Ajuste Sn = a·n/(1+b·n): a = 3.69, b = 0.37, a/b = 9.97, pendiente final = 0.11, R^2 = 0.99

Fuente: estimadores de riqueza y ajuste de Clench del estrato de otras formas de vida en el Área del Proyecto, calculados sobre la matriz de incidencia especie-sitio del levantamiento de flora en selva baja caducifolia, temporada seca. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

En el estrato de otras formas de vida el inventario registró 8 especies sobre 13 unidades de muestreo, con 0 especies detectadas en una sola unidad. Chao 2 proyecta 8.00 especies —100.00 % de completitud— e ICE 8.00; el ajuste de Clench sitúa la asíntota en 9.97 con 80.27 % de completitud y R^2 = 0.99. El inventario de esta unidad puede darse por cerrado.

Tabla 63. Representatividad del muestreo de flora en el Área del Proyecto: estrato herbáceo.

Tipo de vegetación	Estrato	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Chao 1	3	3.00	100.00	Estimador de abundancia; usa singletons y doubletons
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Chao 2	3	3.00	100.00	Estimador de incidencia; usa uniques y duplicates entre unidades
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Jackknife 1	3	3.00	100.00	Corrección de primer orden por especies presentes en una sola unidad
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Jackknife 2	3	2.22	134.87	Corrección de segundo orden
Selva baja caducifolia	Herbáceo	ICE	3	3.00	100.00	Estimador de cobertura basado en especies infrecuentes

Tipo de vegetación	Estrato	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Bootstrap	3	3.12	96.08	Remuestreo sobre la matriz de incidencia
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Clench (asíntota)	3	3.50	85.81	Ajuste Sn = a·n/(1+b·n): a = 1.85, b = 0.53, a/b = 3.50, pendiente final = 0.03, R^2 = 1.00

Fuente: estimadores de riqueza y ajuste de Clench del estrato herbáceo en el Área del Proyecto, calculados sobre la matriz de incidencia especie-sitio del levantamiento de flora en selva baja caducifolia, temporada seca. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

En el estrato herbáceo el inventario registró 3 especies sobre 13 unidades de muestreo, con 0 especies detectadas en una sola unidad. Chao 2 proyecta 3.00 especies —100.00 % de completitud— e ICE 3.00; el ajuste de Clench sitúa la asíntota en 3.50 con 85.81 % de completitud y R^2 = 1.00. El inventario de esta unidad puede darse por cerrado.

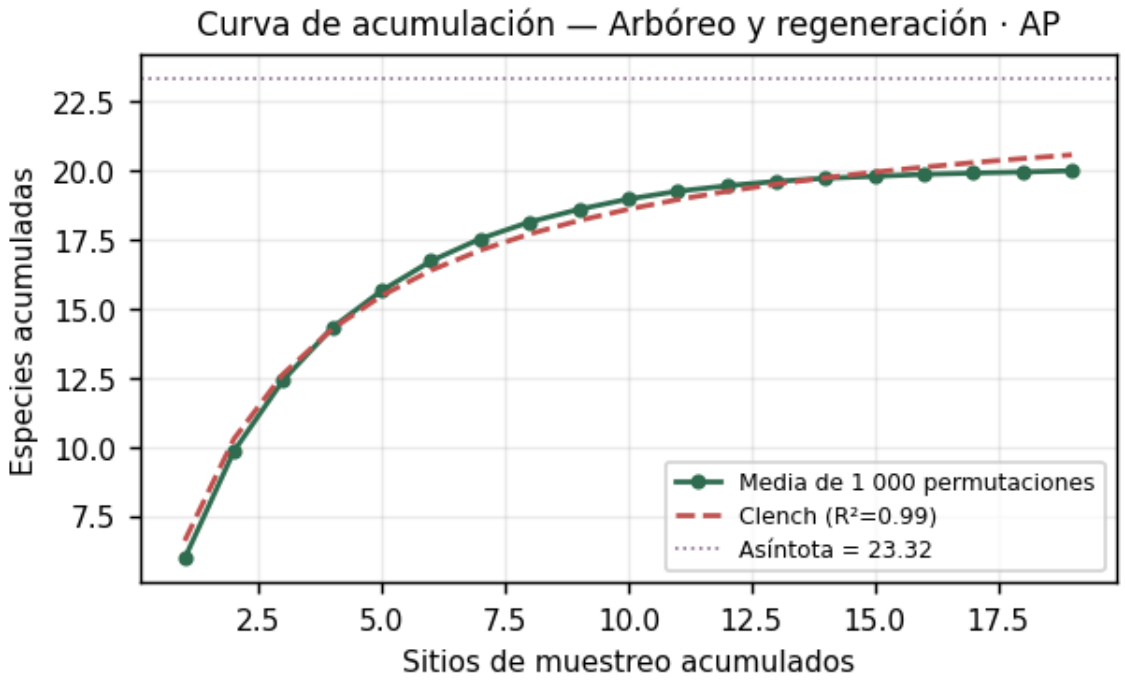


Figura 37. Curva de acumulación de especies del estrato arbóreo y de regeneración en el Área del Proyecto. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 20, asíntota 23.32, completitud de Clench 85.77 % y R^2 = 0.99. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La curva alcanza una fase de saturación clara dentro del número de sitios levantados, con una pendiente final de 0.13 especies por sitio adicional. Contrastada con Chao 2, que estima 20.00 especies frente a las 20 observadas —100.00 % de completitud—, el inventario del estrato puede darse por cerrado.

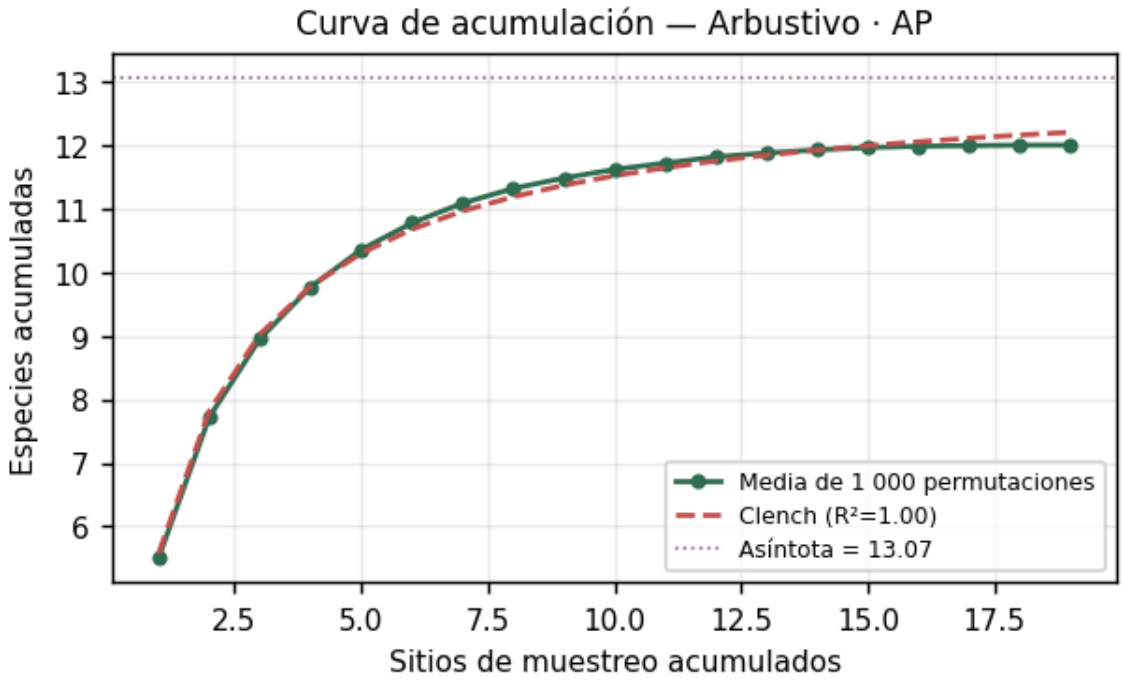


Figura 38. Curva de acumulación de especies del estrato arbustivo en el Área del Proyecto. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 12, asíntota 13.07, completitud de Clench 91.84 % y R^2 = 1.00. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La curva alcanza una fase de saturación clara dentro del número de sitios levantados, con una pendiente final de 0.04 especies por sitio adicional. Contrastada con Chao 2, que estima 12.00 especies frente a las 12 observadas —100.00 % de completitud—, el inventario del estrato puede darse por cerrado.

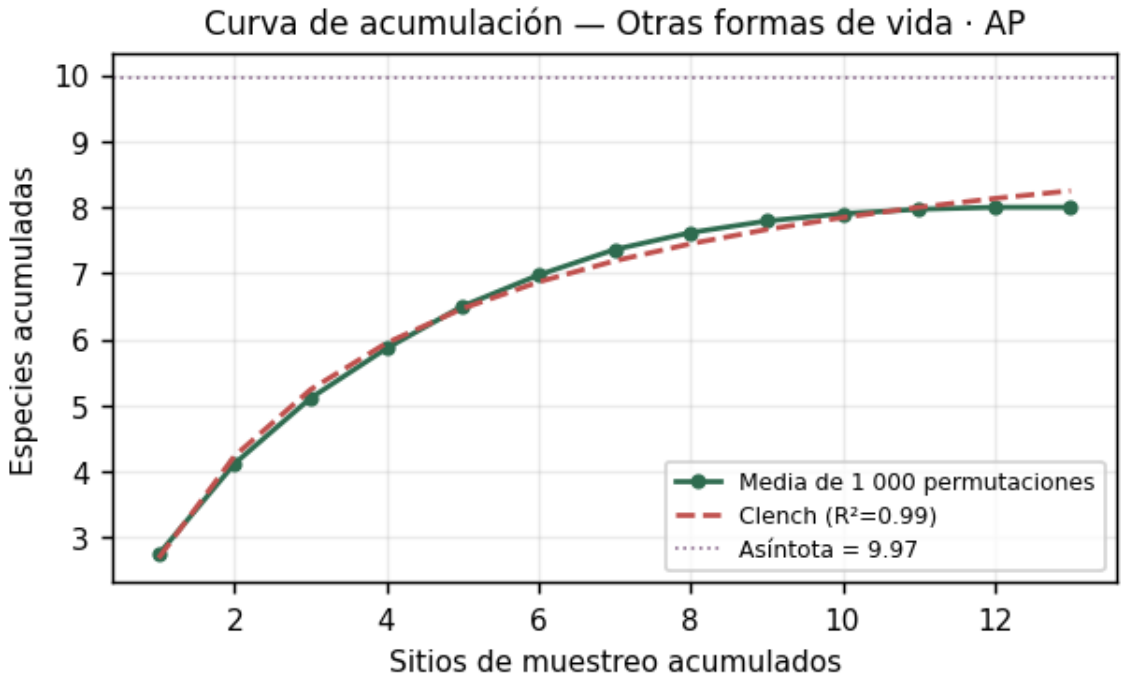


Figura 39. Curva de acumulación de especies del estrato de otras formas de vida en el Área del Proyecto. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 8, asíntota 9.97, completitud de Clench 80.27 % y R^2 = 0.99. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La curva alcanza una fase de saturación clara dentro del número de sitios levantados, con una pendiente final de 0.11 especies por sitio adicional. Contrastada con Chao 2, que estima 8.00 especies frente a las 8 observadas —100.00 % de completitud—, el inventario del estrato puede darse por cerrado.

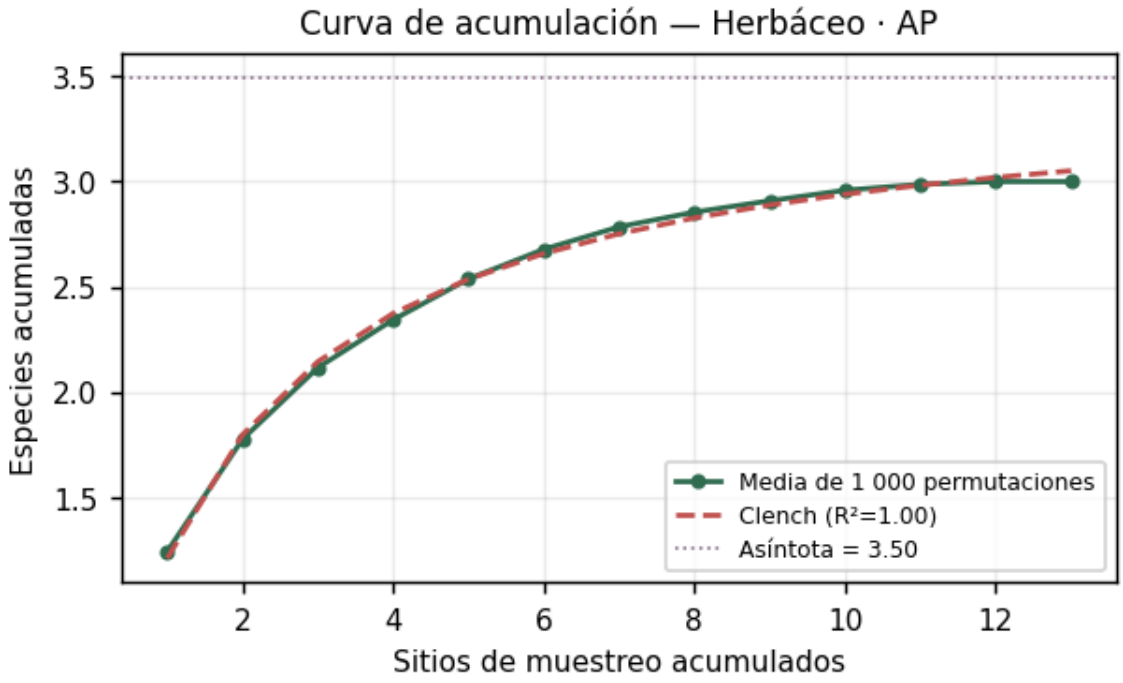


Figura 40. Curva de acumulación de especies del estrato herbáceo en el Área del Proyecto. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 3, asíntota 3.50, completitud de Clench 85.81 % y R^2 = 1.00. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La curva alcanza una fase de saturación clara dentro del número de sitios levantados, con una pendiente final de 0.03 especies por sitio adicional. Contrastada con Chao 2, que estima 3.00 especies frente a las 3 observadas —100.00 % de completitud—, el inventario del estrato puede darse por cerrado.

El inventario del Área del Proyecto es el más completo de las tres escalas, y en tres de sus cuatro estratos alcanza la saturación. Los estimadores de incidencia —Chao 2 e ICE— coinciden exactamente con la riqueza observada en los estratos arbustivo, otras formas de vida y herbáceo: 12.00, 8.00 y 3.00 especies estimadas frente a 12, 8 y 3 observadas, es decir, **100.00 % de completitud**. En el estrato arbóreo y de regeneración, Chao 2 estima 20.00 especies frente a 20 observadas, también 100.00 %, y sólo Jackknife 1, que es el estimador más conservador, sugiere una especie adicional al proyectar 20.95.

La razón de esa completitud está en el diseño: **19 sitios de muestreo sobre 13.4689 ha** producen una densidad de esfuerzo muy alta. El indicador que lo confirma es el número de especies detectadas en un solo sitio —los *uniques*, que son la materia prima de los estimadores de incidencia—: cero en los estratos arbustivo, herbáceo y de otras formas de vida, y una sola en el estrato arbóreo. Cuando prácticamente todas las especies aparecen en dos o más sitios, no queda base estadística para proyectar especies no detectadas.

El ajuste de Clench matiza esa lectura y conviene reportarlo con precisión. Sus completitudes son menores —**85.77 % en el arbóreo y de regeneración, 91.84 % en el arbustivo, 80.27 % en otras formas de vida y 85.81 % en el herbáceo**— porque el modelo proyecta una asíntota a esfuerzo infinito, no la riqueza detectable con un esfuerzo razonable. Las pendientes finales de las curvas son de 0.13, 0.04, 0.11 y 0.03 especies por

sitio adicional: **añadir un sitio más al muestreo aportaría, en el mejor de los casos, una décima de especie.** Los cuatro estratos superan el umbral de 80 % por ambos criterios.

III.3.2.2 Flora del Área de Influencia

En el Área de Influencia el esfuerzo por estrato es sensiblemente menor que en el predio —9 unidades de muestreo en los estratos arbóreo y de regeneración y arbustivo, 8 en el de otras formas de vida y 3 en el herbáceo—, y esa diferencia gobierna la lectura de los cuadros que siguen: cuantas menos unidades, más peso tienen las especies detectadas una sola vez y más se separan entre sí los estimadores. Es la escala donde la completitud desciende, y donde debe leerse estrato por estrato antes que en conjunto.

Tabla 64. Representatividad del muestreo de flora en el Área de Influencia: estrato arbóreo y de regeneración.

Tipo de vegetación	Estrato	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Chao 1	17	17.00	100.00	Estimador de abundancia; usa singletons y doubletons
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Chao 2	17	21.44	79.27	Estimador de incidencia; usa uniques y duplicates entre unidades
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Jackknife 1	17	21.44	79.27	Corrección de primer orden por especies presentes en una sola unidad
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Jackknife 2	17	24.65	68.96	Corrección de segundo orden
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	ICE	17	19.22	88.46	Estimador de cobertura basado en especies infrecuentes
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Bootstrap	17	19.01	89.43	Remuestreo sobre la matriz de incidencia
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Clench (asíntota)	17	23.04	73.79	Ajuste Sn = a·n/(1+b·n): a = 7.34, b = 0.32, a/b = 23.04, pendiente final = 0.49, R^2 = 1.00

Fuente: estimadores de riqueza y ajuste de Clench del estrato arbóreo y de regeneración en el Área de Influencia, calculados sobre la matriz de incidencia especie-sitio del levantamiento de flora en selva baja caducifolia, temporada seca. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

En el estrato arbóreo y de regeneración el inventario registró 17 especies sobre 9 unidades de muestreo, con 5 especies detectadas en una sola unidad. Chao 2 proyecta 21.44 especies —79.27 % de completitud— e ICE 19.22; el ajuste de Clench sitúa la asíntota en 23.04 con 73.79 % de completitud y $R^2 = 1.00$. El inventario de esta unidad queda abierto y sus cifras se leen como tendencia.

Tabla 65. Representatividad del muestreo de flora en el Área de Influencia: estrato arbustivo.

Tipo de vegetación	Estrato	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Chao 1	12	12.00	100.00	Estimador de abundancia; usa singletons y doubletons
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Chao 2	12	12.22	98.18	Estimador de incidencia; usa uniques y duplicates entre unidades
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Jackknife 1	12	13.78	87.10	Corrección de primer orden por especies presentes en una sola unidad
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Jackknife 2	12	13.29	90.28	Corrección de segundo orden
Selva baja caducifolia	Arbustivo	ICE	12	12.99	92.40	Estimador de cobertura basado en especies infrecuentes
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Bootstrap	12	13.04	92.01	Remuestreo sobre la matriz de incidencia
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Clench (asíntota)	12	14.41	83.25	Ajuste Sn = a·n/(1+b·n): a = 7.98, b = 0.55, a/b = 14.41, pendiente final = 0.22, $R^2 = 1.00$

Fuente: estimadores de riqueza y ajuste de Clench del estrato arbustivo en el Área de Influencia, calculados sobre la matriz de incidencia especie-sitio del levantamiento de flora en selva baja caducifolia, temporada seca. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

En el estrato arbustivo el inventario registró 12 especies sobre 9 unidades de muestreo, con 2 especies detectadas en una sola unidad. Chao 2 proyecta 12.22 especies —98.18 % de completitud— e ICE 12.99; el ajuste de Clench sitúa la asíntota en 14.41 con 83.25 % de completitud y $R^2 = 1.00$. El inventario de esta unidad puede darse por cerrado.

Tabla 66. Representatividad del muestreo de flora en el Área de Influencia: otras formas de vida.

Tipo de vegetación	Estrato	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Chao 1	11	11.00	100.00	Estimador de abundancia; usa singletons y doubletons
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Chao 2	11	11.53	95.44	Estimador de incidencia; usa uniques y duplicates entre unidades
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Jackknife 1	11	13.62	80.73	Corrección de primer orden por especies presentes en una sola unidad
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Jackknife 2	11	13.30	82.68	Corrección de segundo orden
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	ICE	11	13.01	84.55	Estimador de cobertura basado en especies infrecuentes
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Bootstrap	11	12.46	88.29	Remuestreo sobre la matriz de incidencia
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Clench (asíntota)	11	15.31	71.86	Ajuste Sn = a·n/(1+b·n): a = 4.95, b = 0.32, a/b = 15.31, pendiente final = 0.38, R^2 = 1.00

Fuente: estimadores de riqueza y ajuste de Clench del estrato de otras formas de vida en el Área de Influencia, calculados sobre la matriz de incidencia especie-sitio del levantamiento de flora en selva baja caducifolia, temporada seca. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

En el estrato de otras formas de vida el inventario registró 11 especies sobre 8 unidades de muestreo, con 3 especies detectadas en una sola unidad. Chao 2 proyecta 11.53 especies —95.44 % de completitud— e ICE 13.01; el ajuste de Clench sitúa la asíntota en 15.31 con 71.86 % de completitud y R^2 = 1.00. El inventario está cerrado para las especies frecuentes, que son las que sostienen los índices de diversidad, y abierto en su cola rara: la pendiente final de 0.38 especies por unidad adicional señala que el esfuerzo todavía incorporaría formas de crecimiento de distribución agregada, y las comparaciones que sobre este estrato se hagan con las demás escalas se enuncian en consecuencia.

Tabla 67. Representatividad del muestreo de flora en el Área de Influencia: estrato herbáceo.

Tipo de vegetación	Estrato	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Chao 1	3	3.00	100.00	Estimador de abundancia; usa singletons y doubletons
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Chao 2	3	3.67	81.82	Estimador de incidencia; usa uniques y duplicates entre unidades
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Jackknife 1	3	4.33	69.23	Corrección de primer orden por especies presentes en una sola unidad
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Jackknife 2	3	5.00	60.00	Corrección de segundo orden
Selva baja caducifolia	Herbáceo	ICE	3	6.67	45.00	Estimador de cobertura basado en especies infrecuentes
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Bootstrap	3	3.59	83.51	Remuestreo sobre la matriz de incidencia
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Clench (asíntota)	3	4.98	60.26	Ajuste Sn = a·n/(1+b·n): a = 2.39, b = 0.48, a/b = 4.98, pendiente final = 0.40, R^2 = 0.97

Fuente: estimadores de riqueza y ajuste de Clench del estrato herbáceo en el Área de Influencia, calculados sobre la matriz de incidencia especie-sitio del levantamiento de flora en selva baja caducifolia, temporada seca. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

En el estrato herbáceo el inventario registró 3 especies sobre 3 unidades de muestreo, con 2 especies detectadas en una sola unidad. Chao 2 proyecta 3.67 especies —81.82 % de completitud— e ICE 6.67; el ajuste de Clench sitúa la asíntota en 4.98 con 60.26 % de completitud y R^2 = 0.97. Los dos estimadores de incidencia discrepan entre sí —81.82 % por Chao 2 frente a 45.00 % por ICE— sobre una base de tres unidades de muestreo, de modo que el inventario de esta unidad no puede darse por cerrado y sus cifras se leen con la reserva que este apartado detalla más adelante.

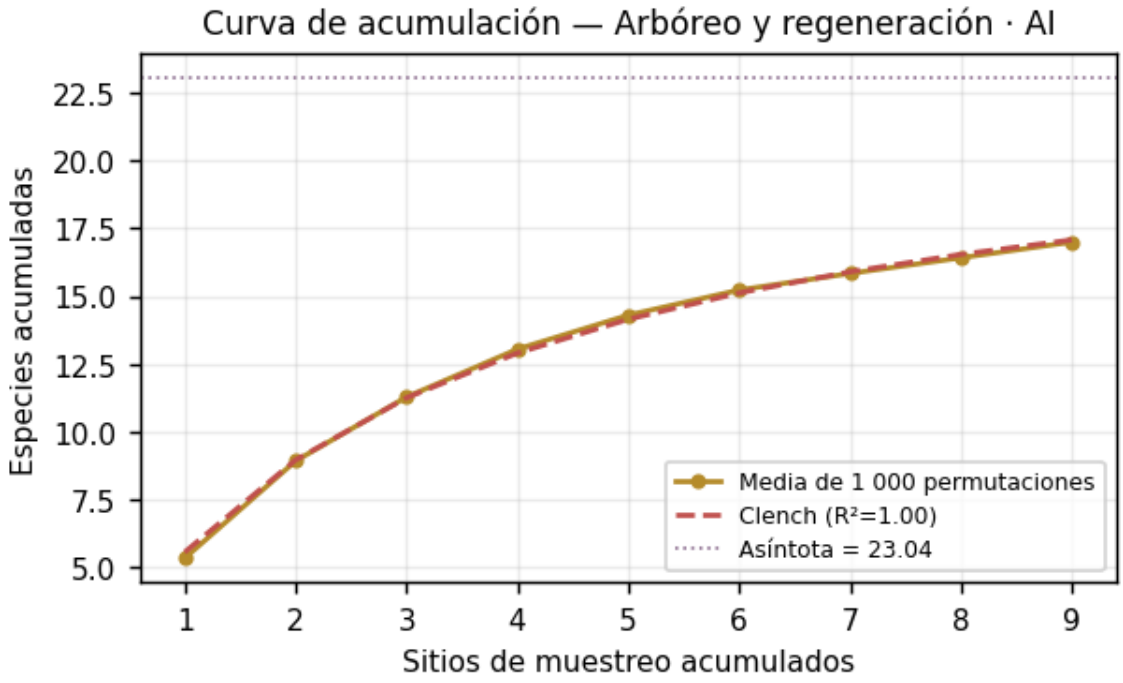


Figura 41. Curva de acumulación de especies del estrato arbóreo y de regeneración en el Área de Influencia. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 17, asíntota 23.04, completitud de Clench 73.79 % y R^2 = 1.00. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La curva conserva pendiente apreciable en su tramo final, señal de que el inventario del estrato sigue creciendo, con una pendiente final de 0.49 especies por sitio adicional. Contrastada con Chao 2, que estima 21.44 especies frente a las 17 observadas —79.27 % de completitud—, el inventario del estrato queda abierto y sus cifras se leen como tendencia.

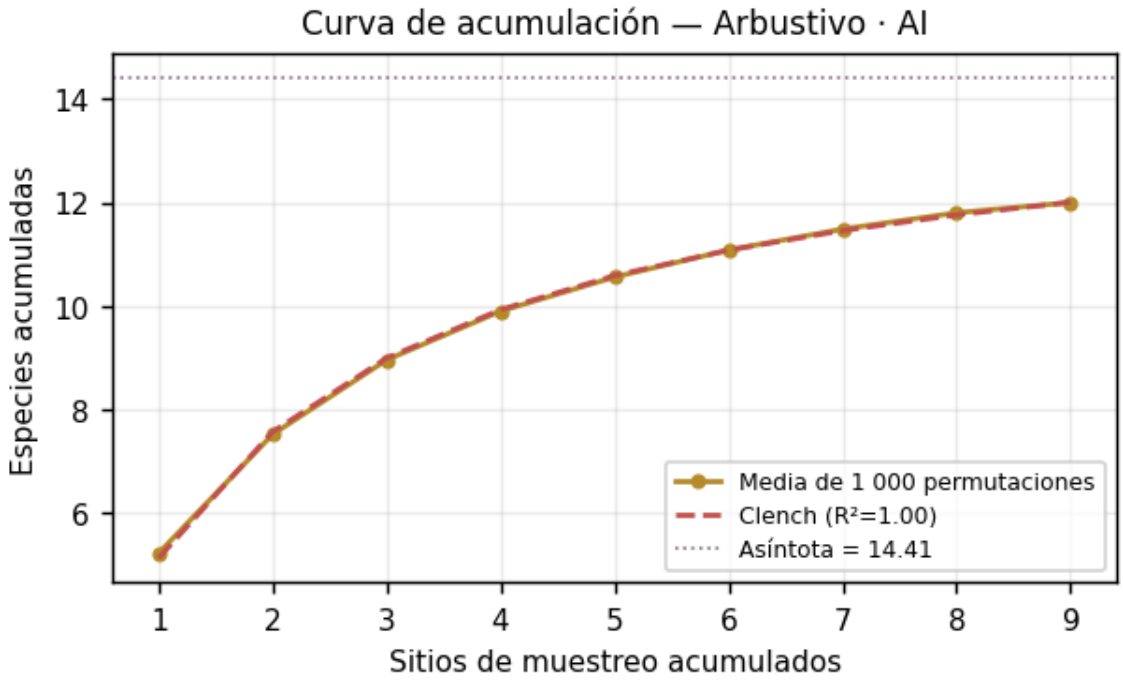


Figura 42. Curva de acumulación de especies del estrato arbustivo en el Área de Influencia. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 12, asíntota 14.41, completitud de Clench 83.25 % y R^2 = 1.00. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La curva alcanza una fase de saturación clara dentro del número de sitios levantados, con una pendiente final de 0.22 especies por sitio adicional. Contrastada con Chao 2, que estima 12.22 especies frente a las 12 observadas —98.18 % de completitud—, el inventario del estrato puede darse por cerrado.

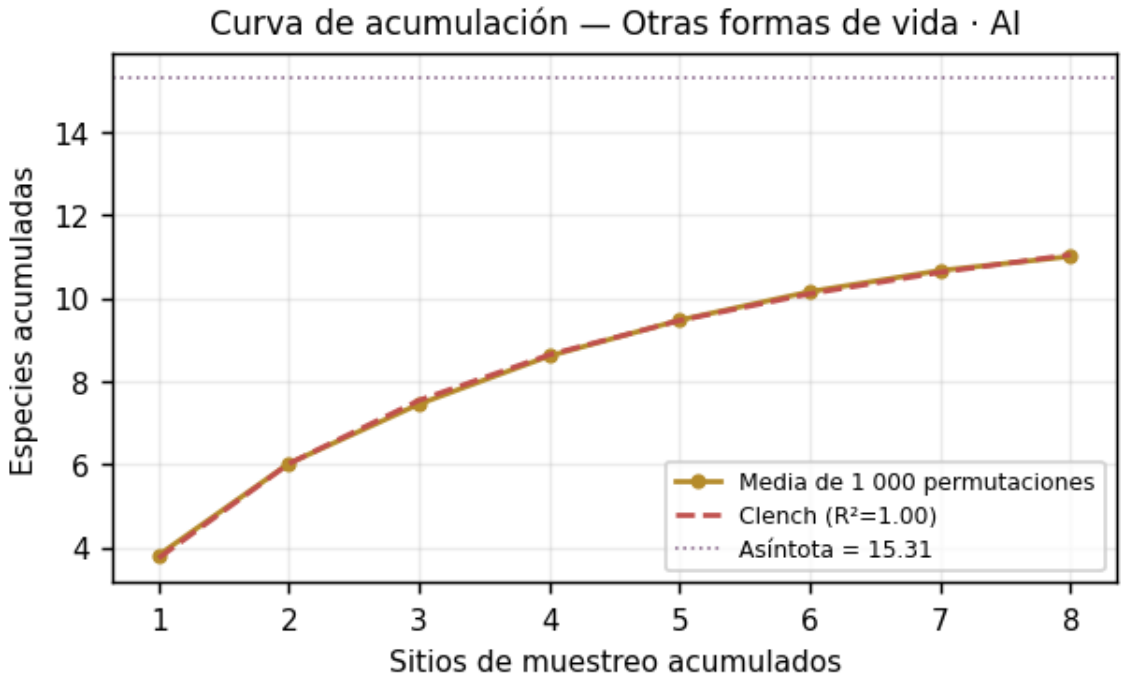


Figura 43. Curva de acumulación de especies del estrato de otras formas de vida en el Área de Influencia. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 11, asíntota 15.31, completitud de Clench 71.86 % y R^2 = 1.00. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La curva conserva pendiente apreciable en su tramo final, señal de que el inventario del estrato sigue creciendo, con una pendiente final de 0.38 especies por sitio adicional. Contrastada con Chao 2, que estima 11.53 especies frente a las 11 observadas —95.44 % de completitud—, la lectura conjunta es que el inventario capta ya la práctica totalidad de las especies frecuentes del estrato y que lo que sigue creciendo es su cola de especies raras.

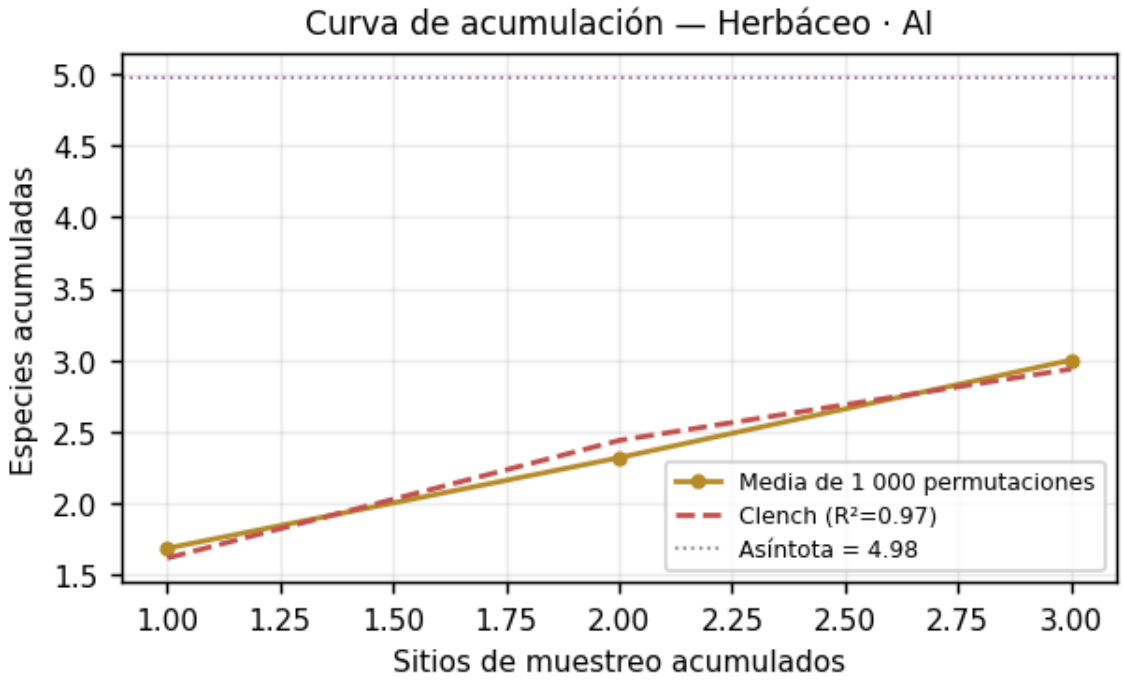


Figura 44. Curva de acumulación de especies del estrato herbáceo en el Área de Influencia. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 3, asíntota 4.98, completitud de Clench 60.26 % y R^2 = 0.97. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La curva conserva pendiente apreciable en su tramo final, señal de que el inventario del estrato sigue creciendo, con una pendiente final de 0.40 especies por sitio adicional. Contrastada con Chao 2, que estima 3.67 especies frente a las 3 observadas —81.82 % de completitud—, y con ICE, que sobre esas mismas tres unidades proyecta 6.67, el inventario del estrato queda abierto: con esa base muestral ninguno de los dos criterios es concluyente.

El Área de Influencia presenta un inventario suficiente en los estratos leñosos y limitado en el herbáceo. El estrato arbustivo alcanza 98.18 % de completitud por Chao 2 —12 especies observadas frente a 12.22 estimadas— y 83.25 % por Clench; otras formas de vida, 95.44 % por Chao 2 y 71.86 % por Clench. El estrato arbóreo y de regeneración baja a **79.27 % por Chao 2** —17 observadas frente a 21.44 estimadas— y a 73.79 % por Clench, apenas por debajo del umbral convencional: con cinco especies detectadas en un solo sitio sobre nueve sitios muestreados, el estimador proyecta cuatro especies adicionales sin detectar.

El estrato herbáceo del Área de Influencia es el caso que exige la advertencia más explícita. Se levantó en 3 de los 9 sitios y registró 3 especies, de las cuales 2 aparecen en un solo sitio. Chao 2 proyecta 3.67 especies —81.82 % de completitud— pero ICE proyecta 6.67, lo que equivale a 45.00 %. La discrepancia entre ambos estimadores es el síntoma de una base muestral demasiado estrecha para que cualquiera de los dos sea confiable. **Las cifras de diversidad herbácea del Área de Influencia que se reportan en III.5 se leen con esa reserva y no sostienen por sí solas ninguna conclusión del capítulo.**

III.3.2.3 Flora de la Región Ecológica

La Región Ecológica se muestreó sobre 10 unidades en los estratos arbóreo y de regeneración, arbustivo y herbáceo, y 9 en el de otras formas de vida, todas ellas en rodales de selva baja caducifolia en condición análoga a la del predio. Su riqueza observada es la mayor de las tres escalas —28 especies en el estrato arbóreo y de regeneración—, y ese mismo acervo eleva el número de especies raras susceptibles de quedar sin detectar: los cuadros que siguen deben leerse comprobando si la completitud se sostiene pese a esa riqueza mayor.

Tabla 68. Representatividad del muestreo de flora en la Región Ecológica: estrato arbóreo y de regeneración.

Tipo de vegetación	Estrato	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Chao 1	28	28.00	100.00	Estimador de abundancia; usa singletons y doubletons
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Chao 2	28	29.50	94.92	Estimador de incidencia; usa uniques y duplicates entre unidades
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Jackknife 1	28	32.50	86.15	Corrección de primer orden por especies presentes en una sola unidad
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Jackknife 2	28	32.94	84.99	Corrección de segundo orden
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	ICE	28	29.86	93.78	Estimador de cobertura basado en especies infrecuentes
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Bootstrap	28	30.43	92.02	Remuestreo sobre la matriz de incidencia
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Clench (asíntota)	28	34.84	80.36	Ajuste Sn = a·n/(1+b·n): a = 14.84, b = 0.43, a/b = 34.84, pendiente final = 0.54, R^2 = 1.00

Fuente: estimadores de riqueza y ajuste de Clench del estrato arbóreo y de regeneración en la Región Ecológica, calculados sobre la matriz de incidencia especie-sitio del levantamiento de flora en selva baja caducifolia, temporada seca. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

En el estrato arbóreo y de regeneración el inventario registró 28 especies sobre 10 unidades de muestreo, con 5 especies detectadas en una sola unidad. Chao 2 proyecta 29.50 especies —94.92 % de completitud—

e ICE 29.86; el ajuste de Clench sitúa la asíntota en 34.84 con 80.36 % de completitud y R^2 = 1.00. El inventario de esta unidad puede darse por cerrado.

Tabla 69. Representatividad del muestreo de flora en la Región Ecológica: estrato arbustivo.

Tipo de vegetación	Estrato	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Chao 1	12	12.00	100.00	Estimador de abundancia; usa singletons y doubletons
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Chao 2	12	13.35	89.89	Estimador de incidencia; usa uniques y duplicates entre unidades
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Jackknife 1	12	14.70	81.63	Corrección de primer orden por especies presentes en una sola unidad
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Jackknife 2	12	16.39	73.22	Corrección de segundo orden
Selva baja caducifolia	Arbustivo	ICE	12	13.44	89.28	Estimador de cobertura basado en especies infrecuentes
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Bootstrap	12	13.27	90.45	Remuestreo sobre la matriz de incidencia
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Clench (asíntota)	12	15.00	80.02	Ajuste Sn = a·n/(1+b·n): a = 5.89, b = 0.39, a/b = 15.00, pendiente final = 0.24, R^2 = 1.00

Fuente: estimadores de riqueza y ajuste de Clench del estrato arbustivo en la Región Ecológica, calculados sobre la matriz de incidencia especie-sitio del levantamiento de flora en selva baja caducifolia, temporada seca. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

En el estrato arbustivo el inventario registró 12 especies sobre 10 unidades de muestreo, con 3 especies detectadas en una sola unidad. Chao 2 proyecta 13.35 especies —89.89 % de completitud— e ICE 13.44; el ajuste de Clench sitúa la asíntota en 15.00 con 80.02 % de completitud y R^2 = 1.00. El inventario de esta unidad puede darse por cerrado.

Tabla 70. Representatividad del muestreo de flora en la Región Ecológica: otras formas de vida.

Tipo de vegetación	Estrato	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Chao 1	10	10.00	100.00	Estimador de abundancia; usa singletons y doubletons
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Chao 2	10	12.22	81.82	Estimador de incidencia; usa uniques y duplicates entre unidades
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Jackknife 1	10	14.44	69.23	Corrección de primer orden por especies presentes en una sola unidad
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Jackknife 2	10	16.29	61.38	Corrección de segundo orden
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	ICE	10	14.44	69.25	Estimador de cobertura basado en especies infrecuentes
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Bootstrap	10	12.08	82.81	Remuestreo sobre la matriz de incidencia
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Clench (asíntota)	10	19.70	50.77	Ajuste Sn = a·n/(1+b·n): a = 2.27, b = 0.12, a/b = 19.70, pendiente final = 0.55, R^2 = 1.00

Fuente: estimadores de riqueza y ajuste de Clench del estrato de otras formas de vida en la Región Ecológica, calculados sobre la matriz de incidencia especie-sitio del levantamiento de flora en selva baja caducifolia, temporada seca. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

En el estrato de otras formas de vida el inventario registró 10 especies sobre 9 unidades de muestreo, con 5 especies detectadas en una sola unidad. Chao 2 proyecta 12.22 especies —81.82 % de completitud— e ICE 14.44; el ajuste de Clench sitúa la asíntota en 19.70 con 50.77 % de completitud y R^2 = 1.00. Su completitud por el ajuste de Clench, 50.77 %, es la más baja de las dieciocho unidades evaluadas: Chao 2 e ICE difieren entre sí en más de dos especies y la asíntota casi duplica la riqueza observada, de modo que sus cifras se leen como tendencia y no como recuento cerrado.

Tabla 71. Representatividad del muestreo de flora en la Región Ecológica: estrato herbáceo.

Tipo de vegetación	Estrato	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Chao 1	9	9.00	100.00	Estimador de abundancia; usa singletons y doubletons
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Chao 2	9	9.00	100.00	Estimador de incidencia; usa uniques y duplicates entre unidades
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Jackknife 1	9	9.90	90.91	Corrección de primer orden por especies presentes en una sola unidad
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Jackknife 2	9	10.70	84.11	Corrección de segundo orden
Selva baja caducifolia	Herbáceo	ICE	9	9.31	96.67	Estimador de cobertura basado en especies infrecuentes
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Bootstrap	9	9.48	94.93	Remuestreo sobre la matriz de incidencia
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Clench (asíntota)	9	11.59	77.67	Ajuste Sn = a·n/(1+b·n): a = 4.72, b = 0.41, a/b = 11.59, pendiente final = 0.18, R^2 = 0.98

Fuente: estimadores de riqueza y ajuste de Clench del estrato herbáceo en la Región Ecológica, calculados sobre la matriz de incidencia especie-sitio del levantamiento de flora en selva baja caducifolia, temporada seca. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

En el estrato herbáceo el inventario registró 9 especies sobre 10 unidades de muestreo, con 1 especie detectada en una sola unidad. Chao 2 proyecta 9.00 especies —100.00 % de completitud— e ICE 9.31; el ajuste de Clench sitúa la asíntota en 11.59 con 77.67 % de completitud y R^2 = 0.98. El inventario de esta unidad puede darse por cerrado.

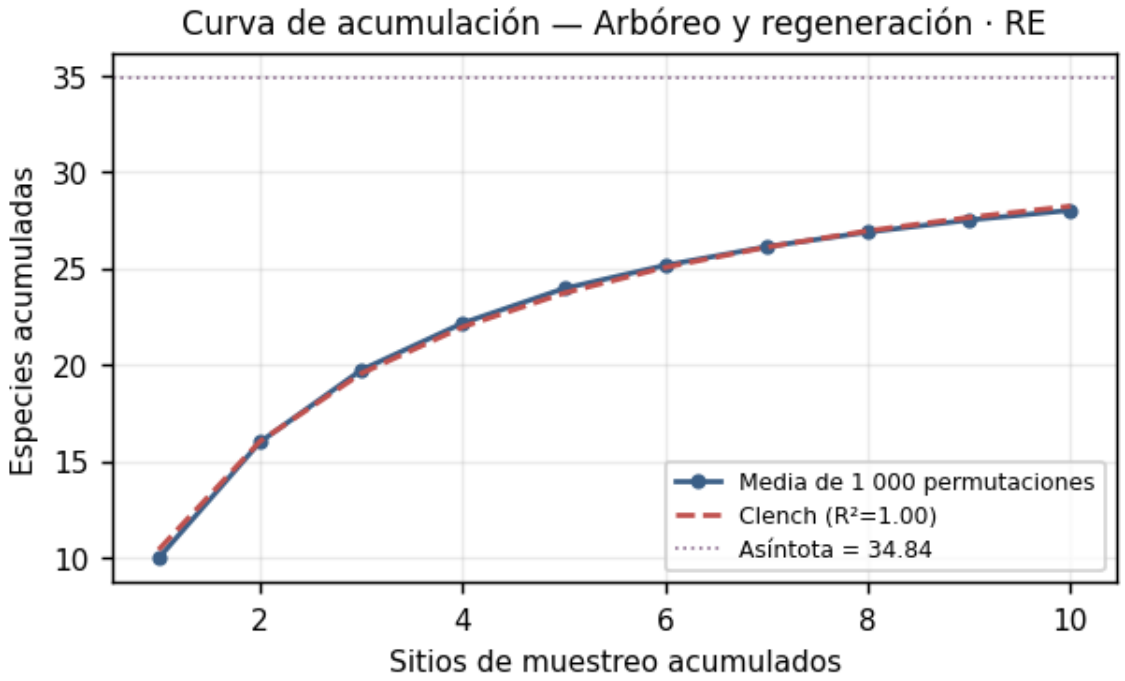


Figura 45. Curva de acumulación de especies del estrato arbóreo y de regeneración en la Región Ecológica. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 28, asíntota 34.84, completitud de Clench 80.36 % y R^2 = 1.00. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La curva conserva pendiente apreciable en su tramo final, señal de que el inventario del estrato sigue creciendo, con una pendiente final de 0.54 especies por sitio adicional. Contrastada con Chao 2, que estima 29.50 especies frente a las 28 observadas —94.92 % de completitud—, el inventario del estrato puede darse por cerrado en cuanto a su comunidad frecuente: lo que la pendiente residual anuncia son las menos de dos especies raras que Chao 2 e ICE ya proyectan.

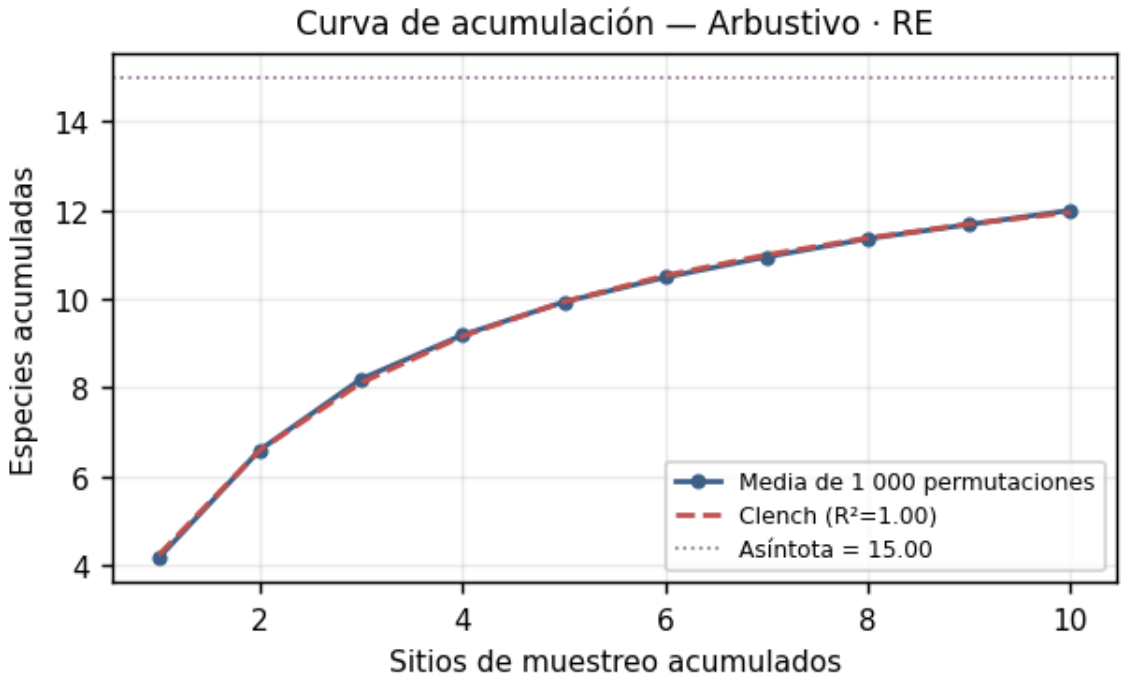


Figura 46. Curva de acumulación de especies del estrato arbustivo en la Región Ecológica. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 12, asíntota 15.00, completitud de Clench 80.02 % y R^2 = 1.00. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La curva alcanza una fase de saturación clara dentro del número de sitios levantados, con una pendiente final de 0.24 especies por sitio adicional. Contrastada con Chao 2, que estima 13.35 especies frente a las 12 observadas —89.89 % de completitud—, el inventario del estrato puede darse por cerrado.

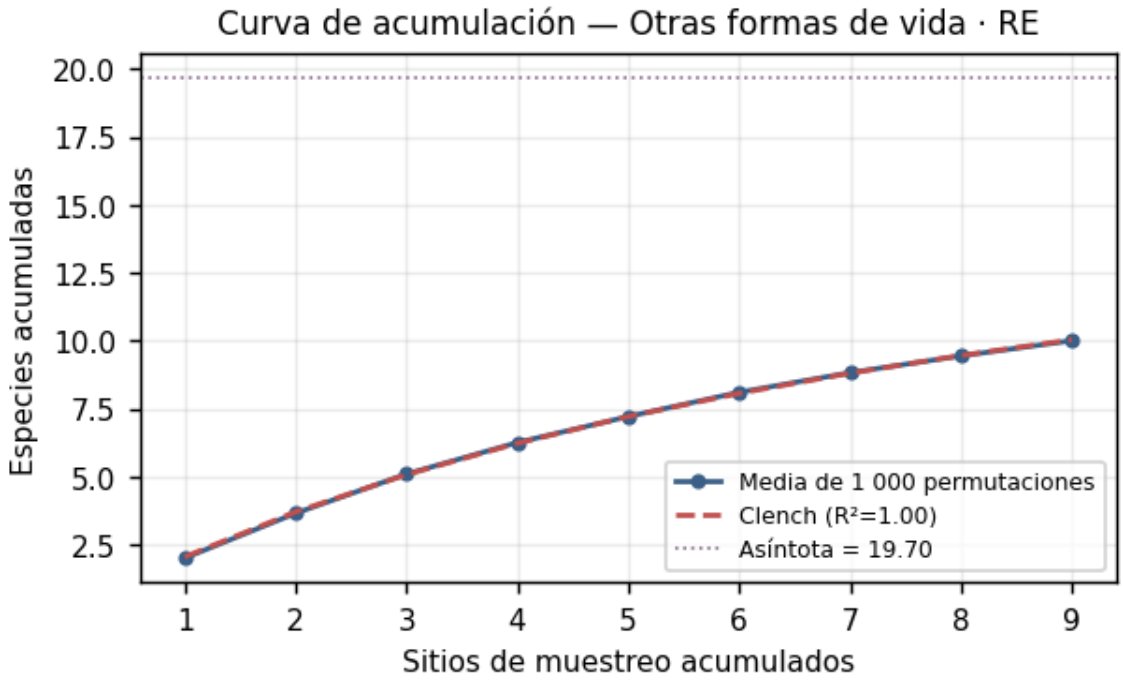


Figura 47. Curva de acumulación de especies del estrato de otras formas de vida en la Región Ecológica. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 10, asíntota 19.70, completitud de Clench 50.77 % y R^2 = 1.00. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La curva conserva pendiente apreciable en su tramo final, señal de que el inventario del estrato sigue creciendo, con una pendiente final de 0.55 especies por sitio adicional. Contrastada con Chao 2, que estima 12.22 especies frente a las 10 observadas —81.82 % de completitud—, el inventario del estrato queda abierto y sus cifras se leen como tendencia.

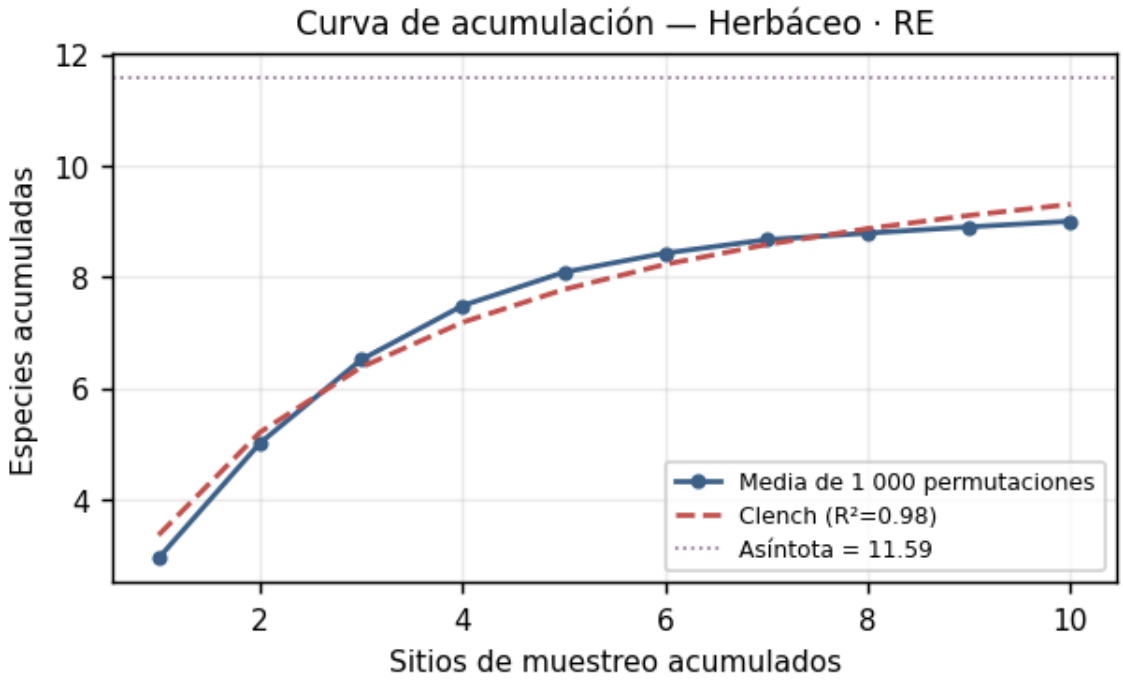


Figura 48. Curva de acumulación de especies del estrato herbáceo en la Región Ecológica. Cada punto es la media de mil permutaciones aleatorias del orden de los sitios; la línea discontinua es el ajuste de Clench y la punteada su asíntota. Riqueza observada 9, asíntota 11.59, completitud de Clench 77.67 % y R^2 = 0.98. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La curva alcanza una fase de saturación clara dentro del número de sitios levantados, con una pendiente final de 0.18 especies por sitio adicional. Contrastada con Chao 2, que estima 9.00 especies frente a las 9 observadas —100.00 % de completitud—, el inventario del estrato puede darse por cerrado.

En la Región Ecológica la completitud por Chao 2 es de **94.92 % en el estrato arbóreo y de regeneración, 89.89 % en el arbustivo, 100.00 % en el herbáceo y 81.82 % en otras formas de vida**; por el ajuste de Clench, de 80.36 %, 80.02 %, 77.67 % y 50.77 % respectivamente. Los tres primeros estratos superan el umbral de suficiencia por ambos criterios o por el de incidencia.

El estrato de otras formas de vida de la Región Ecológica es el único que queda claramente por debajo del umbral. Con 10 especies observadas en 9 sitios, cinco de ellas detectadas una sola vez, Chao 2 proyecta 12.22 especies e ICE 14.44; el ajuste de Clench estima una asíntota de 19.70 con una pendiente final de 0.55, la más alta de las doce unidades de flora. La lectura es inequívoca: **el inventario de este estrato en la Región Ecológica sigue creciendo y no está cerrado.** Ese estrato agrupa cactáceas columnares, bromelias, lianas y otras formas de crecimiento de distribución naturalmente agregada y de baja densidad, en las que la detección depende de que la unidad de muestreo caiga sobre el manchón. Las comparaciones que el apartado III.5 hace entre escalas para este estrato se enuncian, por tanto, como tendencias y no como diferencias establecidas.

III.3.2.4 Fauna

La representatividad faunística del Área de Influencia y de la Región Ecológica se calcula, cada una sobre su propio muestreo, con solo tres y cuatro alineamientos —muy por debajo de los seis o siete del Área del Proyecto—, una base insuficiente para sostener una curva de acumulación propia en cualquiera de las dos escalas por separado. El criterio de representatividad de estas dos escalas emplea, en consecuencia, el **esfuerzo fusionado Área de Influencia + Región Ecológica**: el diseño de muestreo trata a ambos conjuntos de alineamientos como complementarios entre sí para caracterizar el contexto regional del proyecto, de modo que la separación entre ellos ordena la narrativa del capítulo —lo cercano y lo lejano al predio— sin condicionar la medición de la completitud del inventario. El Área de Influencia deja así de emitir una curva propia y la Región Ecológica la reporta sobre el esfuerzo combinado de los siete alineamientos (tres del Área de Influencia y cuatro de la Región Ecológica); con ese esfuerzo los seis inventarios faunísticos superan el umbral de 80 % —son los que reportan los cuadros de este apartado—. Sobre esfuerzo independiente, en cambio, varios grupos habrían quedado por debajo del umbral: Área de Influencia, aves 78.14 % y reptiles 67.08 %; Región Ecológica, aves 66.41 %, mamíferos 71.75 % y reptiles 70.01 %. Este criterio de fusión es exclusivo de los estimadores de riqueza y el ajuste de Clench de este apartado: no aplica a los índices de diversidad, el VIF, la composición de especies ni la diversidad beta entre escalas, que los apartados III.4, III.5 y III.6 calculan con el Área de Influencia como una escala propia, con su propio inventario y sus propias cifras, sin fusión de ningún tipo.

En el Área del Proyecto los tres grupos se levantaron sobre los mismos siete alineamientos, con la única salvedad del registro de mamíferos, que se reporta sobre seis de ellos. Esa homogeneidad del esfuerzo permite comparar entre grupos las completitudes de los tres cuadros que siguen sin corregir por número de unidades, y traslada la explicación de las diferencias a la biología de cada grupo y no al diseño del muestreo.

Tabla 72. Representatividad del muestreo de aves en el Área del Proyecto.

Grupo	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
Aves	Chao 1	29	29.00	100.00	Estimador de abundancia; usa singletons y doubletons
Aves	Chao 2	29	29.00	100.00	Estimador de incidencia; usa uniques y duplicates entre unidades
Aves	Jackknife 1	29	29.00	100.00	Corrección de primer orden por especies presentes en una sola unidad
Aves	Jackknife 2	29	27.81	104.28	Corrección de segundo orden
Aves	ICE	29	29.00	100.00	Estimador de cobertura basado en especies infrecuentes

Grupo	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
Aves	Bootstrap	29	29.42	98.57	Remuestreo sobre la matriz de incidencia
Aves	Clench (asíntota)	29	34.73	83.49	Ajuste Sn = a·n/(1+b·n): a = 32.89, b = 0.95, a/b = 34.73, pendiente final = 0.57, R^2 = 0.96

Fuente: estimadores de riqueza y ajuste de Clench del grupo de aves en el Área del Proyecto, calculados sobre la matriz de incidencia especie-unidad del levantamiento de fauna, temporada seca. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

En el grupo de aves del Área del Proyecto el inventario registró 29 especies sobre 7 unidades de muestreo, con 0 especies detectadas en una sola unidad. Chao 2 proyecta 29.00 especies —100.00 % de completitud— e ICE 29.00; el ajuste de Clench sitúa la asíntota en 34.73 con 83.49 % de completitud y R^2 = 0.96. El inventario de esta unidad puede darse por cerrado.

Tabla 73. Representatividad del muestreo de mamíferos en el Área del Proyecto.

Grupo	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
Mamíferos	Chao 1	3	3.00	100.00	Estimador de abundancia; usa singletons y doubletons
Mamíferos	Chao 2	3	3.00	100.00	Estimador de incidencia; usa uniques y duplicates entre unidades
Mamíferos	Jackknife 1	3	3.00	100.00	Corrección de primer orden por especies presentes en una sola unidad
Mamíferos	Jackknife 2	3	2.47	121.62	Corrección de segundo orden
Mamíferos	ICE	3	3.00	100.00	Estimador de cobertura basado en especies infrecuentes
Mamíferos	Bootstrap	3	3.09	97.11	Remuestreo sobre la matriz de incidencia
Mamíferos	Clench (asíntota)	3	3.56	84.18	Ajuste Sn = a·n/(1+b·n): a =

Grupo	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
					3.85, b = 1.08, a/b = 3.56, pendiente final = 0.07, R² = 0.98

Fuente: estimadores de riqueza y ajuste de Clench del grupo de mamíferos en el Área del Proyecto, calculados sobre la matriz de incidencia especie-unidad del levantamiento de fauna, temporada seca. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

En el grupo de mamíferos del Área del Proyecto el inventario registró 3 especies sobre 6 unidades de muestreo, con 0 especies detectadas en una sola unidad. Chao 2 proyecta 3.00 especies —100.00 % de completitud— e ICE 3.00; el ajuste de Clench sitúa la asíntota en 3.56 con 84.18 % de completitud y R² = 0.98. El inventario de esta unidad puede darse por cerrado.

Tabla 74. Representatividad del muestreo de reptiles en el Área del Proyecto.

Grupo	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
Reptiles	Chao 1	4	4.00	100.00	Estimador de abundancia; usa singletons y doubletons
Reptiles	Chao 2	4	4.00	100.00	Estimador de incidencia; usa uniques y duplicates entre unidades
Reptiles	Jackknife 1	4	4.00	100.00	Corrección de primer orden por especies presentes en una sola unidad
Reptiles	Jackknife 2	4	4.00	100.00	Corrección de segundo orden
Reptiles	ICE	4	4.00	100.00	Estimador de cobertura basado en especies infrecuentes
Reptiles	Bootstrap	4	4.03	99.37	Remuestreo sobre la matriz de incidencia
Reptiles	Clench (asíntota)	4	4.63	86.38	Ajuste Sn = a·n/(1+b·n): a = 5.75, b = 1.24, a/b = 4.63, pendiente final = 0.06, R² = 0.95

Fuente: estimadores de riqueza y ajuste de Clench del grupo de reptiles en el Área del Proyecto, calculados sobre la matriz de incidencia especie-unidad del levantamiento de fauna, temporada seca. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

En el grupo de reptiles del Área del Proyecto el inventario registró 4 especies sobre 7 unidades de muestreo, con 0 especies detectadas en una sola unidad. Chao 2 proyecta 4.00 especies —100.00 % de completitud— e ICE 4.00; el ajuste de Clench sitúa la asíntota en 4.63 con 86.38 % de completitud y $R^2 = 0.95$. El inventario de esta unidad puede darse por cerrado.

Sobre el esfuerzo combinado Área de Influencia + Región Ecológica —siete alineamientos, el mismo número que en el predio— la riqueza observada es en los tres grupos superior: 43 especies de aves frente a 29, 7 de mamíferos frente a 3 y 12 de reptiles frente a 4. Los tres cuadros que siguen sirven para comprobar si ese acervo regional mayor se registró con la misma solidez estadística o a costa de la completitud del inventario.

Tabla 75. Representatividad del muestreo de aves en la Región Ecológica.

Grupo	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
Aves	Chao 1	43	43.00	100.00	Estimador de abundancia; usa singletons y doubletons
Aves	Chao 2	43	43.00	100.00	Estimador de incidencia; usa uniques y duplicates entre unidades
Aves	Jackknife 1	43	43.00	100.00	Corrección de primer orden por especies presentes en una sola unidad
Aves	Jackknife 2	43	40.62	105.86	Corrección de segundo orden
Aves	ICE	43	43.00	100.00	Estimador de cobertura basado en especies infrecuentes
Aves	Bootstrap	43	43.73	98.33	Remuestreo sobre la matriz de incidencia
Aves	Clench (asíntota)	43	52.34	82.16	Ajuste Sn = a·n/(1+b·n): a = 44.77, b = 0.86, a/b = 52.34, pendiente final = 0.92, R^2 = 0.96

Fuente: estimadores de riqueza y ajuste de Clench del grupo de aves en la Región Ecológica, calculados sobre la matriz de incidencia especie-unidad del levantamiento de fauna, temporada seca. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

En el grupo de aves de la Región Ecológica el inventario registró 43 especies sobre 7 unidades de muestreo, con 0 especies detectadas en una sola unidad. Chao 2 proyecta 43.00 especies —100.00 % de completitud— e ICE 43.00; el ajuste de Clench sitúa la asíntota en 52.34 con 82.16 % de completitud y R^2 = 0.96. El inventario de esta unidad puede darse por cerrado.

Tabla 76. Representatividad del muestreo de mamíferos en la Región Ecológica.

Grupo	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
Mamíferos	Chao 1	7	7.00	100.00	Estimador de abundancia; usa singletons y doubletons
Mamíferos	Chao 2	7	7.00	100.00	Estimador de incidencia; usa uniques y duplicates entre unidades
Mamíferos	Jackknife 1	7	7.00	100.00	Corrección de primer orden por especies presentes en una sola unidad
Mamíferos	Jackknife 2	7	7.00	100.00	Corrección de segundo orden
Mamíferos	ICE	7	7.00	100.00	Estimador de cobertura basado en especies infrecuentes
Mamíferos	Bootstrap	7	7.05	99.32	Remuestreo sobre la matriz de incidencia
Mamíferos	Clench (asíntota)	7	8.21	85.27	Ajuste Sn = a·n/(1+b·n): a = 9.32, b = 1.14, a/b = 8.21, pendiente final = 0.12, R^2 = 0.94

Fuente: estimadores de riqueza y ajuste de Clench del grupo de mamíferos en la Región Ecológica, calculados sobre la matriz de incidencia especie-unidad del levantamiento de fauna, temporada seca. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

En el grupo de mamíferos de la Región Ecológica el inventario registró 7 especies sobre 7 unidades de muestreo, con 0 especies detectadas en una sola unidad. Chao 2 proyecta 7.00 especies —100.00 % de completitud— e ICE 7.00; el ajuste de Clench sitúa la asíntota en 8.21 con 85.27 % de completitud y R^2 = 0.94. El inventario de esta unidad puede darse por cerrado.

Tabla 77. Representatividad del muestreo de reptiles en la Región Ecológica.

Grupo	Estimador	Riqueza observada	Riqueza estimada	Completitud (%)	Interpretación
Reptiles	Chao 1	12	12.00	100.00	Estimador de abundancia; usa singletons y doubletons
Reptiles	Chao 2	12	12.00	100.00	Estimador de incidencia; usa uniques y duplicates entre unidades
Reptiles	Jackknife 1	12	12.00	100.00	Corrección de primer orden por especies presentes en una sola unidad
Reptiles	Jackknife 2	12	11.40	105.22	Corrección de segundo orden
Reptiles	ICE	12	12.00	100.00	Estimador de cobertura basado en especies infrecuentes
Reptiles	Bootstrap	12	12.17	98.60	Remuestreo sobre la matriz de incidencia
Reptiles	Clench (asíntota)	12	14.37	83.51	Ajuste Sn = a·n/(1+b·n): a = 13.75, b = 0.96, a/b = 14.37, pendiente final = 0.23, R^2 = 0.95

Fuente: estimadores de riqueza y ajuste de Clench del grupo de reptiles en la Región Ecológica, calculados sobre la matriz de incidencia especie-unidad del levantamiento de fauna, temporada seca. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

En el grupo de reptiles de la Región Ecológica el inventario registró 12 especies sobre 7 unidades de muestreo, con 0 especies detectadas en una sola unidad. Chao 2 proyecta 12.00 especies —100.00 % de completitud— e ICE 12.00; el ajuste de Clench sitúa la asíntota en 14.37 con 83.51 % de completitud y R^2 = 0.95. El inventario de esta unidad puede darse por cerrado.

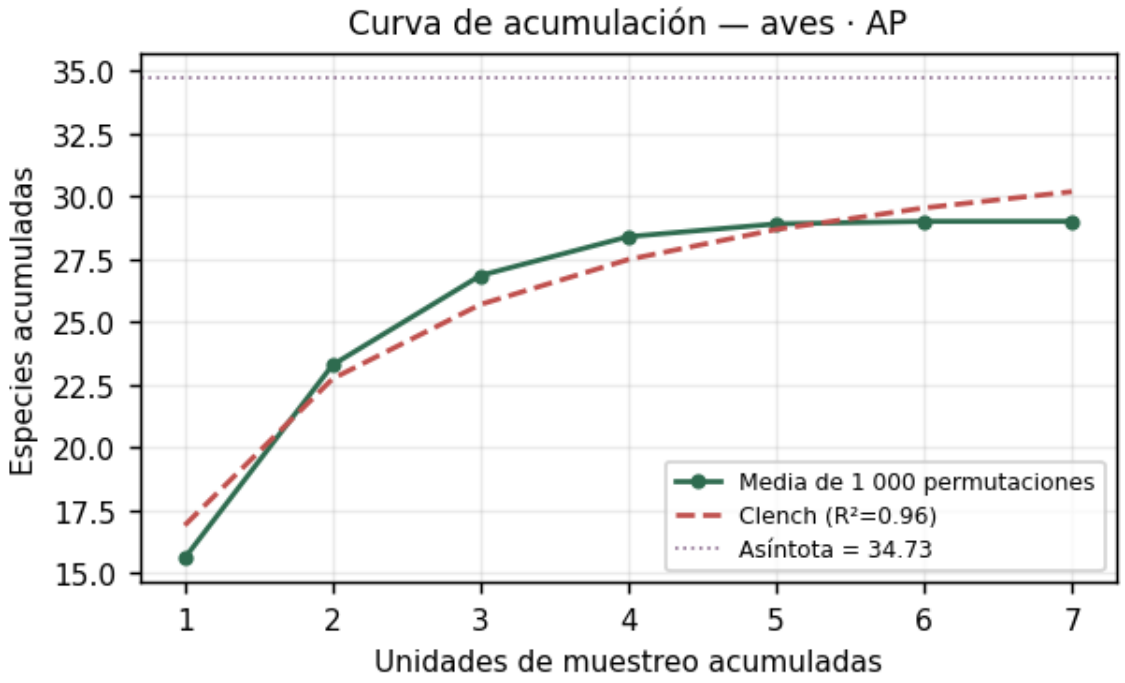


Figura 49. Curva de acumulación de especies de aves en el Área del Proyecto. Riqueza observada 29, asíntota 34.73, completitud de Clench 83.49 % y R^2 = 0.96. Fuente: levantamiento de fauna del estudio.

La curva se aplana antes de agotar las 7 unidades de muestreo disponibles y el ajuste de Clench reproduce su forma con un coeficiente de determinación de 0.96. Chao 2 estima 29.00 especies frente a las 29 observadas, 100.00 % de completitud: no queda base estadística para proyectar especies no detectadas con las técnicas y la temporada empleadas.

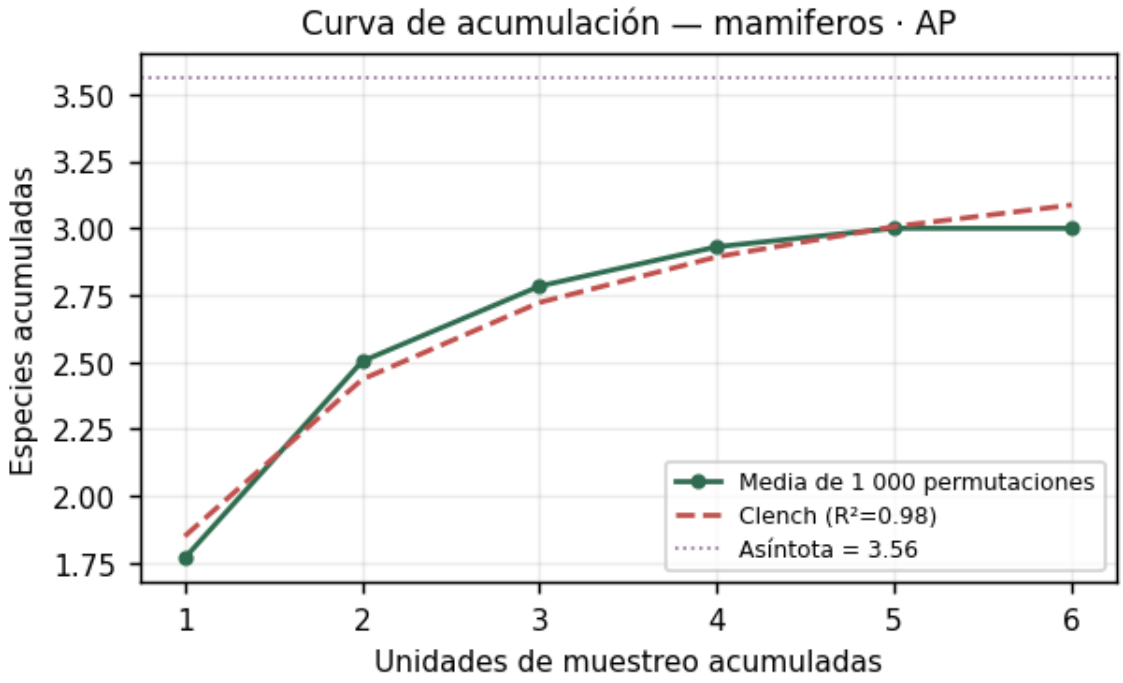


Figura 50. Curva de acumulación de especies de mamíferos en el Área del Proyecto. Riqueza observada 3, asíntota 3.56, completitud de Clench 84.18 % y R^2 = 0.98. Fuente: levantamiento de fauna del estudio.

La curva se aplana antes de agotar las 6 unidades de muestreo disponibles y el ajuste de Clench reproduce su forma con un coeficiente de determinación de 0.98. Chao 2 estima 3.00 especies frente a las 3 observadas, 100.00 % de completitud: no queda base estadística para proyectar especies no detectadas con las técnicas y la temporada empleadas.

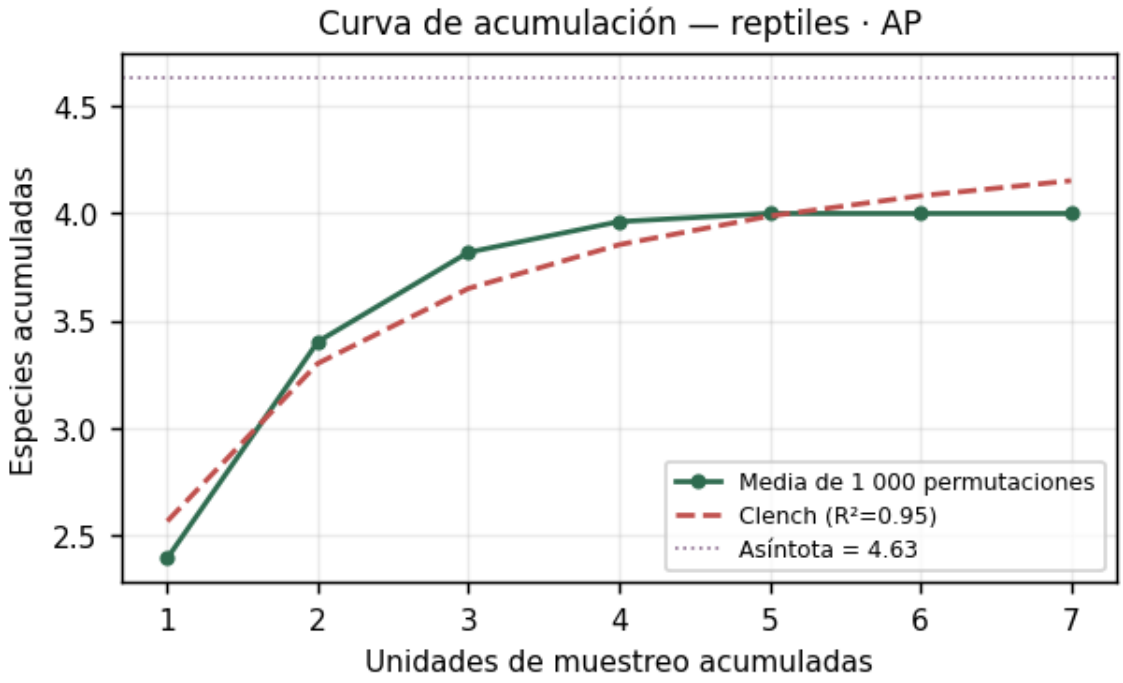


Figura 51. Curva de acumulación de especies de reptiles en el Área del Proyecto. Riqueza observada 4, asíntota 4.63, completitud de Clench 86.38 % y R^2 = 0.95. Fuente: levantamiento de fauna del estudio.

La curva se aplana antes de agotar las 7 unidades de muestreo disponibles y el ajuste de Clench reproduce su forma con un coeficiente de determinación de 0.95. Chao 2 estima 4.00 especies frente a las 4 observadas, 100.00 % de completitud: no queda base estadística para proyectar especies no detectadas con las técnicas y la temporada empleadas.

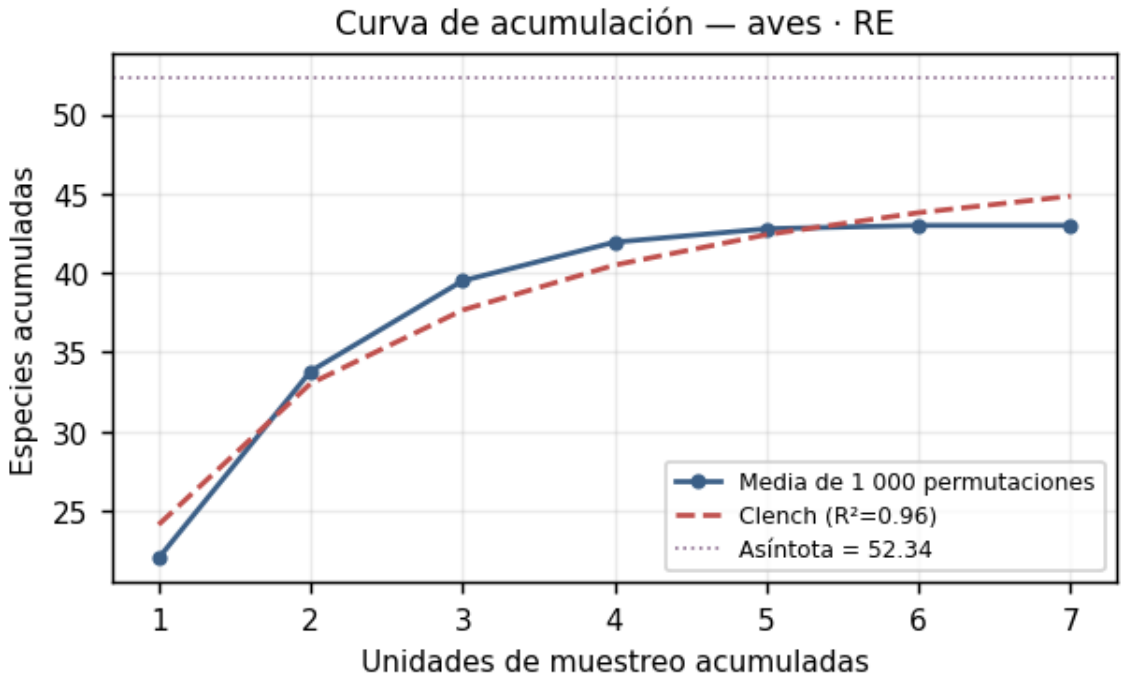


Figura 52. Curva de acumulación de especies de aves en la Región Ecológica. Riqueza observada 43, asíntota 52.34, completitud de Clench 82.16 % y R^2 = 0.96. Fuente: levantamiento de fauna del estudio.

La curva se aplana antes de agotar las 7 unidades de muestreo disponibles y el ajuste de Clench reproduce su forma con un coeficiente de determinación de 0.96. Chao 2 estima 43.00 especies frente a las 43 observadas, 100.00 % de completitud: no queda base estadística para proyectar especies no detectadas con las técnicas y la temporada empleadas.

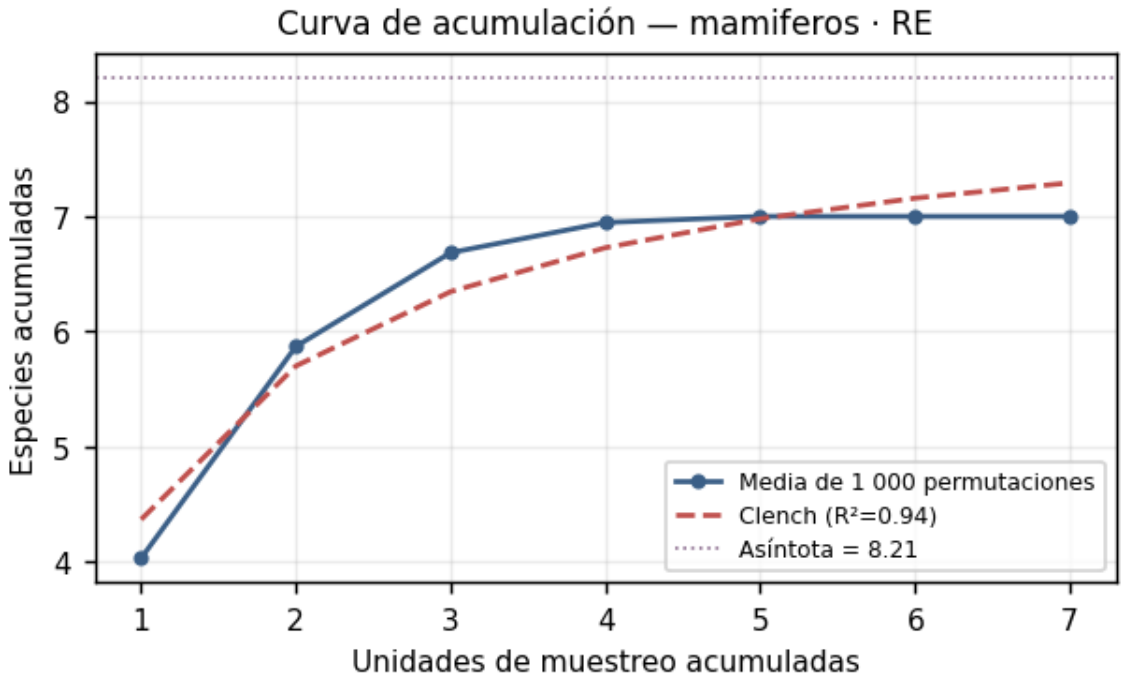


Figura 53. Curva de acumulación de especies de mamíferos en la Región Ecológica. Riqueza observada 7, asíntota 8.21, completitud de Clench 85.27 % y R^2 = 0.94. Fuente: levantamiento de fauna del estudio.

La curva se aplana antes de agotar las 7 unidades de muestreo disponibles y el ajuste de Clench reproduce su forma con un coeficiente de determinación de 0.94. Chao 2 estima 7.00 especies frente a las 7 observadas, 100.00 % de completitud: no queda base estadística para proyectar especies no detectadas con las técnicas y la temporada empleadas.

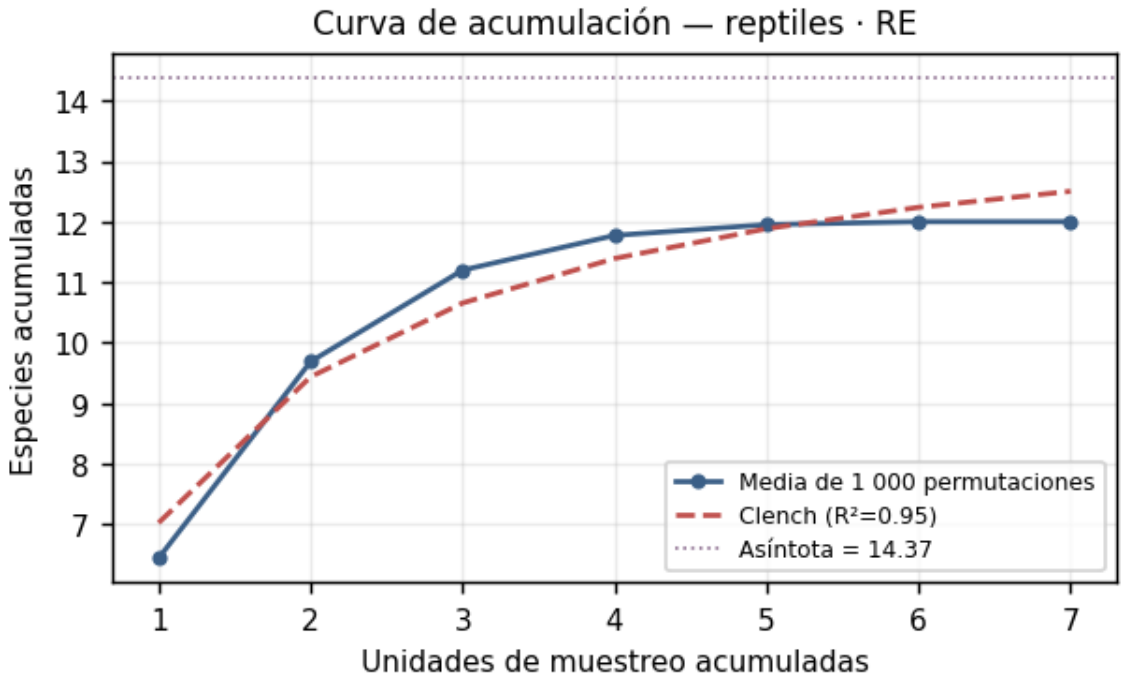


Figura 54. Curva de acumulación de especies de reptiles en la Región Ecológica. Riqueza observada 12, asíntota 14.37, completitud de Clench 83.51 % y R^2 = 0.95. Fuente: levantamiento de fauna del estudio.

La curva se aplana antes de agotar las 7 unidades de muestreo disponibles y el ajuste de Clench reproduce su forma con un coeficiente de determinación de 0.95. Chao 2 estima 12.00 especies frente a las 12 observadas, 100.00 % de completitud: no queda base estadística para proyectar especies no detectadas con las técnicas y la temporada empleadas.

Los seis inventarios faunísticos alcanzan completitud de 100.00 % por los estimadores de incidencia y superan el umbral de 80 % por el ajuste de Clench. Chao 2, ICE y Jackknife 1 coinciden con la riqueza observada en los seis casos —29, 3 y 4 especies en el Área del Proyecto; 43, 7 y 12 en la Región Ecológica— , y el ajuste de Clench arroja completitudes de 83.49 %, 84.18 % y 86.38 % en el Área del Proyecto, y 82.16 %, 85.27 % y 83.51 % en la Región Ecológica.

El resultado tiene una explicación estadística precisa y conviene enunciarla porque de otro modo la coincidencia perfecta de los estimadores parecería sospechosa: **en los seis grupos el número de especies detectadas en una sola unidad de muestreo es cero.** Chao 2, ICE y Jackknife 1 proyectan especies no detectadas a partir precisamente de esos *uniques*; cuando no hay ninguno, los tres estimadores devuelven la riqueza observada por construcción. Toda especie registrada apareció en al menos dos unidades, lo que indica que el esfuerzo cubrió el conjunto de especies detectables en la temporada y con las técnicas empleadas.

Esa suficiencia debe leerse con el alcance que le corresponde. Los inventarios están completos **respecto de lo detectable en temporada seca mediante puntos de conteo y transectos diurnos**. No incluyen las especies de actividad estrictamente nocturna que esas técnicas no capturan, ni las migratorias de verano, ni los anfibios, cuya detección requiere la temporada húmeda. La completitud medida es una propiedad del

inventario dentro de su ventana temporal y metodológica, no una afirmación sobre el acervo faunístico anual de la Región Ecológica.

III.3.2.5 Suficiencia del inventario para los fines del capítulo

De las dieciocho unidades de análisis evaluadas —doce combinaciones de escala y estrato en flora, y seis de escala y grupo en fauna—, **diecisiete superan el umbral de 80 % de completitud por el estimador de incidencia Chao 2**, y la única que no lo alcanza queda a siete décimas de él. Las tres unidades que no cierran su inventario de forma inequívoca, sumando el juicio de los demás estimadores, son el estrato arbóreo y de regeneración del Área de Influencia (79.27 % por Chao 2), el estrato de otras formas de vida de la Región Ecológica (81.82 % por Chao 2 pero 50.77 % por Clench) y el estrato herbáceo del Área de Influencia (base muestral de 3 sitios).

Ninguna de las tres compromete las conclusiones del capítulo, y la razón es de dónde recaen: **las tres corresponden a escalas de contexto —el Área de Influencia y la Región Ecológica—, no al Área del Proyecto**, cuyos cuatro estratos alcanzan 100.00 % de completitud por Chao 2. La superficie sobre la que el proyecto actúa, que es la que debe describirse con mayor certeza porque es la que se va a intervenir, es también la mejor inventariada. Las tres unidades con inventario abierto se identifican de forma explícita en las interpretaciones de los apartados III.5 y III.7, y las afirmaciones que dependen de ellas se enuncian como tendencias.

III.4 Especies endémicas y en categoría de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010)

Los muestreos de las tres escalas registraron **66 especies de flora vascular y 63 especies de fauna** —44 aves, 7 mamíferos y 12 reptiles, contando una sola vez las que aparecen en las dos escalas faunísticas—. Este apartado determina cuáles de ellas tienen categoría de riesgo, endemismo o inclusión en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

III.4.1 Fuente y criterio de verificación del estatus

La categoría de riesgo de cada especie se verificó, taxón por taxón, contra el **Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010** en su versión vigente: la norma se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 2010, su Anexo Normativo III fue modificado mediante publicación en el Diario Oficial de la Federación del 14 de noviembre de 2019, y esa modificación fue corregida por la fe de erratas publicada el 4 de marzo de 2020. Consulta realizada el 17 de agosto de 2026. Las claves de categoría —P, en peligro de extinción; A, amenazada; Pr, sujeta a protección especial; E, probablemente extinta en el medio silvestre— provienen del cuerpo de la norma de 2010, que la modificación de 2019 no alteró.

El anexo lista taxones en dos niveles: especie y subespecie, y la distinción es determinante. Cuando el anexo incluye a la especie como tal, la categoría aplica a cualquier individuo de esa especie. Cuando el anexo incluye únicamente a una o varias subespecies —caso frecuente en aves y mamíferos con poblaciones insulares del Pacífico mexicano—, la categoría **no aplica a la especie en su conjunto**: aplica sólo a los individuos de la subespecie listada. Los registros de este levantamiento se determinaron a nivel de especie y no a nivel subespecífico, de modo que en esos casos la categoría del anexo no puede atribuirse a los ejemplares observados. Las tablas de este apartado señalan esa condición de forma expresa con la leyenda «sólo a nivel subespecífico».

El endemismo se verificó contra el listado de especies endémicas de México de la CONABIO y contra la caracterización de campo del levantamiento. Los apéndices de la Convención sobre el Comercio

Internacional de Especies Amenazadas y las categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza se reportan conforme a la caracterización que acompaña al levantamiento de campo, incluida en el anexo correspondiente.

III.4.2 Resumen por escala y grupo

Tabla 78. Riqueza registrada y especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por escala y grupo.

Escala	Grupo	Riqueza registrada	Listadas en el Anexo Normativo III a nivel de especie	Listadas sólo a nivel subespecífico	Endémicas de México
AP	Aves	29	0	6	9
AP	Mamíferos	3	0	1	0
AP	Reptiles	4	1	0	3
AI	Aves	37	2	7	10
AI	Mamíferos	6	0	2	0
AI	Reptiles	11	4	0	6
RE	Aves	39	4	5	12
RE	Mamíferos	6	1	2	0
RE	Reptiles	12	4	0	6
AP	Flora vascular	43	1	0	12
AI	Flora vascular	43	1	0	12
RE	Flora vascular	59	2	0	12

Fuente: NOM-059-SEMARNAT-2010, Anexo Normativo III (Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010; modificación del 14 de noviembre de 2019 y fe de erratas del 4 de marzo de 2020); CONABIO, listado de especies endémicas de México; levantamiento propio del estudio. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La Tabla 78 admite una lectura directa. **En el Área del Proyecto se registran dos especies incluidas en el Anexo Normativo III a nivel de especie**: una de flora y una de reptil. **En el Área de Influencia, siete: una de flora y seis de fauna** —dos aves (*Amazona finschi*, *Campephilus guatemalensis*) y cuatro reptiles (*Coleonyx variegatus*, *Ctenosaura pectinata*, *Iguana iguana*, *Kinosternon integrum*)—. **En la Región Ecológica, once**: dos de flora y nueve de fauna. La diferencia entre escalas es la esperable de un gradiente de superficie y de heterogeneidad ambiental: la Región Ecológica cubre 37,971.75 ha y sus sitios de muestreo alcanzan condiciones de conservación y de posición topográfica que el predio no ofrece. Pero el gradiente no es escalonado en los cuatro reptiles con clave normativa: los cuatro que se registran en la Región Ecológica se registran también en el Área de Influencia, contigua al predio, de modo que para ese grupo la condición favorable no depende de alejarse seis kilómetros hacia el sector nororiental de la microcuenca.

El endemismo presenta un patrón distinto y notablemente más denso. **Doce de las especies de flora registradas en cada escala son endémicas de México**, catorce si se cuentan una sola vez las de las tres escalas juntas; y entre la fauna lo son 12 de las 36 especies del Área del Proyecto —33.33 %— y 18 de las 57 de la Región Ecológica —31.58 %—. Casi un tercio de la fauna registrada es endémica del país. Ese dato no es una anomalía del sitio sino una propiedad de la provincia biogeográfica: la selva baja caducifolia de la

vertiente del Pacífico mexicano es uno de los ecosistemas con mayor proporción de endemismos del país, y cualquier levantamiento bien hecho en ella lo refleja.

III.4.3 Flora en categoría de riesgo

Tabla 79. Flora en categoría de riesgo: especie, nombre común y categoría NOM-059-SEMARNAT-2010.

Componente	Estrato	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN	Endemismo	Escala	Densidad (ind·ha⁻¹)	Frecuencia (%)
Flora	Arbustivo	*Gossypium aridum*	Listoncillo	Pr	—	VU	Endémica de México	AP	34.21	42.11
Flora	Arbustivo	*Gossypium aridum*	Listoncillo	Pr	—	VU	Endémica de México	AI	236.67	77.78
Flora	Arbustivo	*Gossypium aridum*	Listoncillo	Pr	—	VU	Endémica de México	RE	8.00	10.00
Flora	Arbóreo y regeneración	*Guaiacum coulteri*	Guayacan	A	II	VU	No endémica	RE	133.00	30.00

Fuente: NOM-059-SEMARNAT-2010, Anexo Normativo III; levantamiento propio del estudio, temporada seca. Densidad expresada en la hectárea tipo del estrato; frecuencia, sobre los sitios observados del estrato en cada escala. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Dos especies de flora del levantamiento figuran en el Anexo Normativo III.

El **listoncillo (*Gossypium aridum*)**, sujeta a protección especial y endémica de México, es un algodón silvestre del género *Gossypium*, pariente silvestre del algodón cultivado y por tanto recurso fitogenético de interés. Está presente en las **tres escalas**, en el estrato arbustivo: con 34.21 individuos·ha⁻¹ y frecuencia de 42.11 % en el Área del Proyecto; con 236.67 individuos·ha⁻¹ y frecuencia de 77.78 % en el Área de Influencia; y con 8.00 individuos·ha⁻¹ y frecuencia de 10.00 % en la Región Ecológica. **La densidad de la especie en el Área de Influencia es casi siete veces la del Área del Proyecto y casi treinta veces la de la Región Ecológica.** El patrón es informativo: la especie no es rara en el entorno del proyecto sino todo lo contrario, y el predio no concentra su población — la concentra el Área de Influencia. Ese resultado condiciona el diseño de las medidas de rescate que el estudio propone en sus capítulos posteriores, porque existe una población fuente inmediata y abundante fuera del polígono de intervención.

El **guayacán (*Guaiacum coulteri*)**, amenazada e incluida en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas, es un árbol de madera densa y crecimiento lento, históricamente sujeto a extracción. Se registró **únicamente en la Región Ecológica**, en el estrato arbóreo y de regeneración, con 133.00 individuos·ha⁻¹ y frecuencia de 30.00 %. **No se registró en el Área del Proyecto ni en el Área de Influencia**, de modo que la intervención no afecta a la población conocida de esta especie dentro de la unidad.

Tabla 80. Registros de flora en categoría de riesgo: especie, escala y sitio de muestreo.

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	Escala	Sitio de muestreo	X (m, UTM WGS84 zona 13N)	Y (m, UTM WGS84 zona 13N)
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	AP	2	263,603	2,744,207

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	Escala	Sitio de muestreo	X (m, UTM WGS84 zona 13N)	Y (m, UTM WGS84 zona 13N)
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	AP	5	263,702	2,744,156
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	AP	7	263,495	2,744,097
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	AP	11	263,639	2,744,048
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	AP	15	263,648	2,743,956
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	AP	17	263,528	2,743,913
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	AP	18	263,583	2,743,912
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	AP	19	263,490	2,743,879
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	AI	2	263,803	2,743,934
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	AI	3	263,843	2,743,952
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	AI	4	263,891	2,743,950
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	AI	5	263,842	2,743,883
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	AI	6	263,761	2,743,881
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	AI	7	263,694	2,743,860
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	AI	9	263,506	2,743,785
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	RE	10	269,950	2,752,388
Guaiacum coulteri	Guayacan	A	RE	10	269,950	2,752,388
Guaiacum coulteri	Guayacan	A	RE	11	270,153	2,752,307
Guaiacum coulteri	Guayacan	A	RE	14	269,746	2,757,626

Fuente: registros del levantamiento de flora del estudio; coordenadas de los sitios de muestreo en UTM WGS84 zona 13N (EPSG:32613). Anexo de campo del estudio.

Las coordenadas confirman lo que las densidades anticipaban. El listoncillo (*Gossypium aridum*) se detectó en **8 de los 19 sitios del Área del Proyecto**, distribuidos por todo el polígono y sin agregación en un sector; en **7 de los 9 sitios del Área de Influencia**, lo que corresponde a su frecuencia de 77.78 %; y en **1 de los 10 sitios de la Región Ecológica**. El guayacán (*Guaiacum coulteri*) se localizó en **3 de los 10 sitios de la Región Ecológica**, todos en el sector nororiental de la microcuenca, entre 269,746 y 270,153 m Este.

Los registros de especie en riesgo levantados dentro del Área del Proyecto son doce —ocho de listoncillo (*Gossypium aridum*) y cuatro de iguana negra o garrobo (*Ctenosaura pectinata*)—, y cada uno queda relacionado con la coordenada de la unidad de muestreo que lo contiene. Esa relación es la base cartográfica del programa de rescate y ahuyentamiento, y por eso su lectura empieza por lo que puede y no puede exigírsele. **La resolución espacial de estos registros es la de la unidad de muestreo, y conviene enunciar su límite antes de usarlos.** La ubicación de la flora se construye con la coordenada del sitio de muestreo que contiene al ejemplar, y la de la fauna con la coordenada central del alineamiento de recorrido en que fue avistada. **El punto localiza la unidad, no al individuo:** las unidades anidadas de un sitio de flora miden entre 100 y 1,000 m² y un alineamiento de fauna mide 100.00 m, de modo que el ejemplar puede proceder de cualquier posición dentro de esa superficie o de ese trazo. La incertidumbre posicional es, por tanto, del orden de algunas decenas de metros. Es suficiente para lo que la evaluación necesita de ella —dirigir el rescate de flora y el ahuyentamiento de fauna hacia los sectores del predio que efectivamente contienen a las especies protegidas— e insuficiente para señalar el pie de cada individuo, que es una determinación de ejecución: el marcaje individual se levanta en campo al inicio de los trabajos de desmonte, sobre la base que este apartado delimita.

Tabla 81. Registros de flora en categoría de riesgo en el Área del Proyecto: unidad de registro y coordenadas.

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	Unidad de registro	X (m, UTM WGS84 zona 13N)	Y (m, UTM WGS84 zona 13N)	Individuos
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	Sitio de flora 2	263,603	2,744,207	—
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	Sitio de flora 5	263,702	2,744,156	—
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	Sitio de flora 7	263,495	2,744,097	—
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	Sitio de flora 11	263,639	2,744,048	—
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	Sitio de flora 15	263,648	2,743,956	—
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	Sitio de flora 17	263,528	2,743,913	—
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	Sitio de flora 18	263,583	2,743,912	—
Gossypium aridum	Listoncillo	Pr	Sitio de flora 19	263,490	2,743,879	—

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	Unidad de registro	X (m, UTM WGS84 zona 13N)	Y (m, UTM WGS84 zona 13N)	Individuos
Ctenosaura pectinata	Iguana negra (garrobo)	A	Alineamiento AP-1, centro	263,521	2,743,944	1
Ctenosaura pectinata	Iguana negra (garrobo)	A	Alineamiento AP-2, centro	263,503	2,744,042	1
Ctenosaura pectinata	Iguana negra (garrobo)	A	Alineamiento AP-3, centro	263,614	2,744,054	1
Ctenosaura pectinata	Iguana negra (garrobo)	A	Alineamiento AP-6, centro	263,476	2,744,181	1

Fuente: registros del levantamiento del estudio en el Área del Proyecto. Coordenadas de los sitios de muestreo de flora y coordenada central de los alineamientos de fauna, en UTM WGS84 zona 13 norte (EPSG:32613); los alineamientos se identifican conforme al cuadro del apartado III.3.1.6. La abundancia de la flora se expresa como densidad en la hectárea tipo y como frecuencia sobre los sitios observados del estrato —cuadro del apartado III.4.3—, no como conteo por sitio, y por eso la columna de individuos no aplica a sus filas. Anexo de campo del estudio.

Ubicación de los registros de especies en categoría de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010, Anexo Normativo III) en el Área del Proyecto

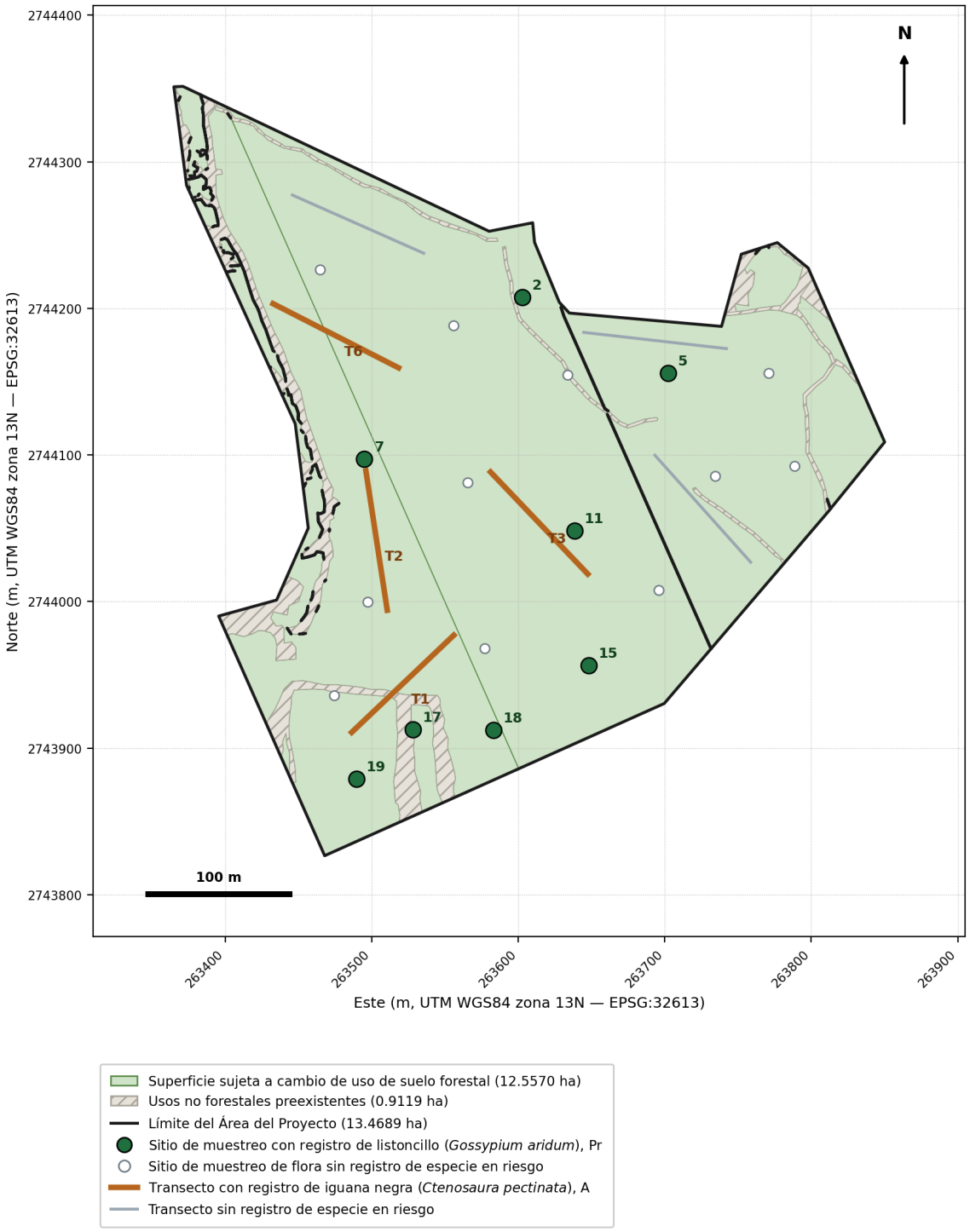


Figura 55. Ubicación de los registros de especies en categoría de riesgo del Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 dentro del Área del Proyecto: los ocho sitios de muestreo con registro de listoncillo (*Gossypium aridum*), sujeta a protección especial, y los cuatro alineamientos de recorrido con registro de iguana negra o garrobo (*Ctenosaura pectinata*), amenazada. Se dibujan también las 12.5570 ha sujetas a cambio de uso de suelo forestal y las 0.9119 ha de usos no forestales preexistentes que completan las 13.4689 ha del polígono. Cada símbolo representa la unidad de muestreo que contiene el registro —el sitio o el alineamiento—, no la posición del ejemplar; la incertidumbre posicional es la dimensión de esa unidad. Fuente: levantamiento del estudio, temporada seca; polígonos del proyecto. Anexo de campo del estudio.

El dibujo separa dos patrones que las densidades por sí solas no distinguen. **El listoncillo (*Gossypium aridum*) se reparte por todo el polígono** —del sitio 2, el más septentrional de los ocho, al sitio 19, en el extremo meridional—, y sus registros aparecen tanto en la mitad occidental como en la oriental, sin agregación en ningún sector. La consecuencia operativa es que el rescate de esta especie no puede concentrarse en una franja: tiene que recorrer la totalidad de la superficie a desmontar, y su programación debe suponer presencia difusa y no un núcleo localizable.

Los cuatro registros de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) se ubican, en cambio, en la mitad occidental y central del predio, entre 263,476 y 263,614 m Este, mientras que los tres alineamientos sin registro son los dos más orientales —AP-4 y AP-7, a 263,726 y 263,693 m Este— y el del extremo Norte, AP-5. Con cuatro individuos repartidos uno por alineamiento sobre siete recorridos, ese reparto **indica presencia y no describe un gradiente de densidad**: la muestra es demasiado pequeña para sostener que la especie sea más abundante en un sector del polígono que en otro, y este capítulo no lo afirma ni construye sobre ello ninguna conclusión. Tampoco se explica por la posición de los escurrimientos, y conviene decirlo porque sería la inferencia inmediata: los cuatro alineamientos con registro son precisamente **los más alejados de los cauces del predio —entre 82 y 181 m—**, y los tres sin registro **los más próximos —entre 3 y 23 m—**, de modo que la asociación con la vegetación ribereña que cabría esperar de un iguánido no aparece en esta muestra. Lo que el resultado establece con firmeza es lo único que la medida necesita: **la especie está presente dentro de la superficie que será desmontada**, y lo está en cuatro de los siete recorridos.

Puestas juntas, las dos distribuciones ordenan las medidas del proyecto sin necesidad de una coordenada por individuo. **El ahuyentamiento de fauna debe iniciarse por la mitad occidental del predio y avanzar hacia el Este y el Sur**, porque ése es el sentido que empuja a los individuos hacia el sector del Área de Influencia en que el muestreo regional situó sus tres alineamientos próximos —R-2 al Sur, R-1 al Este-sureste y R-3 al Este-noreste, según la Tabla 59—, es decir hacia donde persiste la selva baja caducifolia que ese diseño buscaba, y no hacia el borde urbano de Culiacán Rosales, que limita al predio por el Oeste; **el rescate de flora, en cambio, debe barrer la superficie completa**. Que la especie de flora protegida esté además presente en el Área de Influencia con casi siete veces la densidad del predio —236.67 frente a 34.21 individuos·ha^{-1}— es lo que da viabilidad al programa: existe población fuente inmediata para reforzar la reubicación, y el destino de los ejemplares rescatados no depende de la propia superficie intervenida.

III.4.4 Flora endémica de México

Tabla 82. Flora endémica de México registrada en el estudio: forma de vida, categoría NOM-059 y densidad por escala.

Especie	Nombre común	Forma de vida	NOM-059-SEMARNAT-2010	Escalas donde se registró (densidad, ind·ha^{-1})
Bursera penicillata	Copal	Árbol	No incluida	AP (7.89); AI (16.67); RE (50.00)

Especie	Nombre común	Forma de vida	NOM-059-SEMARNAT-2010	Escalas donde se registró (densidad, ind·ha⁻¹)
Conzattia sericea	Navio	—	No incluida	AI (21.11)
Cordia sonorae	Amapa prieta	Árbol	No incluida	AP (33.16); AI (3.33); RE (20.00)
Coulteria platyloba	Palo colorado	Árbol / Arbusto	No incluida	AP (11.58); RE (157.00)
Erythrostemon palmeri	Palo piojo	Arbusto o árbol	No incluida	AP (52.63); AI (92.22); RE (4.00)
Gossypium aridum	Listoncillo	Árbol	Pr	AP (34.21); AI (236.67); RE (8.00)
Jatropha cordata	Torote	Árbol	No incluida	AP (161.05); AI (348.89)
Opuntia spraguei	Nopal	Arbusto o árbol suculento	No incluida	AP (127.69); AI (131.25); RE (11.11)
Pachycereus pecten-aboriginum	Cardón	Arborescente / Suculenta / Columnar	No incluida	AP (49.23); AI (68.75); RE (111.11)
Pilosocereus purpusii	Viejitos	Arbusto / Suculenta / Columnar	No incluida	AP (15.38); AI (1.25); RE (11.11)
Recchia mexicana	Manzanita	Árbol	No incluida	AP (57.89); RE (45.00)
Ruehssia edulis	Talayote	Liana	No incluida	AP (30.77); AI (13.75); RE (33.33)
Sarcomphalus amole	Ceituna	Árbol	No incluida	AP (12.11); AI (1.11); RE (44.00)
Zanthoxylum arborescens	Garabato	Árbol / Arbusto	No incluida	AI (4.44); RE (20.00)

Fuente: CONABIO, listado de especies endémicas de México; NOM-059-SEMARNAT-2010, Anexo Normativo III; levantamiento propio del estudio. Densidad expresada en la hectárea tipo de cada escala. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Catorce de las 66 especies de flora registradas son endémicas de México, 21.21 % del total. Su composición dice mucho sobre el ecosistema: incluye tres cactáceas —el nopal (*Opuntia spraguei*), el cardón (*Pachycereus pecten-aboriginum*) y los viejitos (*Pilosocereus purpusii*)—, dos leguminosas arbóreas —el navío (*Conzattia sericea*) y el palo piojo (*Erythrostemon palmeri*)—, el copal (*Bursera penicillata*), el torote (*Jatropha cordata*), la amapa prieta (*Cordia sonorae*), el palo colorado (*Coulteria platyloba*), la manzanita (*Recchia mexicana*), la ceituna (*Sarcomphalus amole*), el garabato (*Zanthoxylum arborescens*), el talayote (*Ruehssia edulis*) y el propio listoncillo (*Gossypium aridum*).

Las tres cactáceas y el copal alcanzan densidades apreciables en el Área del Proyecto —127.69, 49.23, 15.38 y 7.89 individuos·ha⁻¹ respectivamente— y ninguna es exclusiva del predio: **las doce especies endémicas del Área del Proyecto están presentes también en el Área de Influencia, en la Región Ecológica o en ambas.** Ese hecho es el que permite afirmar que la intervención no compromete la permanencia regional de ninguna de ellas, y a la vez el que obliga a que las medidas de rescate y reubicación

del proyecto se dirijan preferentemente a este conjunto, que es el que concentra el valor de conservación del predio.

III.4.5 Fauna en categoría de riesgo y endémica

Tabla 83. Fauna en categoría de riesgo, endémica y en listados internacionales: consolidado por escala.

Componente	Grupo	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN	Endemismo	Escala	Individuos
Fauna	Aves	*Amazilia rutila*	Colibrí canela	Pr (sólo a nivel subespecífico)	II	LC	No endémica	AP	4
Fauna	Aves	*Calocitta colliei*	Urraca hermosa (urraca copetona del Pacífico)	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	AP	6
Fauna	Aves	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	Pr (sólo a nivel subespecífico)	No listada	LC	No endémica	AP	4
Fauna	Aves	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	E (sólo a nivel subespecífico)	No listada	LC	No endémica	AP	4
Fauna	Aves	*Cynanthus latirostris*	Colibrí pico ancho	Pr (sólo a nivel subespecífico)	II	LC	Endémica de México	AP	2
Fauna	Aves	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	AP	2
Fauna	Aves	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	No incluida	II	LC	Endémica de México	AP	4
Fauna	Aves	*Haemorhous mexicanus*	Camachuelo mexicano	P/E (sólo a nivel subespecífico)	No listada	LC	No endémica	AP	5
Fauna	Aves	*Icterus pustulatus*	Calandria dorso rayado	Pr (sólo a nivel subespecífico)	No listada	LC	Endémica de México	AP	4
Fauna	Aves	*Melanerpes uropygialis*	Carpintero del desierto	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	AP	3
Fauna	Aves	*Ortalis wagleri*	Chachalaca de Wagler	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	AP	6
Fauna	Aves	*Polioptila nigriceps*	Perlita sinaloense	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	AP	6

Componente	Grupo	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN	Endemismo	Escala	Individuos
Fauna	Aves	*Trogon elegans*	Coa elegante	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	AP	4
Fauna	Mamíferos	*Procyon lotor*	Mapache	P (sólo a nivel subespecífico)	No listada	LC	No endémica	AP	4
Fauna	Reptiles	*Aspidoscelis costatus*	Huico llanero	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	AP	4
Fauna	Reptiles	*Ctenosaura pectinata*	Iguana negra (garrobo)	A	II	LC	Endémica de México	AP	4
Fauna	Reptiles	*Urosaurus bicarinatus*	Lagartija de árbol bicarinada	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	AP	3
Fauna	Aves	*Amazilia rutila*	Colibrí canela	Pr (sólo a nivel subespecífico)	II	LC	No endémica	AI	5
Fauna	Aves	*Amazona finschi*	Loro corona lila	P	I	EN	Endémica de México	AI	2
Fauna	Aves	*Calocitta colliei*	Urraca hermosa (urraca copetona del Pacífico)	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	AI	14
Fauna	Aves	*Campephilus guatemalensis*	Carpintero pico plata	Pr	No listada	LC	No endémica	AI	2
Fauna	Aves	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	Pr (sólo a nivel subespecífico)	No listada	LC	No endémica	AI	6
Fauna	Aves	*Columbina passerina*	Tortolita coquita	A (sólo a nivel subespecífico)	No listada	LC	No endémica	AI	3
Fauna	Aves	*Corvus sinaloae*	Cuervo sinaloense	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	AI	2
Fauna	Aves	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	E (sólo a nivel subespecífico)	No listada	LC	No endémica	AI	3
Fauna	Aves	*Cynanthus latirostris*	Colibrí pico ancho	Pr (sólo a nivel subespecífico)	II	LC	Endémica de México	AI	5
Fauna	Aves	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	AI	3

Componente	Grupo	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN	Endemismo	Escala	Individuos
Fauna	Aves	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	No incluida	II	LC	Endémica de México	AI	1
Fauna	Aves	*Haemorhous mexicanus*	Camachuelo mexicano	P/E (sólo a nivel subespecífico)	No listada	LC	No endémica	AI	4
Fauna	Aves	*Icterus pustulatus*	Calandria dorso rayado	Pr (sólo a nivel subespecífico)	No listada	LC	Endémica de México	AI	7
Fauna	Aves	*Melanerpes uropygialis*	Carpintero del desierto	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	AI	2
Fauna	Aves	*Ortalis wagleri*	Chachalaca de Wagler	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	AI	1
Fauna	Aves	*Polioptila nigriceps*	Perlita sinaloense	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	AI	4
Fauna	Mamíferos	*Lepus alleni*	Liebre antílope	Pr (sólo a nivel subespecífico)	No listada	LC	No endémica	AI	4
Fauna	Mamíferos	*Procyon lotor*	Mapache	P (sólo a nivel subespecífico)	No listada	LC	No endémica	AI	3
Fauna	Reptiles	*Anolis nebulosus*	Anolis nublado	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	AI	3
Fauna	Reptiles	*Aspidoscelis costatus*	Huico llanero	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	AI	3
Fauna	Reptiles	*Coleonyx variegatus*	Geco bandeado del oeste	Pr	No listada	LC	No endémica	AI	2
Fauna	Reptiles	*Ctenosaura pectinata*	Iguana negra (garrobo)	A	II	LC	Endémica de México	AI	3
Fauna	Reptiles	*Iguana iguana*	Iguana verde	Pr	II	LC	No endémica	AI	5
Fauna	Reptiles	*Kinosternon integrum*	Tortuga casquito mexicana	Pr	No listada	LC	Endémica de México	AI	1
Fauna	Reptiles	*Trachemys ornata*	Jicotea del Pacífico	No incluida	No listada	VU	Endémica de México	AI	1

Componente	Grupo	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN	Endemismo	Escala	Individuos
Fauna	Reptiles	*Urosaurus bicarinatus*	Lagartija de árbol bicarinada	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	AI	3
Fauna	Aves	*Amazilia rutila*	Colibrí canela	Pr (sólo a nivel subespecífico)	II	LC	No endémica	RE	1
Fauna	Aves	*Amazona finschi*	Loro corona lila	P	I	EN	Endémica de México	RE	7
Fauna	Aves	*Calocitta colliei*	Urraca hermosa (urraca copetona del Pacífico)	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	RE	4
Fauna	Aves	*Campephilus guatemalensis*	Carpintero pico plata	Pr	No listada	LC	No endémica	RE	2
Fauna	Aves	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	Pr (sólo a nivel subespecífico)	No listada	LC	No endémica	RE	1
Fauna	Aves	*Columbina passerina*	Tortolita coquita	A (sólo a nivel subespecífico)	No listada	LC	No endémica	RE	7
Fauna	Aves	*Corvus sinaloae*	Cuervo sinaloense	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	RE	6
Fauna	Aves	*Cyanocorax beecheii*	Chara pinta	P	No listada	NT	Endémica de México	RE	8
Fauna	Aves	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	RE	3
Fauna	Aves	*Forpus cyanopygius*	Perico mexicano (catarina)	P/Pr	II	NT	Endémica de México	RE	8
Fauna	Aves	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	No incluida	II	LC	Endémica de México	RE	2
Fauna	Aves	*Haemorhous mexicanus*	Camachuelo mexicano	P/E (sólo a nivel subespecífico)	No listada	LC	No endémica	RE	1
Fauna	Aves	*Icterus pustulatus*	Calandria dorso rayado	Pr (sólo a nivel subespecífico)	No listada	LC	Endémica de México	RE	8

Componente	Grupo	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN	Endemismo	Escala	Individuos
Fauna	Aves	*Melanerpes uropygialis*	Carpintero del desierto	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	RE	11
Fauna	Aves	*Ortalis wagleri*	Chachalaca de Wagler	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	RE	7
Fauna	Aves	*Trogon elegans*	Coa elegante	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	RE	7
Fauna	Aves	*Polioptila nigriceps*	Perlita sinaloense	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	RE	1
Fauna	Mamíferos	*Leptonycteris yerbabuenae*	Murciélago magueyero menor	Pr	No listada	NT	No endémica	RE	7
Fauna	Mamíferos	*Lepus alleni*	Liebre antílope	Pr (sólo a nivel subespecífico)	No listada	LC	No endémica	RE	2
Fauna	Mamíferos	*Procyon lotor*	Mapache	P (sólo a nivel subespecífico)	No listada	LC	No endémica	RE	1
Fauna	Reptiles	*Anolis nebulosus*	Anolis nublado	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	RE	3
Fauna	Reptiles	*Aspidoscelis costatus*	Huico llanero	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	RE	3
Fauna	Reptiles	*Coleonyx variegatus*	Geco bandeado del oeste	Pr	No listada	LC	No endémica	RE	2
Fauna	Reptiles	*Ctenosaura pectinata*	Iguana negra (garrobo)	A	II	LC	Endémica de México	RE	3
Fauna	Reptiles	*Iguana iguana*	Iguana verde	Pr	II	LC	No endémica	RE	1
Fauna	Reptiles	*Kinosternon integrum*	Tortuga casquito mexicana	Pr	No listada	LC	Endémica de México	RE	1
Fauna	Reptiles	*Trachemys ornata*	Jicotea del Pacífico	No incluida	No listada	VU	Endémica de México	RE	4
Fauna	Reptiles	*Urosaurus bicarinatus*	Lagartija de árbol bicarinada	No incluida	No listada	LC	Endémica de México	RE	4

Fuente: NOM-059-SEMARNAT-2010, Anexo Normativo III (Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010; modificación del 14 de noviembre de 2019 y fe de erratas del 4 de marzo de 2020); CONABIO, listado de especies endémicas de México; apéndices de la Convención sobre el Comercio

Internacional de Especies Amenazadas y categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza según la caracterización del levantamiento de campo. Anexo de campo del estudio.

Este cuadro se corrige para separar el Área de Influencia de la Región Ecológica: la incorporación de la fauna del Área de Influencia como escala propia deja veinticuatro especies —dieciséis aves, dos mamíferos y seis reptiles— que se registran en ambas escalas, y sus individuos, antes sumados bajo «RE», ahora se reparten entre la fila «AI» y la fila «RE» que corresponden a cada registro. La única especie exclusiva de la Región Ecológica dentro de este cuadro que además se listaba mal es ninguna: la chara pinta (*Cyanocorax beecheii*), el perico mexicano (*Forpus cyanopygius*), el murciélago magueyero menor (*Leptonycteris yerbabuenae*) y el resto de las filas sin contraparte en el Área de Influencia conservan su cifra de individuos sin cambio. Fuente de la separación: los cuadros de abundancia por especie del apartado III.5, ya publicados por escala.

En el Área del Proyecto una sola especie de fauna figura en el Anexo Normativo III a nivel de especie: la iguana negra o garrobo (*Ctenosaura pectinata*), amenazada, endémica de México e incluida en el Apéndice II de la Convención. Se registraron 4 individuos. Es un iguánido de hábitos arborícolas y saxícolas, herbívoro y dispersor de semillas, cuya presión principal en el occidente de México es el aprovechamiento cinegético y de subsistencia, no la pérdida puntual de hábitat.

En la Región Ecológica figuran nueve especies a nivel de especie. Entre las aves: el loro corona lila (*Amazona finschi*), en peligro de extinción, endémico de México y en el Apéndice I de la Convención, con 7 individuos registrados en la Región Ecológica y 2 más en el Área de Influencia; la chara pinta (*Cyanocorax beecheii*), en peligro de extinción y endémica, con 8 individuos, exclusiva de la Región Ecológica; el perico mexicano o catarina (*Forpus cyanopygius*), endémico, con 8 individuos, exclusivo de la Región Ecológica y listado con categorías distintas a nivel infraespecífico; y el carpintero pico plata (*Campephilus guatemalensis*), sujeto a protección especial, con 2 individuos registrados en la Región Ecológica y 2 más en el Área de Influencia. Entre los mamíferos, el murciélago magueyero menor (*Leptonycteris yerbabuenae*), sujeto a protección especial, con 7 individuos, exclusivo de la Región Ecológica. Entre los reptiles: el geco bandeado del oeste (*Coleonyx variegatus*), la iguana verde (*Iguana iguana*), la tortuga casquito mexicana (*Kinosternon integrum*) —endémica— y de nuevo la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), los cuatro registrados tanto en la Región Ecológica como en el Área de Influencia.

Ninguna de las cuatro aves ni el murciélago en categoría de riesgo se registró en el Área del Proyecto, pero la distancia a la que aparecen no es uniforme. La chara pinta (*Cyanocorax beecheii*), el perico mexicano (*Forpus cyanopygius*) y el murciélago magueyero menor (*Leptonycteris yerbabuenae*) sólo se registraron en los sitios del sector nororiental de la microcuenca, a más de seis kilómetros del predio, en rodales de selva de mayor continuidad: para estos tres, la condición favorable sí depende de alejarse del frente urbano. El loro corona lila (*Amazona finschi*) y el carpintero pico plata (*Campephilus guatemalensis*), en cambio, se registraron también en el Área de Influencia, contigua al predio: su ausencia del Área del Proyecto no es un efecto de la distancia sino del propio borde urbano que ocupa el predio, y basta con la franja inmediatamente circundante —no con la microcuenca entera— para que ambos reaparezcan. El loro corona lila requiere arbolado maduro con cavidades para anidar, condición que el frente urbano del predio no ofrece pero que el Área de Influencia todavía conserva en parte.

Un número mayor de especies aparece en el anexo **sólo a nivel subespecífico**, y sus filas se consignan con esa leyenda precisamente para que no se lean como especies protegidas: el colibrí canela (*Amazilia rutila*), el cardenal rojo (*Cardinalis cardinalis*), el garrapatero pijuy (*Crotophaga sulcirostris*), el colibrí pico ancho (*Cynanthus latirostris*), el camachuelo mexicano (*Haemorhous mexicanus*), la calandria dorso rayado (*Icterus pustulatus*), la tortolita coquita (*Columbina passerina*), la liebre antílope (*Lepus alleni*) y el mapache (*Procyon*

lotor). En todos estos casos las subespecies listadas corresponden a poblaciones insulares o de distribución restringida distintas de las que ocupan la llanura costera de Sinaloa.

El endemismo de la fauna registrada es alto y merece un párrafo propio. En el Área del Proyecto son endémicas de México 12 de las 36 especies —9 aves y 3 reptiles—, y en la Región Ecológica 18 de 57 —12 aves y 6 reptiles—. Entre ellas están la urraca hermosa (*Calocitta colliei*), la chachalaca de Wagler (*Ortalis wagleri*), la perlita sinaloense (*Polioptila nigriceps*), el cuervo sinaloense (*Corvus sinaloae*), el carpintero mexicano (*Dryobates scalaris*), el tecolote bajeño (*Glaucidium brasilianum*), la coa elegante (*Trogon elegans*), el carpintero del desierto (*Melanerpes uropygialis*), el huico llanero (*Aspidoscelis costatus*), la lagartija de árbol bicarinada (*Urosaurus bicarinatus*), el anolis nublado (*Anolis nebulosus*) y la jicotea del Pacífico (*Trachemys ornata*). **Ninguna figura en el Anexo Normativo III**, pero su condición de endémicas les da un valor de conservación que la sola lectura de la categoría normativa no captura, y por eso se declaran.

La caracterización de campo del levantamiento aporta, grupo por grupo y escala por escala, la totalidad de las especies observadas con su número de individuos, el apéndice de la Convención, la categoría de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y la distribución ecológica que el trabajo de campo les asignó. **La determinación normativa y de endemismo que rige en este estudio es la del cuadro consolidado anterior**, verificada taxón por taxón contra el Anexo Normativo III y contra el listado de especies endémicas de la CONABIO; las columnas de estatus de estos cuadros son la declaración de campo previa a esa verificación, y la clave «SC» que aparece en ellas no corresponde a ninguna categoría del anexo normativo.

Tabla 84. Caracterización de campo de las aves del Área del Proyecto: estatus normativo y distribución ecológica.

Grupo	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN	Distribución ecológica	Individuos
Aves	*Amazilia rutila*	Colibrí canela	SC	II	LC	Nativa	4
Aves	*Buteo nitidus*	Aguililla gris	-	II	LC	Nativa	3
Aves	*Calocitta colliei*	Urraca hermosa (urraca copetona del Pacífico)	-	-	LC	Endémica	6
Aves	*Caracara plancus*	Caracara común	SC	II	LC	Nativa	5
Aves	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	-	-	LC	Nativa	4
Aves	*Coccyzus minor*	Cuclillo manglero	SC	-	LC	Nativa	3
Aves	*Columbina inca*	Tortolita colilarga	-	-	LC	Nativa	6
Aves	*Columbina talpacoti*	Tortolita rojiza	-	-	LC	Nativa	5

Grupo	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN	Distribución ecológica	Individuos
Aves	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	SC	-	LC	Nativa	4
Aves	*Cynanthus latirostris*	Colibrí pico ancho	SC	II	LC	Endémica	2
Aves	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	SC	-	LC	No endémica	2
Aves	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	SC	II	LC	No endémica	4
Aves	*Haemorhous mexicanus*	Camachuelo mexicano	-	-	LC	Nativa	5
Aves	*Heliomaster constantii*	Colibrí Picudo Occidental	SC	II	LC	Nativa	4
Aves	*Icterus pustulatus*	Calandria dorso rayado	SC	-	LC	No endémica	4
Aves	*Melanerpes uropygialis*	Carpintero del desierto	SC	-	LC	No endémica	3
Aves	*Myiarchus nuttingi*	Papamoscas Huí	SC	-	LC	Nativa	4
Aves	*Myiozetetes similis*	Luis gregario	SC	-	LC	Nativa	4
Aves	*Ortalis wagleri*	Chachalaca de Wagler	SC	-	LC	Endémica	6
Aves	*Patagioenas flavirostris*	Paloma morada	SC	-	LC	Nativa	9
Aves	*Pheucticus chrysopeplus*	Picogordo amarillo	SC	-	LC	Nativa	4
Aves	*Piaya cayana*	Cuclillo Canelo	SC	-	LC	Nativa	3
Aves	*Pitangus sulphuratus*	Bienteveo Común	SC	-	LC	Nativa	5
Aves	*Polioptila nigriceps*	Perlita sinaloense	SC	-	LC	Endémica	6
Aves	*Saltator grandis*	Saltador gris mesoamericano	SC	-	LC	Nativa	5
Aves	*Trogon elegans*	Coa elegante	SC	-	LC	No endémica	4

Grupo	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN	Distribución ecológica	Individuos
Aves	*Tyrannus melancholicus*	Tirano tropical	-	-	LC	Nativa	8
Aves	*Zenaida asiatica*	Paloma alas blancas	-	-	LC	Nativa	8
Aves	*Zenaida macroura*	Huilota Común	SC	-	LC	Nativa	5

Fuente: caracterización de campo del levantamiento de aves en el Área del Proyecto, temporada seca; apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas y categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza según esa misma caracterización. El estatus normativo y el endemismo que rigen en el estudio son los del cuadro consolidado de este apartado, verificados contra el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y contra el listado de especies endémicas de la CONABIO. Anexo de campo del estudio.

Las 29 aves del Área del Proyecto son el grupo más rico del polígono y el que aporta el 80.56 % de sus especies de fauna —29 de las 36—, pero **ninguna está incluida en el Anexo Normativo III a nivel de especie**: la verificación taxón por taxón no encuentra una sola coincidencia, y las seis que el cuadro consolidado señala —el colibrí canela (*Amazilia rutila*), el cardenal rojo (*Cardinalis cardinalis*), el garrapatero pijuy (*Crotophaga sulcirostris*), el colibrí pico ancho (*Cynanthus latirostris*), el camachuelo mexicano (*Haemorhous mexicanus*) y la calandria dorso rayado (*Icterus pustulatus*)— lo están sólo a nivel subespecífico, con subespecies distintas de las que ocupan la llanura costera de Sinaloa. Nueve son endémicas de México. La composición explica el resultado: dominan los taxones de borde y de vegetación secundaria —tortolitas (*Columbina* spp.), tiranos, bienteveos, palomas—, y falta por completo el gremio que la Región Ecológica sí sostiene, el de las psitácidas y los córvidos de arbolado maduro. Para el proyecto la consecuencia es doble: el componente avifaunístico del predio no impone restricción de aprovechamiento por categoría de riesgo, y el ahuyentamiento previo al desmonte se justifica por la movilidad del gremio completo y no por un taxón protegido en particular.

Tabla 85. Caracterización de campo de los mamíferos del Área del Proyecto: estatus normativo y distribución ecológica.

Grupo	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN	Distribución ecológica	Individuos
Mamíferos	*Odocoileus virginianus*	Venado cola blanca	-	-	LC	Nativa	2
Mamíferos	*Otospermophilus variegatus*	Ardillón de roca	-	-	LC	Nativa	5
Mamíferos	*Procyon lotor*	Mapache	-	-	LC	Nativa	4

Fuente: caracterización de campo del levantamiento de mamíferos en el Área del Proyecto, temporada seca; apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas y categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza según esa misma caracterización. El estatus normativo y el endemismo que rigen en el estudio son los del cuadro consolidado de este apartado,

verificados contra el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y contra el listado de especies endémicas de la CONABIO. Anexo de campo del estudio.

El Área del Proyecto sostiene sólo tres mamíferos —el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el ardillón de roca (*Otospermophilus variegatus*) y el mapache (*Procyon lotor*)—, ninguno endémico y ninguno incluido en el Anexo Normativo III a nivel de especie; en el mapache la categoría del anexo alcanza únicamente a subespecies insulares ajenas a la llanura costera de Sinaloa. **Son tres frente a las siete de la Región Ecológica, la mayor pérdida relativa de riqueza de los tres grupos faunísticos**, y los tres son generalistas de amplia tolerancia: un herbívoro, un granívoro y un omnívoro, todos terrestres. Lo que falta es lo que el dato significa —los carnívoros de ámbito hogareño amplio que la microcuenca sí alberga—, y se explica por la posición del polígono en el borde urbano y por su tamaño: 13.4689 ha no sostienen un territorio de coyote (*Canis latrans*) ni de gato montés (*Lynx rufus*). Para el proyecto la implicación es operativa: el ahuyentamiento de mamíferos no requiere protocolo diferenciado por especie protegida, pero sí debe contemplar que dos de las tres —venado cola blanca y mapache— son de interés cinegético y su desplazamiento hacia el Área de Influencia las expone a aprovechamiento no regulado.

Tabla 86. Caracterización de campo de los reptiles del Área del Proyecto: estatus normativo y distribución ecológica.

Grupo	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN	Distribución ecológica	Individuos
Reptiles	*Aspidoscelis costatus*	Huico llanero	Pr	-	LC	Endémica	4
Reptiles	*Ctenosaura pectinata*	Iguana negra (garrobo)	A	II	LC	Endémica	4
Reptiles	*Sceloporus clarkii*	Lagartija espinosa de Clark	-	-	LC	Nativa	6
Reptiles	*Urosaurus bicarinatus*	Lagartija de árbol bicarinada	-	-	LC	Endémica	3

Fuente: caracterización de campo del levantamiento de reptiles en el Área del Proyecto, temporada seca; apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas y categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza según esa misma caracterización. El estatus normativo y el endemismo que rigen en el estudio son los del cuadro consolidado de este apartado, verificados contra el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y contra el listado de especies endémicas de la CONABIO. Anexo de campo del estudio.

Con sólo cuatro especies, los reptiles son el grupo que concentra el valor de conservación del predio: **tres de las cuatro son endémicas de México** —el huico llanero (*Aspidoscelis costatus*), la iguana negra o garrobo (*Ctenosaura pectinata*) y la lagartija de árbol bicarinada (*Urosaurus bicarinatus*)—, la proporción de endemismo más alta de cualquier grupo y escala del levantamiento, y la iguana negra es la **única especie de toda la fauna del polígono incluida como especie en el Anexo Normativo III**, en categoría amenazada y en el Apéndice II de la Convención. Significa que el valor faunístico del Área del Proyecto no está en la riqueza sino en la composición, y que se concentra en un grupo de baja movilidad. De ahí la implicación de diseño más concreta de este apartado: la caracterización de campo describe a la iguana negra como especie

arbórea, gregaria y de velocidad de desplazamiento baja, de modo que el ahuyentamiento acústico no la desplaza por sí solo — el desmonte debe ir precedido de revisión manual de refugios, grietas y troncos huecos y del derribo dirigido de los árboles ocupados, y no de un simple barrido perimetral.

Tabla 87. Caracterización de campo de las aves de la Región Ecológica: estatus normativo y distribución ecológica.

Grupo	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN	Distribución ecológica	Individuos
Aves	*Actitis macularius*	Playero alzacolita	-	-	LC	Nativa	2
Aves	*Amazilia rutila*	Colibrí canela	SC	II	LC	Nativa	1
Aves	*Amazona finschi*	Loro corona lila	P	I	EN	Endémica	7
Aves	*Aratinga canicularis*	Perico frente naranja	-	II	LC	Nativa	5
Aves	*Buteo nitidus*	Aguililla gris	-	II	LC	Nativa	2
Aves	*Cacicus melanicterus*	Cacique mexicano	-	-	LC	Nativa	8
Aves	*Calocitta colliei*	Urraca hermosa (urraca copetona del Pacífico)	-	-	LC	Endémica	4
Aves	*Campephilus guatemalensis*	Carpintero pico plata	-	-	LC	Nativa	2
Aves	*Camptostoma imberbe*	Mosquerito lampiño	-	-	LC	Nativa	1
Aves	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	-	-	LC	Nativa	1
Aves	*Columbina passerina*	Tortolita coquita	-	-	LC	Nativa	7
Aves	*Columbina talpacoti*	Tortolita rojiza	-	-	LC	Nativa	3
Aves	*Coragyps atratus*	Zopilote común	-	-	LC	Nativa	1
Aves	*Corvus sinaloae*	Cuervo sinaloense	-	-	LC	Endémica	6
Aves	*Cyanocorax beecheii*	Chara pinta	-	-	NT	Endémica	8

Grupo	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN	Distribución ecológica	Individuos
Aves	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije alas blancas	-	-	LC	Nativa	11
Aves	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	SC	-	LC	No endémica	3
Aves	*Forpus cyanopygius*	Perico mexicano (catarina)	A	II	NT	Endémica	8
Aves	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	SC	II	LC	No endémica	2
Aves	*Haemorhous mexicanus*	Camachuelo mexicano	-	-	LC	Nativa	1
Aves	*Icterus pustulatus*	Calandria dorso rayado	SC	-	LC	No endémica	8
Aves	*Melanerpes uropygialis*	Carpintero del desierto	SC	-	LC	No endémica	11
Aves	*Momotus mexicanus*	Momoto mexicano (pájaro reloj)	-	-	LC	Nativa	3
Aves	*Ortalis wagleri*	Chachalaca de Wagler	SC	-	LC	Endémica	7
Aves	*Toxostoma curvirostre*	Cuitlacoche pico curvo	-	-	LC	Nativa	5
Aves	*Trogon elegans*	Coa elegante	SC	-	LC	No endémica	7
Aves	*Tyrannus melancholicus*	Tirano tropical	-	-	LC	Nativa	3
Aves	*Zenaida asiatica*	Paloma alas blancas	-	-	LC	Nativa	9
Aves	*Coccyzus minor*	Cuclillo manglero	SC	-	LC	Nativa	1
Aves	*Heliomaster constantii*	Colibrí Picudo Occidental	SC	II	LC	Nativa	1
Aves	*Myiarchus nuttingi*	Papamoscas Huí	SC	-	LC	Nativa	2
Aves	*Myiozetetes similis*	Luis gregario	SC	-	LC	Nativa	2

Grupo	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN	Distribución ecológica	Individuos
Aves	*Patagioenas flavirostris*	Paloma morada	SC	-	LC	Nativa	2
Aves	*Pheucticus chrysopeplus*	Picogordo amarillo	SC	-	LC	Nativa	1
Aves	*Piaya cayana*	Cuclillo Canelo	SC	-	LC	Nativa	2
Aves	*Pitangus sulphuratus*	Bienteveo Común	SC	-	LC	Nativa	2
Aves	*Polioptila nigriceps*	Perlita sinaloense	SC	-	LC	Endémica	1
Aves	*Saltator grandis*	Saltador gris mesoamericano	SC	-	LC	Nativa	1
Aves	*Zenaida macroura*	Huilota Común	SC	-	LC	Nativa	4

Fuente: caracterización de campo del levantamiento de aves en la Región Ecológica, temporada seca; apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas y categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza según esa misma caracterización. El estatus normativo y el endemismo que rigen en el estudio son los del cuadro consolidado de este apartado, verificados contra el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y contra el listado de especies endémicas de la CONABIO. Anexo de campo del estudio.

Las 39 aves de la Región Ecológica —separada ya del Área de Influencia— incluyen **cuatro protegidas a nivel de especie y doce endémicas de México**, frente a ninguna y nueve en el Área del Proyecto. La diferencia no es sólo de cantidad —29 especies contra 39— sino de identidad: el predio aporta cuatro especies que la Región Ecológica no registra —el caracara común (*Caracara plancus*), la tortolita colilarga (*Columbina inca*), el colibrí pico ancho (*Cynanthus latirostris*) y el garrapatero pijuy (*Crotophaga sulcirostris*), estas tres últimas presentes también en el Área de Influencia—, y a cambio la Región Ecológica añade catorce que el predio no tiene, en su mayoría taxones de arbolado maduro y de humedal que el polígono no puede sostener. Ahí aparecen las tres psitácidas —el loro corona lila (*Amazona finschi*), el perico mexicano o catarina (*Forpus cyanopygius*) y el perico frente naranja (*Aratinga canicularis*)—, los córvidos de selva madura —la chara pinta (*Cyanocorax beecheii*) y el cuervo sinaloense (*Corvus sinaloae*)—, el carpintero pico plata (*Campephilus guatemalensis*) y las acuáticas —el pijije alas blancas (*Dendrocygna autumnalis*) y el playero alzacolita (*Actitis macularius*)—, todas dependientes de cavidades de anidación o de cuerpos de agua permanentes. Para la evaluación esto delimita el alcance de la afectación: la avifauna que el cambio de uso de suelo desplaza es la del gremio de borde y vegetación secundaria, no la que sostiene el valor ornitológico de la microcuenca, que permanece en los rodales del sector nororiental.

Tabla 88. Caracterización de campo de los mamíferos de la Región Ecológica: estatus normativo y distribución ecológica.

Grupo	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN	Distribución ecológica	Individuos
Mamíferos	*Canis latrans*	Coyote	-	-	LC	Nativa	3
Mamíferos	*Leptonycteris yerbabuenae*	Murciélago magueyero menor	Pr	-	NT	Nativa	7
Mamíferos	*Lepus alleni*	Liebre antílope	-	-	LC	Nativa	2
Mamíferos	*Lynx rufus*	Gato montés	Pr	II	LC	Nativa	1
Mamíferos	*Otospermophilus variegatus*	Ardillón de roca	-	-	LC	Nativa	3
Mamíferos	*Procyon lotor*	Mapache	-	-	LC	Nativa	1

Fuente: caracterización de campo del levantamiento de mamíferos en la Región Ecológica, temporada seca; apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas y categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza según esa misma caracterización. El estatus normativo y el endemismo que rigen en el estudio son los del cuadro consolidado de este apartado, verificados contra el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y contra el listado de especies endémicas de la CONABIO. Anexo de campo del estudio.

Entre los seis mamíferos de la Región Ecológica figura el murciélago magueyero menor (*Leptonycteris yerbabuenae*), sujeto a protección especial y polinizador de las cactáceas columnares que estructuran el estrato de otras formas de vida del rodal regional. Ninguno de los seis es endémico de México. Los cuatro que la Región Ecológica añade respecto del predio son precisamente los de mayor requerimiento de espacio y de continuidad de hábitat: el coyote (*Canis latrans*), el gato montés (*Lynx rufus*), la liebre antílope (*Lepus alleni*) y el propio murciélago magueyero menor, único nectarívoro y único polinizador del grupo según la caracterización de campo. Esa composición dice qué es la microcuenca y qué no es el polígono: la Región Ecológica todavía sostiene la cadena trófica completa —dos carnívoros, un nectarívoro polinizador, un herbívoro más—, mientras que el Área del Proyecto conserva sólo su extremo generalista. Para la evaluación el punto es favorable al proyecto y conviene enunciarlo sin adorno: **el desmonte de 12.5570 ha no retira ninguno de los cuatro taxones que dan a la microcuenca su funcionalidad mastozoológica**, porque ninguno de ellos se registró en el predio; y a la vez obliga a que la conservación del arbolado con cactáceas columnares en las medidas de restauración se justifique por el servicio de polinización que el murciélago magueyero menor presta a escala de la microcuenca, no del predio.

Tabla 89. Caracterización de campo de los reptiles de la Región Ecológica: estatus normativo y distribución ecológica.

Grupo	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN	Distribución ecológica	Individuos
Reptiles	*Anolis nebulosus*	Anolis nublado	-	-	LC	Endémica	3
Reptiles	*Aspidoscelis costatus*	Huico llanero	Pr	-	LC	Endémica	3
Reptiles	*Coleonyx variegatus*	Geco bandeado del oeste	-	-	LC	Nativa	2
Reptiles	*Ctenosaura pectinata*	Iguana negra (garrobo)	A	II	LC	Endémica	3
Reptiles	*Drymarchon melanurus*	Culebra chirriadora colinegra	A	-	LC	Nativa	3
Reptiles	*Hemidactylus frenatus*	Geco casero (especie introducida)	-	-	LC	Introducida	3
Reptiles	*Holbrookia elegans*	Lagartija arenera elegante	-	-	LC	Nativa	5
Reptiles	*Iguana iguana*	Iguana verde	Pr	II	LC	Nativa	1
Reptiles	*Kinosternon integrum*	Tortuga casquito mexicana	Pr	-	LC	Endémica	1
Reptiles	*Sceloporus clarkii*	Lagartija espinosa de Clark	-	-	LC	Nativa	1
Reptiles	*Trachemys ornata*	Jicotea del Pacífico	Pr	-	VU	Endémica	4
Reptiles	*Urosaurus bicarinatus*	Lagartija de árbol bicarinada	-	-	LC	Endémica	4

Fuente: caracterización de campo del levantamiento de reptiles en la Región Ecológica, temporada seca; apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas y categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza según esa misma caracterización. El estatus normativo y el endemismo que rigen en el estudio son los del cuadro consolidado de este apartado, verificados contra el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y contra el listado de especies endémicas de la CONABIO. Anexo de campo del estudio.

Los doce reptiles de la Región Ecológica incluyen cuatro especies protegidas a nivel de especie y seis endémicas de México, y añaden respecto del predio los taxones asociados a cuerpos de agua y a vegetación

ribereña —la iguana verde (*Iguana iguana*), la tortuga casquito mexicana (*Kinosternon integrum*) y la jicotea del Pacífico (*Trachemys ornata*)—, hábitats que el Área del Proyecto no contiene.

Los tres cuadros de campo de la Región Ecológica de este apartado —aves, mamíferos y reptiles— se corrigen en dos niveles al separar el Área de Influencia como escala propia. Primero, cuatro especies de aves —la tortolita colilarga (*Columbina inca*), el colibrí pico ancho (*Cynanthus latirostris*), el gorrión doméstico (*Passer domesticus*) y el garrapatero pijuy (*Crotophaga sulcirostris*)— y un mamífero —el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*)— se retiran de estos cuadros porque su registro pertenece al Área de Influencia y no a la Región Ecológica. Segundo, el número de individuos de cada especie que también se registra en el Área de Influencia se ajusta al conteo que corresponde exclusivamente a la Región Ecológica —el que antes sumaba ambas escalas—, de modo que el total por grupo cuadra ahora con la batería de índices de diversidad del apartado III.5: 155 individuos de aves, 17 de mamíferos y 33 de reptiles. Fuente de la separación: los cuadros de abundancia por especie del apartado III.5, ya publicados por escala.

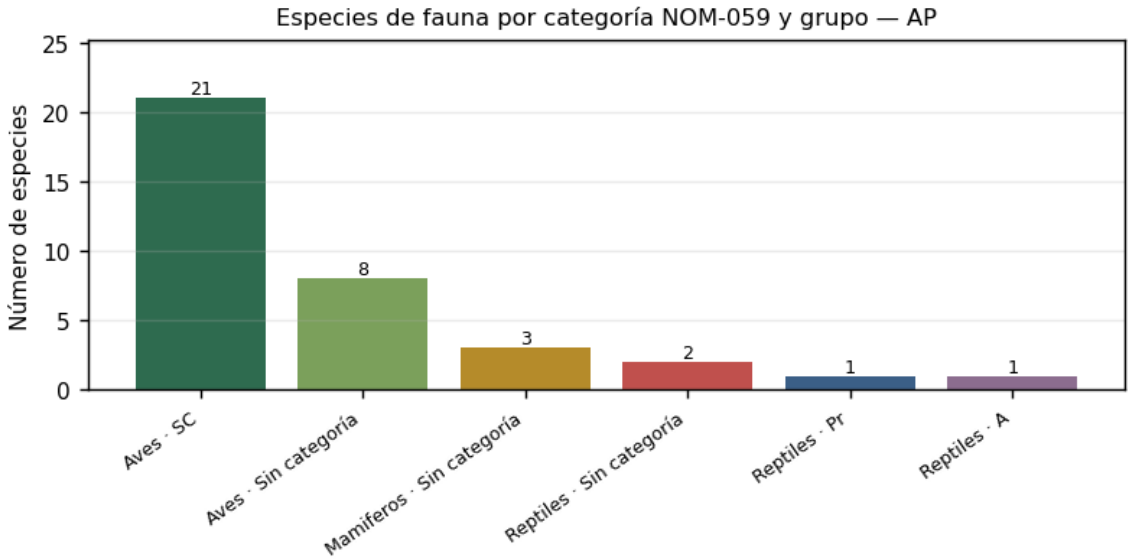


Figura 56. Composición de la fauna del Área del Proyecto por grupo y por categoría de riesgo, sobre las 36 especies registradas. El hallazgo es la concentración del riesgo en un solo grupo y en dos especies: las 29 aves y los 3 mamíferos se reparten íntegramente entre las dos clases sin categoría, y las dos únicas barras con clave —una Pr y una A— corresponden a reptiles. Fuente: caracterización de campo del levantamiento de fauna, temporada seca. Anexo de campo del estudio.

La gráfica ordena el resultado del apartado en una sola imagen: **de los tres grupos faunísticos del Área del Proyecto, sólo los reptiles aportan barras con clave de riesgo**, y aportan las dos que existen —una barra de una especie en la categoría amenazada, la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), y una de una especie en protección especial—, mientras que las 29 aves y los 3 mamíferos ocupan por completo las clases sin categoría. La lectura por grupo es la que interesa a la evaluación: el 88.89 % de la fauna del predio —32 de 36 especies— carece de categoría, y la que la tiene pertenece al grupo de menor movilidad, que es también el más difícil de ahuyentar y el único que exige medida específica. La barra de reptiles, la más corta de la gráfica, es por eso la que gobierna el programa de rescate y ahuyentamiento.

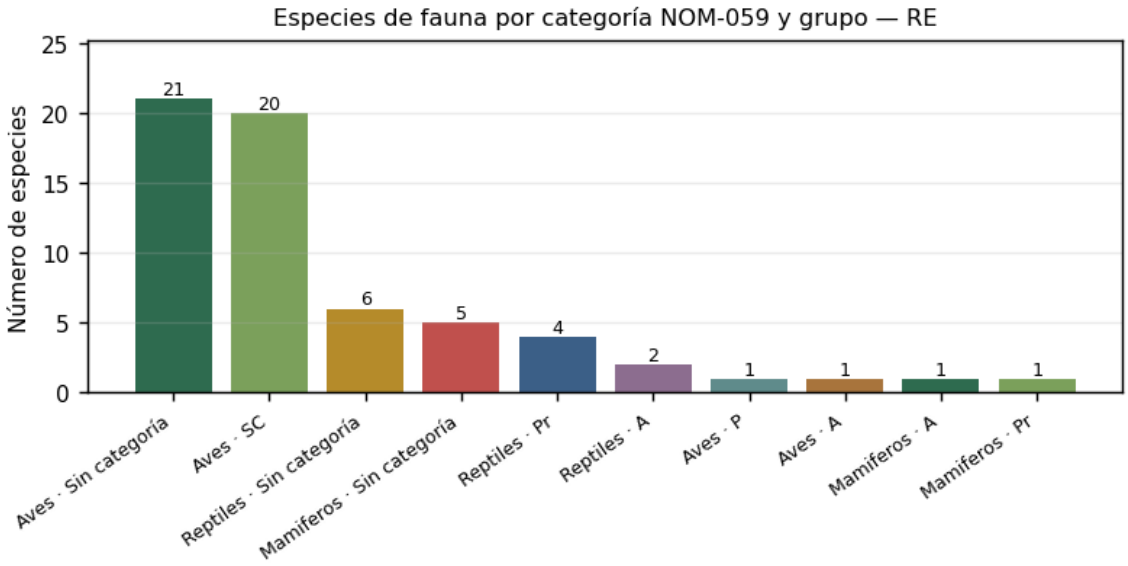


Figura 57. Composición de la fauna de la Región Ecológica por grupo y por categoría de riesgo, sobre las 57 especies registradas sobre su propio esfuerzo. El hallazgo es que las barras con clave dejan de ser una excepción de los reptiles y aparecen en los tres grupos —aves, mamíferos y reptiles—, y que entre ellas figura la única categoría en peligro de extinción de todo el levantamiento. Fuente: caracterización de campo del levantamiento de fauna, temporada seca. Anexo de campo del estudio.

Leída contra la figura anterior, esta gráfica muestra el cambio cualitativo entre las dos escalas. **En el Área del Proyecto las barras con clave se limitan a los reptiles; en la Región Ecológica aparecen en los tres grupos**, y con ellas la categoría en peligro de extinción, que el predio no presenta en ninguna forma. Los reptiles siguen siendo el grupo que más aporta —seis barras con clave frente a las dos del polígono—, pero se les suman las aves, con las psitácidas y los córvidos de arbolado maduro, y los mamíferos, con el murciélago magueyero menor (*Leptonycteris yerbabuenae*). Verificado contra el Anexo Normativo III, ese contraste se traduce en nueve especies protegidas a nivel de especie en la Región Ecológica frente a una en el predio, con 37,971.75 ha de una y 13.4689 ha del otro. La implicación para la evaluación es la que sostiene el resto del capítulo: **el valor de conservación de la unidad territorial no reside en la superficie que se pretende intervenir**, y las medidas de compensación rinden más si se dirigen a los rodales del sector nororiental de la microcuenca, donde esas nueve especies sí se registraron, que a la propia franja de borde urbano.

III.4.6 Verificación del estatus de diez especies de flora resueltas fuera de la ruta ordinaria

Diez de las 66 especies de flora registradas no quedaron resueltas por el cotejo automatizado contra los catálogos taxonómicos, y su estatus se determinó por consulta directa, taxón por taxón, a las fuentes normativas y a los catálogos de autoridad. **De las diez, dos ya se reportan en los apartados III.7 y III.8**: el navío (*Conzattia sericea*), confirmada como endémica de México en el listado de especies endémicas de la CONABIO, y el zacate (*Echinochloa colona*), confirmada como exótica en el listado de especies exóticas de la misma institución. Las ocho restantes son las que este apartado resuelve.

Tabla 90. Verificación del estatus normativo y de endemismo de diez especies de flora.

Especie registrada en campo	Nombre aceptado	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010, Anexo Normativo III	Endemismo	Origen	Escala de registro
Adiantum capillus-veneris	*Adiantum capillus-veneris*	Helecho	No listada	No endémica de México	Nativa	RE
Coursetia glandulosa	*Coursetia glandulosa*	Samo	No listada	No endémica de México	Nativa	RE
Mascagnia macroptera	*Callaeum macropterum*	Carne de gallina	No listada	No endémica de México	Nativa	AI
Mimosa distachya	*Mimosa distachya*	Cuilón	No listada	No endémica de México	Nativa	AI y RE
Prosopis juliflora	*Neltuma juliflora*	Mezquite	No listada	No endémica de México	Nativa	RE
Ruella tuberosa	*Ruellia tuberosa*	Hierba del toro	No listada	No endémica de México	Nativa	RE
Senegalia greggii	*Senegalia greggii* / *Acacia greggii*	Gatuño	No listada	No endémica de México	Nativa	RE
Solanum elaeagnifolium	*Solanum elaeagnifolium*	Trompillo	No listada	No endémica de México	Nativa	RE

Fuente: categoría de riesgo verificada contra el texto del Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010, conforme a la modificación publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de noviembre de 2019 y a su fe de erratas del 4 de marzo de 2020; endemismo y origen, contra el catálogo de autoridades taxonómicas y las fichas de especie de la CONABIO (EnciclоVida) y sus listados de especies endémicas y de especies exóticas de México; condición de invasora, contra el ACUERDO por el que se determina la Lista de las Especies Exóticas Invasoras para México, Diario Oficial de la Federación, 7 de diciembre de 2016; nombres aceptados, contra la CONABIO y contra Plants of the World Online del Royal Botanic Gardens, Kew. ***Consulta realizada el 17 de agosto de 2026.*** *Escala de registro según el levantamiento propio del estudio. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.*

El resultado de la verificación es uniforme y se enuncia sin matices: ninguna de las ocho especies figura en el Anexo Normativo III bajo ninguno de sus nombres aceptados o sinónimos, ninguna es endémica de México, las ocho son nativas y ninguna aparece en la Lista de Especies Exóticas Invasoras para México. El resultado confirma lo que la composición del rodal anticipaba —son taxones de amplia distribución en la vertiente del Pacífico y en el norte de México— y cierra el punto: la categoría de riesgo de la flora del estudio es la que documentan los apartados III.4.3 y III.4.4, y no aumenta al resolverse estos diez casos.

Dos comprobaciones merecen mención porque son las que dan fuerza al resultado negativo. La primera es que **en los casos decisivos el anexo sí cubre la familia y aun así no recoge al taxón**: las Acanthaceae están representadas en él —entre otras por *Avicennia germinans*, *Bravaisia integerrima* y *Holographis argyrea*— y no incluyen ninguna especie del género *Ruellia*; y las Fabaceae aportan una de las listas más extensas del anexo, encabezada por el género *Dalbergia*, sin que figuren *Coursetia*, *Mimosa*, *Prosopis*, *Neltuma*, *Senegalia* ni *Acacia*. Cuatro de las ocho especies son leguminosas, de modo que ése es el control que más pesa. En los tres casos restantes —Malpighiaceae, Solanaceae y Pteridaceae— el anexo no contiene ninguna entrada de la familia, y así se declara. La segunda comprobación es que la búsqueda se hizo también contra los sinónimos: el mezquite se verificó como *Prosopis juliflora* y como *Neltuma juliflora*, y

la carne de gallina como *Mascagnia macroptera* y como *Callaeum macropterum*, sin coincidencia en ninguno de los dos casos.

La verificación corrigió además tres puntos de nomenclatura que el registro de campo arrastraba. El nombre aceptado del mezquite es hoy *Neltuma juliflora*, tras la segregación del género *Prosopis*, y *Prosopis juliflora* es su sinónimo; el de la carne de gallina es *Callaeum macropterum*, del que *Mascagnia macroptera* es sinónimo; y la grafía correcta de la hierba del toro es ***Ruellia tuberosa***, con doble ele —el género es *Ruellia* L., de las Acanthaceae—, de modo que la forma «*Ruella*» del registro de campo es una errata ortográfica y no un taxón distinto. En el caso del gatuño las dos autoridades consultadas difieren y ambas se consignan: Plants of the World Online acepta *Senegalia greggii* y trata *Acacia greggii* como su basónimo, mientras que la CONABIO conserva *Acacia greggii* como nombre aceptado; se trata del mismo taxón y ninguno de los dos nombres figura en el anexo normativo.

Ninguna de las ocho especies se registró en el Área del Proyecto. Seis son exclusivas de la Región Ecológica, la carne de gallina (*Callaeum macropterum*) lo es del Área de Influencia y el cuilón (*Mimosa distachya*) aparece en ambas. La consecuencia para la evaluación es directa: aun si alguna hubiera resultado listada, la intervención no habría alcanzado a su población registrada, porque ninguna de ellas ocupa la superficie sujeta a cambio de uso de suelo forestal. El hallazgo no exime al proyecto de vigilar su aparición durante el desmonte —la lista del apartado III.4.7 cumple esa función—, pero sí cierra la pregunta sobre las especies efectivamente medidas.

A la fecha de consulta, **la NOM-059-SEMARNAT-2010 con la modificación de su Anexo Normativo III del 14 de noviembre de 2019 y la fe de erratas del 4 de marzo de 2020 es la versión vigente**: no se localizó en el Diario Oficial de la Federación publicación posterior que la modifique o la sustituya. El PROY-NOM-059-SEMARNAT-2025, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de abril de 2025, es un proyecto sometido a consulta pública y **no ha sido publicado como norma definitiva**, de modo que no desplaza a la norma vigente ni altera las determinaciones de este apartado.

La determinación de este apartado es la que rige en todo el capítulo: las tablas de composición y de valor de importancia del apartado III.5 reportan el origen de estas diez especies conforme a lo aquí verificado —nativa, endémica o exótica—, y emplean la grafía *Ruellia tuberosa*. La corrección de nomenclatura no modifica ninguna cifra de densidad, frecuencia ni valor de importancia: el taxón medido en campo es el mismo, y sólo cambia el nombre con que se le designa.

III.4.7 Especies potenciales en categoría de riesgo

El universo de especies que pueden ocurrir en la Región Ecológica sin haber sido detectadas por el levantamiento se construyó con los registros de presencia georreferenciados de la Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad (GBIF), recortados al polígono de la Región Ecológica. Ese acervo reúne **273 especies de fauna —212 aves, 32 reptiles, 20 mamíferos y 9 anfibios— y 737 especies de plantas**, de las cuales **5 de fauna y 19 de flora tienen categoría de amenaza en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza** —vulnerable, en peligro o en peligro crítico—. Conviene precisar el criterio antes de leer la Tabla 91, porque determina su alcance: **la señal es la categoría de la Lista Roja, no el Anexo Normativo III**; ninguno de los 24 taxones llega a esta lista por su estatus en la norma mexicana, y su relevancia aquí es la de una alerta de vigilancia durante la ejecución, no la de una determinación normativa.

Tabla 91. Especies potenciales en categoría de riesgo según la Lista Roja de la UICN y su registro en campo.

Grupo	Especie	Nombre común	Categoría en la Lista Roja (UICN)	Registro en el levantamiento del estudio
Aves	*Amazona finschi*	Loro corona lila	En peligro (EN)	Región Ecológica
Aves	*Ara militaris*	Guacamaya verde	Vulnerable (VU)	No registrada
Aves	*Progne sinaloae*	Golondrina sinaloense	Vulnerable (VU)	No registrada
Reptiles	*Aspidoscelis tigris*	Huico del oeste	Vulnerable (VU)	No registrada
Reptiles	*Trachemys ornata*	Jicotea del Pacífico	Vulnerable (VU)	Región Ecológica
Plantas	*Eugenia inconspicua*	—	En peligro crítico (CR)	No registrada
Plantas	*Oxalis corniculata*	—	En peligro crítico (CR)	No registrada
Plantas	*Bursera collina*	—	En peligro (EN)	No registrada
Plantas	*Croton culiacanensis*	—	En peligro (EN)	No registrada
Plantas	*Stenocereus martinezii*	—	En peligro (EN)	No registrada
Plantas	*Swietenia humilis*	—	En peligro (EN)	No registrada
Plantas	*Terminalia buceras*	—	En peligro (EN)	No registrada
Plantas	*Acanthocereus rosei*	—	Vulnerable (VU)	No registrada
Plantas	*Bunchosia sonorensis*	—	Vulnerable (VU)	No registrada
Plantas	*Bursera confusa*	—	Vulnerable (VU)	No registrada
Plantas	*Diospyros californica*	—	Vulnerable (VU)	No registrada
Plantas	*Esenbeckia hartmanii*	—	Vulnerable (VU)	No registrada
Plantas	*Gossypium aridum*	Listoncillo	Vulnerable (VU)	Área del Proyecto, Área de Influencia y Región Ecológica
Plantas	*Gossypium hirsutum*	—	Vulnerable (VU)	No registrada
Plantas	*Guaiacum coulteri*	Guayacán	Vulnerable (VU)	Región Ecológica
Plantas	*Handroanthus chrysanthus*	Amapa amarilla	Vulnerable (VU)	Área del Proyecto, Área de Influencia y Región Ecológica
Plantas	*Persea americana*	—	Vulnerable (VU)	No registrada
Plantas	*Piranhea mexicana*	—	Vulnerable (VU)	No registrada
Plantas	*Stenocereus alamosensis*	—	Vulnerable (VU)	No registrada

Fuente: registros de presencia georreferenciados de la Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad (GBIF), recortados al polígono de la Región Ecológica, descarga del 17 de agosto de 2026; la categoría de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza es la que

acompaña a cada registro de ese acervo. La escala de registro en campo procede del levantamiento propio del estudio, temporada seca. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La Tabla 91 deja ver tres cosas que la sola enumeración no mostraba. La primera es la proporción: **24 taxones con categoría de amenaza sobre 1,010 especies del acervo —el 2.38 %—**, y sólo cinco de esos 24 aparecieron en el levantamiento, lo que sitúa a la Región Ecológica lejos de ser un reservorio saturado de especies amenazadas. La segunda es cuáles de ellos alcanzan al polígono: de los 24, **únicamente dos se registraron dentro del Área del Proyecto —el listoncillo (*Gossypium aridum*) y la amapa amarilla (*Handroanthus chrysanthus*), ambas vulnerables—**, y ambas están presentes también en el Área de Influencia y en la Región Ecológica, de modo que el desmonte no compromete a ninguna población exclusiva del predio. La tercera es dónde se concentra el riesgo no verificado: dieciséis de los diecinueve taxones vegetales no fueron detectados por el muestreo, y entre ellos están las dos únicas categorías en peligro crítico de todo el capítulo. Eso es lo que convierte a esta lista en un instrumento de ejecución y no de diagnóstico: **fija el conjunto de taxones que el responsable del rescate debe saber reconocer antes de que entre la maquinaria**, porque su aparición durante el desmonte —no su ausencia en el muestreo— es lo que obligaría a detener el frente y a reevaluar.

La lista potencial establece el universo de especies sensibles cuya presencia debe vigilarse durante la ejecución del proyecto, en particular en los trabajos de desmonte y en las actividades de rescate y ahuyentamiento. **Su inclusión aquí no equivale a afirmar que estén presentes en el Área del Proyecto:** las que sí lo están son las que las tablas de los apartados III.4.3 y III.4.5 documentan con densidad, frecuencia o número de individuos.

III.5 Índices de diversidad biológica

Este apartado presenta la estructura y la diversidad de las comunidades de flora y fauna en las tres escalas del estudio: abundancia por especie, batería completa de índices alfa, índice de valor de importancia y diversidad beta. Los valores de flora provienen del vector de densidades por hectárea tipo descrito en el apartado III.3.1; los de fauna, de los registros del levantamiento sin transformación.

III.5.0 Índices empleados

Los índices que se aplican de forma homogénea a todas las unidades de análisis del capítulo, con su fórmula y su autoría, son los que se enumeran enseguida.

Tabla 92. Índices de diversidad empleados: fórmula y autoría.

Índice	Fórmula	Autoría
Riqueza específica, S	Número de especies con abundancia positiva	—
Margalef, DMg	$DMg = (S - 1) / \ln(N)$	Margalef (1958)
Menhinick, DMn	$DMn = S / \sqrt{N}$	Menhinick (1964)
Shannon-Wiener, H′	$H' = -\Sigma\, p_i \cdot \ln(p_i)$	Shannon & Weaver (1949)
H′ máximo	$H'max = \ln(S)$	—
Varianza de Shannon, Var H′	$Var\ H' = [\Sigma p_i(\ln p_i)^2 - (\Sigma p_i \ln p_i)^2] / N + (S - 1) / 2N^2$	Hutcheson (1970)

Índice	Fórmula	Autoría
Equidad de Pielou, J′	$J' = H' / \ln(S)$	Pielou (1966)
Simpson, λ	$\lambda = \Sigma p_i^2$	Simpson (1949)
Diversidad de Simpson, 1−λ	$1 - \lambda$	Simpson (1949)
Berger-Parker, d	$d = nmáx / N$	Berger & Parker (1970)
McIntosh, U y D	$U = \sqrt{(\Sigma n_i^2)}$; $D = (N - U) / (N - \sqrt{N})$	McIntosh (1967)
Brillouin, HB	$HB = (1/N) \cdot \ln(N! / \Pi n_i!)$	Brillouin (1956)
Números de Hill	$N_0 = S$; $N_1 = \exp(H')$; $N_2 = 1/\lambda$	Hill (1973)
Valor de importancia de flora, IVI	IVI = DR + FR + DoR	Curtis & McIntosh (1951)
Valor de importancia de fauna, VIF	VIF = DR + FR	—

Fuente: formulación original de cada índice —Margalef (1958), Menhinick (1964), Shannon y Weaver (1949), Hutcheson (1970), Pielou (1966), Simpson (1949), Berger y Parker (1970), McIntosh (1967), Brillouin (1956), Hill (1973) y Curtis y McIntosh (1951)—, en la compilación de Moreno (2001).

La batería es deliberadamente amplia porque cada índice responde a una pregunta distinta y ninguno la contesta solo: Margalef y Menhinick miden riqueza corregida por el tamaño de la muestra; Shannon-Wiener y los números de Hill, diversidad; Pielou, McIntosh y Brillouin, reparto; Simpson y Berger-Parker, dominancia. Publicarlos juntos permite comprobar que las lecturas son mutuamente coherentes y detectar el caso en que no lo son, que suele indicar riqueza demasiado baja para que los índices sean informativos.

La abundancia relativa de cada especie se clasifica de forma homogénea en todas las tablas y gráficas: **dominante** por encima de 20 %, **abundante** entre 10 y 20 %, **común** entre 5 y 10 % y **escasa** por debajo de 5 % (Moreno, 2001). La jerarquía ecológica derivada del índice de valor de importancia emplea los umbrales **dominante estructural** con IVI igual o mayor a 30, **codominante** entre 15 y 30, **acompañante** entre 5 y 15 y **ocasional** por debajo de 5, sobre un total de 300 puntos que el índice reparte entre todas las especies del estrato.

El índice de valor de importancia de flora incorpora la dominancia relativa calculada con cobertura de copa; el de fauna no la incorpora, porque la cobertura no es un atributo aplicable a un registro faunístico, y su rango es por tanto de 0 a 200.

III.5.1 Flora del Área del Proyecto

Estrato arbóreo y de regeneración

El estrato arbóreo y de regeneración del Área del Proyecto reúne **20 especies con una densidad total de 682.11 individuos·ha⁻¹**, medidos sobre 19 sitios de muestreo. Su inventario se publica completo —una fila por cada especie del estrato— con la densidad, la abundancia relativa, la clase de abundancia y la frecuencia sobre los sitios observados.

Tabla 93. Densidad por especie del estrato arbóreo y de regeneración en el Área del Proyecto.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Nombre común	Densidad (ind·ha⁻¹)	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Frecuencia (%)	Observaciones ecológicas
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Ipomoea arborescens*	Palo blanco	101.05	14.81	Abundante	63.16	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Lysiloma divaricatum*	Mauto	100.00	14.66	Abundante	68.42	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Tabebuia rosea*	Amapa	78.42	11.50	Abundante	42.11	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Chloroleucon mangense*	Cucharo	59.47	8.72	Común	68.42	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Recchia mexicana*	Manzanita	57.89	8.49	Común	15.79	Endémica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Erythrostemon palmeri*	Palo piojo	52.63	7.72	Común	47.37	Endémica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Parkinsonia praecox*	Brea	37.37	5.48	Común	21.05	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Cordia sonorae*	Amapa prieta	33.16	4.86	Escasa	26.32	Endémica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Bonellia macrocarpa*	San juan	32.11	4.71	Escasa	36.84	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Ceiba acuminata*	Pochote	23.68	3.47	Escasa	21.05	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Haematoxylum brasiletto*	Brasil	21.58	3.16	Escasa	15.79	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Handroanthus chrysanthus*	Amapa amarilla	15.79	2.31	Escasa	21.05	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Sarcomphalus amole*	Ceituna	12.11	1.77	Escasa	21.05	Endémica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Maclura tinctoria*	Mora	12.11	1.77	Escasa	21.05	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Coulteria platyloba*	Palo colorado	11.58	1.70	Escasa	21.05	Endémica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Psidium sartorianum*	Arrayan	11.05	1.62	Escasa	15.79	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Bursera penicillata*	Copal	7.89	1.16	Escasa	36.84	Endémica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Cochlospermum vitifolium*	Rosa amarilla	6.84	1.00	Escasa	26.32	Nativa

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Nombre común	Densidad (ind·ha⁻¹)	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Frecuencia (%)	Observaciones ecológicas
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Guazuma ulmifolia*	Guazima	6.32	0.93	Escasa	15.79	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Azadirachta indica*	Neem	1.05	0.15	Escasa	5.26	Exótica invasora

Fuente: levantamiento de flora del estudio, temporada seca; densidades expresadas en la hectárea tipo del estrato. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La composición del estrato se resume así: ninguna especie alcanza la clase dominante y 13 quedan en clase escasa. La especie de mayor densidad es el palo blanco (*Ipomoea arborescens*), con 101.05 individuos·ha⁻¹ y 14.81 % del estrato —clase abundante—, seguida de el mauto (*Lysiloma divaricatum*) con 100.00 individuos·ha⁻¹ y 14.66 % y de la amapa (*Tabebuia rosea*) con 78.42 individuos·ha⁻¹ y 11.50 %. La frecuencia acompaña a la densidad sólo en parte: el mauto (*Lysiloma divaricatum*) es la especie presente en más sitios, con 68.42 % de frecuencia, lo que indica cuáles taxones están repartidos por el rodal y cuáles se concentran en pocos puntos.

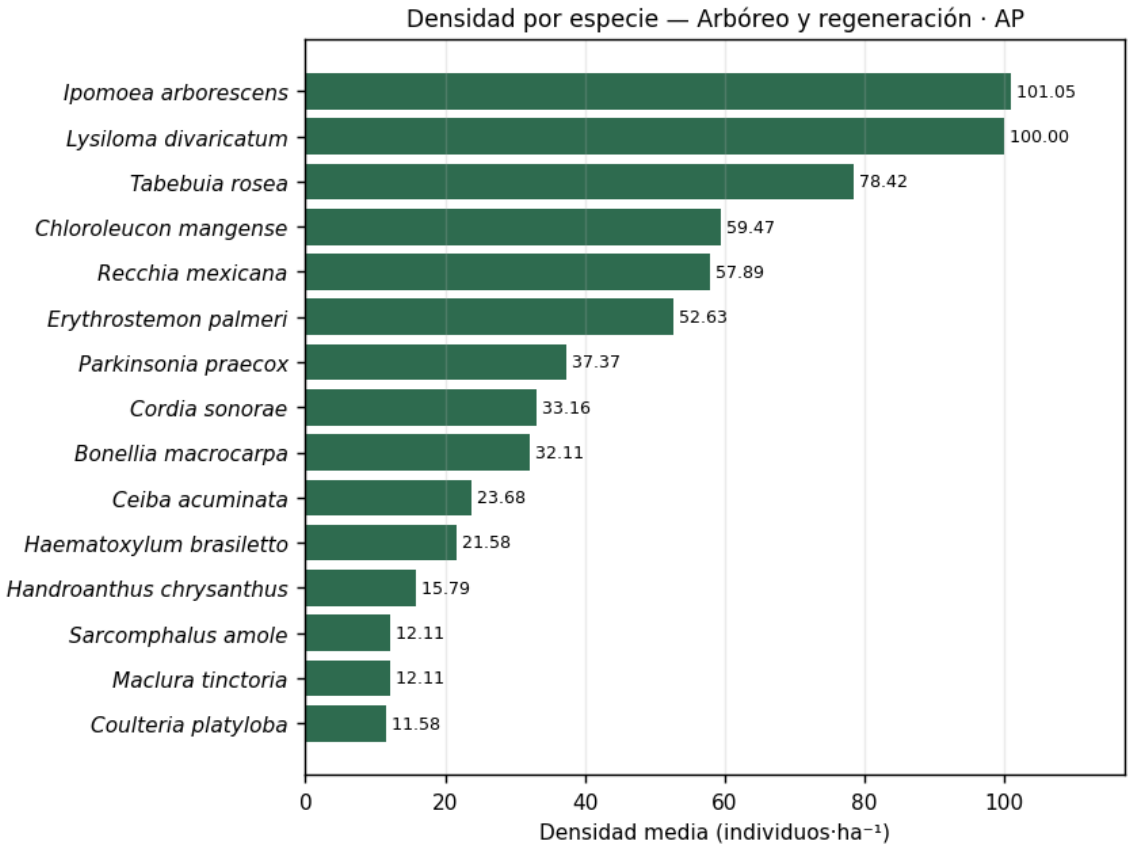


Figura 58. Densidad de las especies más abundantes del estrato arbóreo y de regeneración en el Área del Proyecto. La Tabla 93 contiene las 20 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica hace visible la forma de la distribución: las primeras posiciones tienen densidades del mismo orden y el descenso es gradual, sin escalón que separe a una especie del conjunto. Ese perfil es el que después traducen los índices de Berger-Parker, con 0.15, y de Pielou, con 0.88.

La batería completa de índices alfa del estrato, calculada sobre el vector de densidades por hectárea tipo, es la siguiente.

Tabla 94. Índices de diversidad del estrato arbóreo y de regeneración en el Área del Proyecto.

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Riqueza específica, S	20	—	Número de especies con densidad positiva en la unidad
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Abundancia total, N	682.11	—	Suma de las densidades específicas
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Margalef, DMg	2.91	Media	Riqueza corregida por el tamaño de la muestra
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Menhinick, DMn	0.77	—	Riqueza por unidad de raíz de la abundancia
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Shannon-Wiener, H′	2.63	Media	Incertidumbre media al predecir la especie de un individuo tomado al azar
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	H′ máximo	3.00	—	Valor que alcanzaría H′ si todas las especies fueran igual de abundantes
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Varianza de H′	0.00083	—	Precisión de H′; base del contraste de Hutcheson
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Pielou, J′	0.88	Alta equidad	Proporción de la diversidad máxima efectivamente alcanzada
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Simpson, λ	0.09	—	Probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Diversidad de Simpson, 1−λ	0.91	Alta	Complemento de la dominancia
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Berger-Parker, d	0.15	Dominancia moderada	Peso de la especie más abundante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	McIntosh, U	203.77	—	Distancia euclidiana de la comunidad en el espacio de especies
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	McIntosh, D	0.73	—	Equidad derivada de U
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Brillouin, HB	2.56	—	Diversidad de una colección completamente censada
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Hill N_0	20.00	—	Riqueza; especies de cualquier abundancia
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Hill N_1	13.82	—	Número efectivo de especies abundantes
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Hill N_2	11.21	—	Número efectivo de especies muy abundantes

Fuente: índices calculados sobre el vector de densidades por hectárea tipo. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Los índices deben leerse en conjunto. Shannon-Wiener alcanza **2.63 sobre un máximo posible de 3.00**, de donde resulta una equidad de Pielou de **0.88**: la comunidad realiza esa fracción de la diversidad que su riqueza permitiría con abundancias iguales. La diversidad de Simpson es 0.91 y Berger-Parker 0.15, es decir, la especie más abundante concentra esa proporción de los individuos. Los tres valores son coherentes entre sí. Los números de Hill traducen el resultado a unidades interpretables: de las 20 especies presentes, 13.82 se comportan como abundantes y 11.21 como muy abundantes.

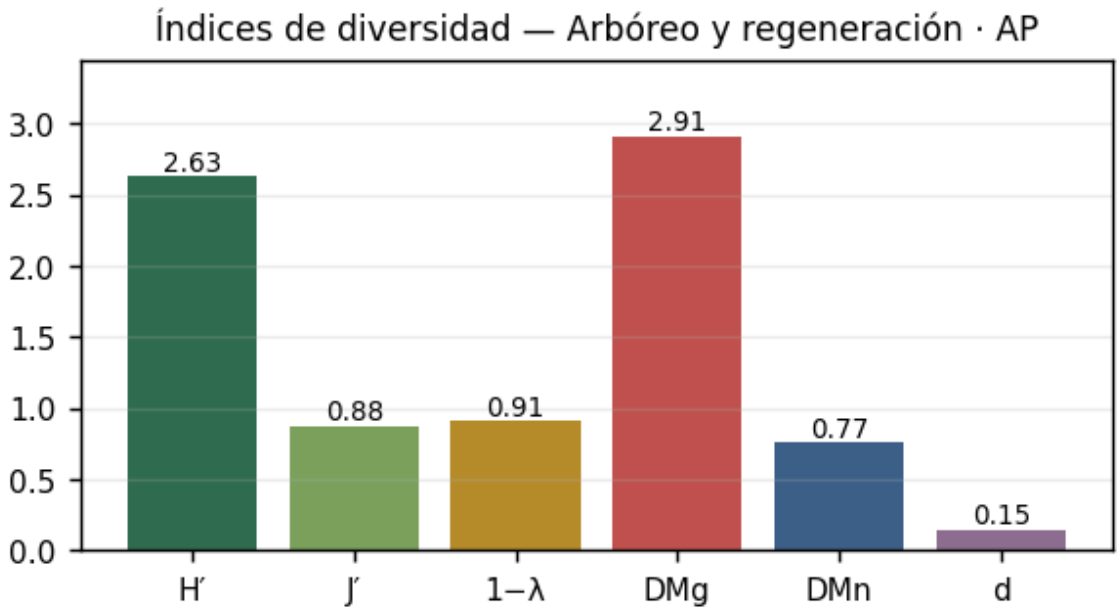


Figura 59. Índices principales del estrato arbóreo y de regeneración en el Área del Proyecto: H' = 2.63, J' = 0.88, 1−λ = 0.91, DMg = 2.91, DMn = 0.77 y d = 0.15. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica reúne en una sola vista los índices de significado distinto para que su lectura sea simultánea: la riqueza corregida por tamaño de muestra —DMg = 2.91—, la diversidad —H′ = 2.63—, el reparto —J′ = 0.88— y la dominancia —d = 0.15—. Un estrato con diversidad alta y dominancia baja describe una comunidad estructurada por muchas especies; uno con el patrón inverso, una comunidad sostenida por unas pocas.

El índice de valor de importancia descompone el peso de cada especie en sus tres componentes —densidad, frecuencia y dominancia por cobertura de copa— y suma 300 puntos en el estrato.

Tabla 95. Valor de importancia de las especies del estrato arbóreo y de regeneración en el Área del Proyecto.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Densidad relativa, DR (%)	Frecuencia relativa, FR (%)	Dominancia relativa, DoR (%)	IVI	Jerarquía ecológica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Ipomoea arborescens*	14.81	10.34	20.50	45.66	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Lysiloma divaricatum*	14.66	11.21	17.08	42.94	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Chloroleucon mangense*	8.72	11.21	8.35	28.27	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Tabebuia rosea*	11.50	6.90	6.55	24.94	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Erythrostemon palmeri*	7.72	7.76	3.74	19.21	Codominante

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Densidad relativa, DR (%)	Frecuencia relativa, FR (%)	Dominancia relativa, DoR (%)	IVI	Jerarquía ecológica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Ceiba acuminata*	3.47	3.45	8.71	15.64	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Recchia mexicana*	8.49	2.59	2.72	13.79	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Guazuma ulmifolia*	0.93	2.59	9.14	12.65	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Bursera penicillata*	1.16	6.03	5.46	12.65	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Bonellia macrocarpa*	4.71	6.03	0.27	11.02	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Cordia sonorae*	4.86	4.31	1.76	10.93	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Parkinsonia praecox*	5.48	3.45	1.55	10.48	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Handroanthus chrysanthus*	2.31	3.45	3.42	9.18	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Maclura tinctoria*	1.77	3.45	3.22	8.44	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Haematoxylum brasiletto*	3.16	2.59	2.01	7.76	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Cochlospermum vitifolium*	1.00	4.31	2.12	7.44	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Sarcomphalus amole*	1.77	3.45	1.95	7.17	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Coulteria platyloba*	1.70	3.45	0.74	5.89	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Psidium sartorianum*	1.62	2.59	0.42	4.62	Ocasional
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Azadirachta indica*	0.15	0.86	0.28	1.30	Ocasional

Fuente: índice de valor de importancia con dominancia por cobertura de copa. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La especie de mayor peso estructural del estrato es el palo blanco (*Ipomoea arborescens*), con **45.66 puntos** repartidos en 14.81 % de densidad relativa, 10.34 % de frecuencia relativa y 20.50 % de dominancia relativa, seguida de el mauto (*Lysiloma divaricatum*) con 42.94 puntos y de el cucharo (*Chloroleucon mangense*) con 28.27 puntos. El orden coincide con el de densidad: el palo blanco (*Ipomoea arborescens*) encabeza ambos rankings, de modo que su peso estructural no depende sólo del número de individuos sino que se sostiene también en cobertura y en frecuencia.

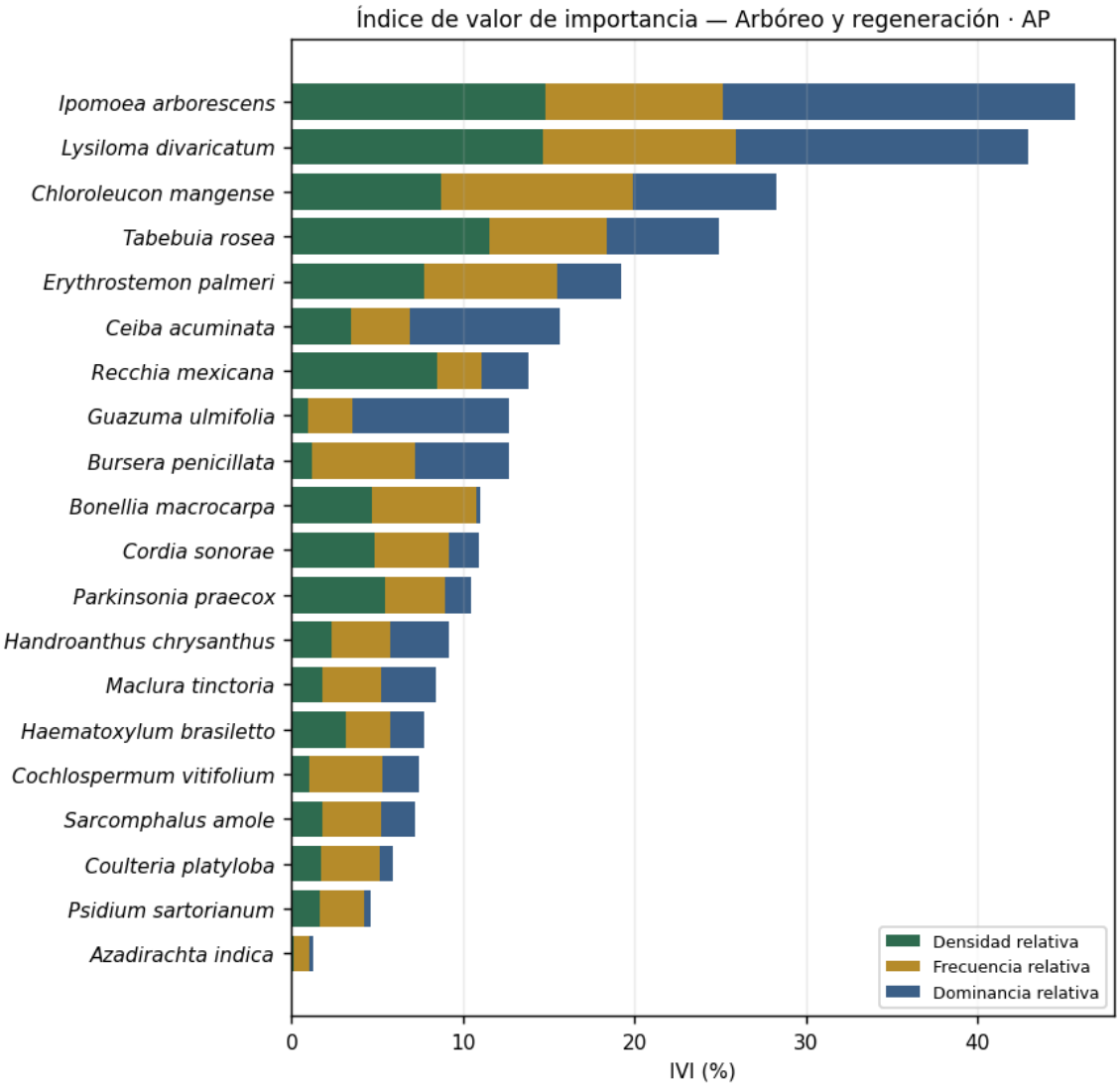


Figura 60. Índice de valor de importancia del estrato arbóreo y de regeneración en el Área del Proyecto, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La barra líder del estrato arbóreo del predio debe su altura a la cobertura antes que al número: 20.50 % de dominancia relativa frente a 14.81 % de densidad. Sólo 2 de las 20 especies alcanzan la categoría de dominante estructural, 4 son codominantes y 12 quedan como acompañantes, de modo que la estructura del rodal no descansa en una o dos especies emblemáticas: reponerla exige una mezcla amplia, y así debe plantearse la composición de la superficie de compensación.

Estrato arbustivo

El estrato arbustivo del Área del Proyecto reúne **12 especies con una densidad total de 1,602.11 individuos·ha⁻¹**, medidos sobre 19 sitios de muestreo. Su inventario se publica completo —una fila por cada

especie del estrato— con la densidad, la abundancia relativa, la clase de abundancia y la frecuencia sobre los sitios observados.

Tabla 96. Densidad por especie del estrato arbustivo en el Área del Proyecto.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Nombre común	Densidad (ind·ha⁻¹)	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Frecuencia (%)	Observaciones ecológicas
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Croton morifolius*	Vara blanca	531.58	33.18	Dominante	73.68	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Caesalpinia eriostachys*	Casiguano	299.47	18.69	Abundante	89.47	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Jatropha cinerea*	Sangregado	215.26	13.44	Abundante	52.63	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Jatropha cordata*	Torote	161.05	10.05	Abundante	63.16	Endémica
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Vachellia campechiana*	Binolo	151.58	9.46	Común	94.74	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Randia aculeata*	Papachio	126.32	7.88	Común	47.37	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Randia echinocarpa*	Papache	47.37	2.96	Escasa	26.32	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Gossypium aridum*	Listoncillo	34.21	2.14	Escasa	42.11	NOM-059: Pr; Endémica
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Cynophalla flexuosa*	Margarito	16.32	1.02	Escasa	21.05	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Senna pallida*	Carcoma	15.79	0.99	Escasa	15.79	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Karwinskia humboldtiana*	Cacachila	2.11	0.13	Escasa	21.05	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Tara cacalaco*	Brasilillo	1.05	0.07	Escasa	10.53	Nativa

Fuente: levantamiento de flora del estudio, temporada seca; densidades expresadas en la hectárea tipo del estrato. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La composición del estrato se resume así: 1 especie en clase dominante y 6 en clase escasa. La especie de mayor densidad es la vara blanca (*Croton morifolius*), con 531.58 individuos·ha⁻¹ y 33.18 % del estrato —clase dominante—, seguida de el casiguano (*Caesalpinia eriostachys*) con 299.47 individuos·ha⁻¹ y 18.69 % y de el sangregado (*Jatropha cinerea*) con 215.26 individuos·ha⁻¹ y 13.44 %. La frecuencia acompaña a la densidad sólo en parte: el binolo (*Vachellia campechiana*) es la especie presente en más sitios, con 94.74 % de frecuencia, lo que indica cuáles taxones están repartidos por el rodal y cuáles se concentran en pocos puntos.

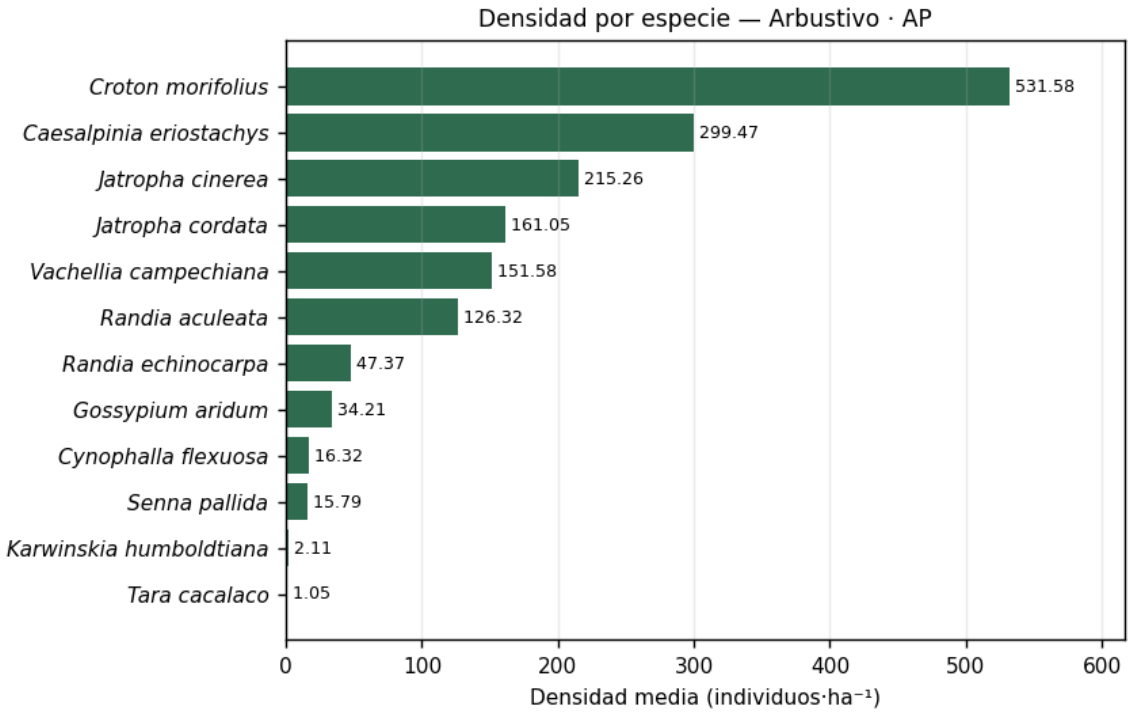


Figura 61. Densidad de las especies más abundantes del estrato arbustivo en el Área del Proyecto. La Tabla 96 contiene las 12 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica hace visible la forma de la distribución: el escalón entre la primera especie y el resto es pronunciado, lo que confirma la dominancia que la tabla ya declaraba. Ese perfil es el que después traducen los índices de Berger-Parker, con 0.33, y de Pielou, con 0.76.

La batería completa de índices alfa del estrato, calculada sobre el vector de densidades por hectárea tipo, es la siguiente.

Tabla 97. Índices de diversidad del estrato arbustivo en el Área del Proyecto.

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Riqueza específica, S	12	—	Número de especies con densidad positiva en la unidad
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Abundancia total, N	1,602.11	—	Suma de las densidades específicas
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Margalef, DMg	1.49	Baja	Riqueza corregida por el tamaño de la muestra

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Menhinick, DMn	0.30	—	Riqueza por unidad de raíz de la abundancia
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Shannon-Wiener, H′	1.90	Media	Incertidumbre media al predecir la especie de un individuo tomado al azar
Selva baja caducifolia	Arbustivo	H′ máximo	2.48	—	Valor que alcanzaría H′ si todas las especies fueran igual de abundantes
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Varianza de H′	0.00040	—	Precisión de H′; base del contraste de Hutcheson
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Pielou, J′	0.76	Equidad media	Proporción de la diversidad máxima efectivamente alcanzada
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Simpson, λ	0.19	—	Probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Diversidad de Simpson, 1−λ	0.81	Alta	Complemento de la dominancia
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Berger-Parker, d	0.33	Dominancia moderada	Peso de la especie más abundante
Selva baja caducifolia	Arbustivo	McIntosh, U	698.14	—	Distancia euclidiana de la comunidad en el espacio de especies
Selva baja caducifolia	Arbustivo	McIntosh, D	0.58	—	Equidad derivada de U
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Brillouin, HB	1.88	—	Diversidad de una colección completamente censada

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Hill N_0	12.00	—	Riqueza; especies de cualquier abundancia
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Hill N_1	6.66	—	Número efectivo de especies abundantes
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Hill N_2	5.27	—	Número efectivo de especies muy abundantes

Fuente: índices calculados sobre el vector de densidades por hectárea tipo. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Los índices deben leerse en conjunto. Shannon-Wiener alcanza **1.90 sobre un máximo posible de 2.48**, de donde resulta una equidad de Pielou de **0.76**: la comunidad realiza esa fracción de la diversidad que su riqueza permitiría con abundancias iguales. La diversidad de Simpson es 0.81 y Berger-Parker 0.33, es decir, la especie más abundante concentra esa proporción de los individuos. Los tres valores son coherentes entre sí. Los números de Hill traducen el resultado a unidades interpretables: de las 12 especies presentes, 6.66 se comportan como abundantes y 5.27 como muy abundantes.

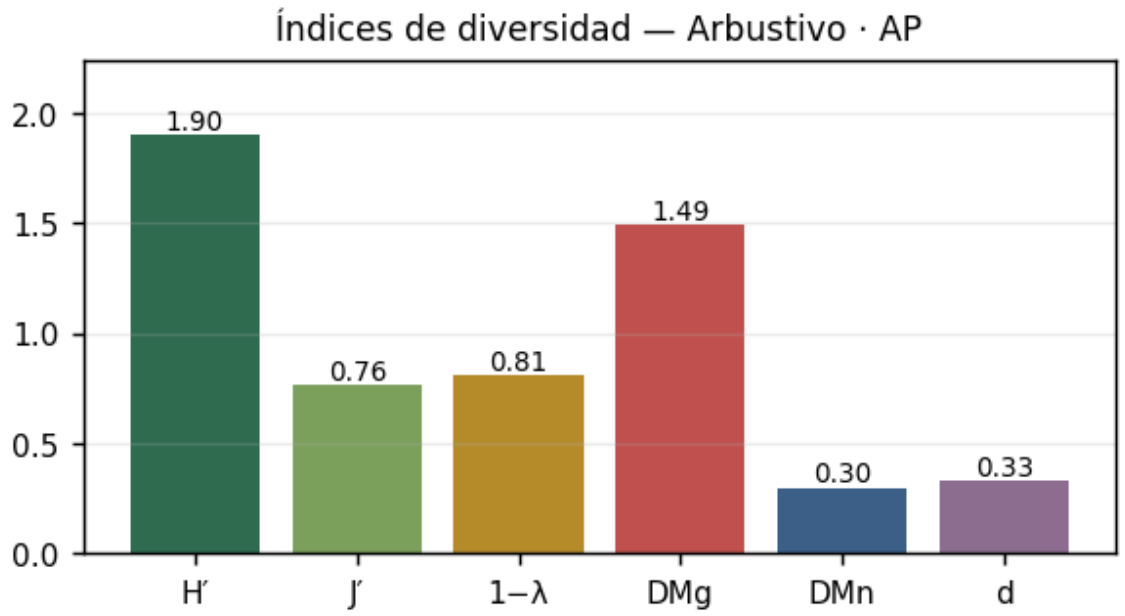


Figura 62. Índices principales del estrato arbustivo en el Área del Proyecto: H' = 1.90, J' = 0.76, 1−λ = 0.81, DMg = 1.49, DMn = 0.30 y d = 0.33. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica reúne en una sola vista los índices de significado distinto para que su lectura sea simultánea: la riqueza corregida por tamaño de muestra —DMg = 1.49—, la diversidad —H′ = 1.90—, el reparto —J′ = 0.76— y la dominancia —d = 0.33—. Un estrato con diversidad alta y dominancia baja describe una comunidad estructurada por muchas especies; uno con el patrón inverso, una comunidad sostenida por unas pocas.

El índice de valor de importancia descompone el peso de cada especie en sus tres componentes —densidad, frecuencia y dominancia por cobertura de copa— y suma 300 puntos en el estrato.

Tabla 98. Valor de importancia de las especies del estrato arbustivo en el Área del Proyecto.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Densidad relativa, DR (%)	Frecuencia relativa, FR (%)	Dominancia relativa, DoR (%)	IVI	Jerarquía ecológica
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Caesalpinia eriostachys*	18.69	16.04	29.50	64.23	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Croton morifolius*	33.18	13.21	14.25	60.64	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Vachellia campechiana*	9.46	16.98	25.91	52.35	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Jatropha cordata*	10.05	11.32	8.37	29.75	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Jatropha cinerea*	13.44	9.43	6.50	29.37	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Gossypium aridum*	2.14	7.55	9.94	19.62	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Randia aculeata*	7.88	8.49	2.49	18.87	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Randia echinocarpa*	2.96	4.72	1.06	8.73	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Cynophalla flexuosa*	1.02	3.77	0.22	5.02	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Karwinskia humboldtiana*	0.13	3.77	0.48	4.38	Ocasional
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Senna pallida*	0.99	2.83	0.42	4.24	Ocasional
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Tara cacalaco*	0.07	1.89	0.85	2.80	Ocasional

Fuente: índice de valor de importancia con dominancia por cobertura de copa. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La especie de mayor peso estructural del estrato es el casiguano (*Caesalpinia eriostachys*), con **64.23 puntos** repartidos en 18.69 % de densidad relativa, 16.04 % de frecuencia relativa y 29.50 % de dominancia relativa, seguida de la vara blanca (*Croton morifolius*) con 60.64 puntos y de el binolo (*Vachellia campechiana*) con 52.35 puntos. El orden difiere del de densidad: el casiguano (*Caesalpinia eriostachys*) encabeza la importancia pese a que la vara blanca (*Croton morifolius*) es la más densa, lo que significa que la primera aporta más cobertura de copa o está presente en más sitios que la segunda.

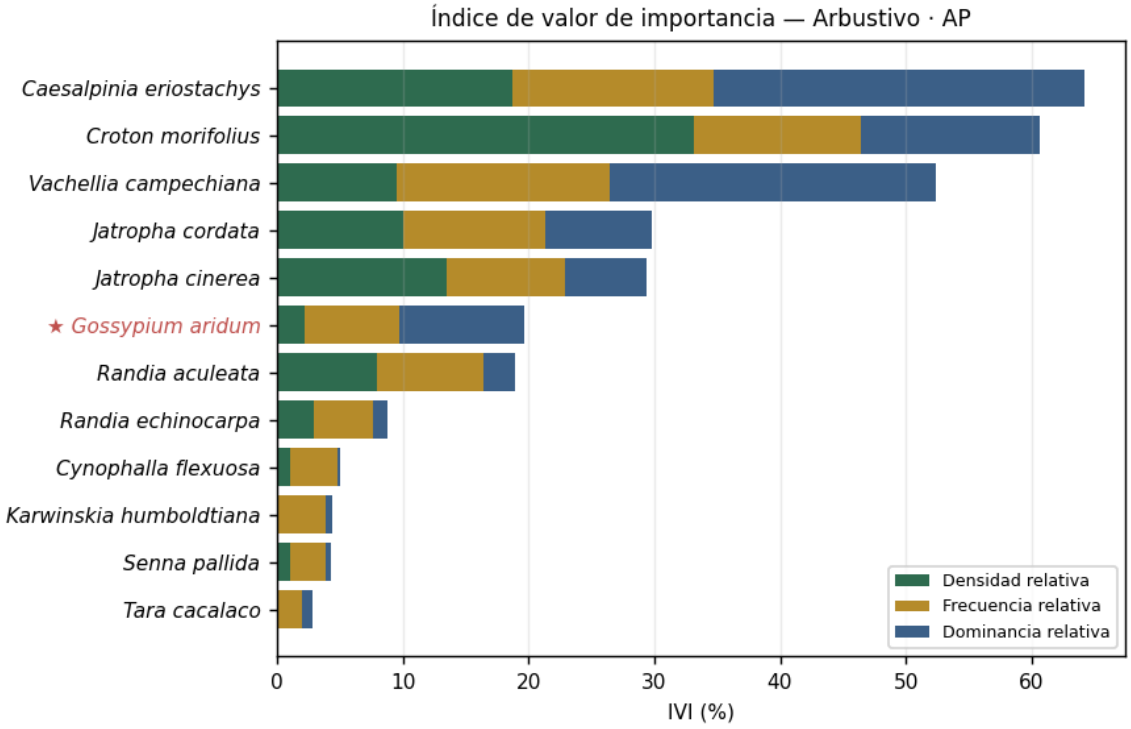


Figura 63. Índice de valor de importancia del estrato arbustivo en el Área del Proyecto, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

En el arbustivo del predio el peso se concentra: 3 especies son dominantes estructurales y otras 4 codominantes, es decir, 7 de las 12 se reparten la estructura del estrato. La barra líder alcanza 64.23 puntos —con 29.50 % de dominancia relativa—, casi el doble que la del estrato arbóreo, y esa concentración es la que explica que la equidad del arbustivo, J′ = 0.76, sea la menor de los tres estratos leñosos del Área del Proyecto.

Estrato de otras formas de vida

El estrato de otras formas de vida del Área del Proyecto reúne **8 especies con una densidad total de 633.85 individuos·ha⁻¹**, medidos sobre 13 sitios de muestreo. Su inventario se publica completo —una fila por cada especie del estrato— con la densidad, la abundancia relativa, la clase de abundancia y la frecuencia sobre los sitios observados.

Tabla 99. Densidad por especie del estrato de otras formas de vida en el Área del Proyecto.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Nombre común	Densidad (ind·ha⁻¹)	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Frecuencia (%)	Observaciones ecológicas
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Bromelia pinguin*	Aguama	207.69	32.77	Dominante	23.08	Nativa

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Nombre común	Densidad (ind·ha⁻¹)	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Frecuencia (%)	Observaciones ecológicas
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Opuntia spraguei*	Nopal	127.69	20.15	Dominante	69.23	Nativa
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Combretum fruticosum*	Peineta o cepillo	115.38	18.20	Abundante	23.08	Nativa
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Cissus trifoliata*	Uva cimarrona	79.23	12.50	Abundante	23.08	Nativa
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Pachycereus pecten-aboriginum*	Cardón	49.23	7.77	Común	92.31	Endémica
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Ruehssia edulis*	Talayote	30.77	4.85	Escasa	23.08	Endémica
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Pilosocereus purpusii*	Viejitos	15.38	2.43	Escasa	15.38	Endémica
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Cylindropuntia thurberi subsp. alamosensis*	Sibiri	8.46	1.33	Escasa	15.38	Endémica

Fuente: levantamiento de flora del estudio, temporada seca; densidades expresadas en la hectárea tipo del estrato. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La composición del estrato se resume así: 2 especies en clase dominante y 3 en clase escasa. La especie de mayor densidad es el aguama (*Bromelia pinguin*), con 207.69 individuos·ha⁻¹ y 32.77 % del estrato —clase dominante—, seguida de el nopal (*Opuntia spraguei*) con 127.69 individuos·ha⁻¹ y 20.15 % y de la peineta o cepillo (*Combretum fruticosum*) con 115.38 individuos·ha⁻¹ y 18.20 %. La frecuencia acompaña a la densidad sólo en parte: el cardón (*Pachycereus pecten-aboriginum*) es la especie presente en más sitios, con 92.31 % de frecuencia, lo que indica cuáles taxones están repartidos por el rodal y cuáles se concentran en pocos puntos.

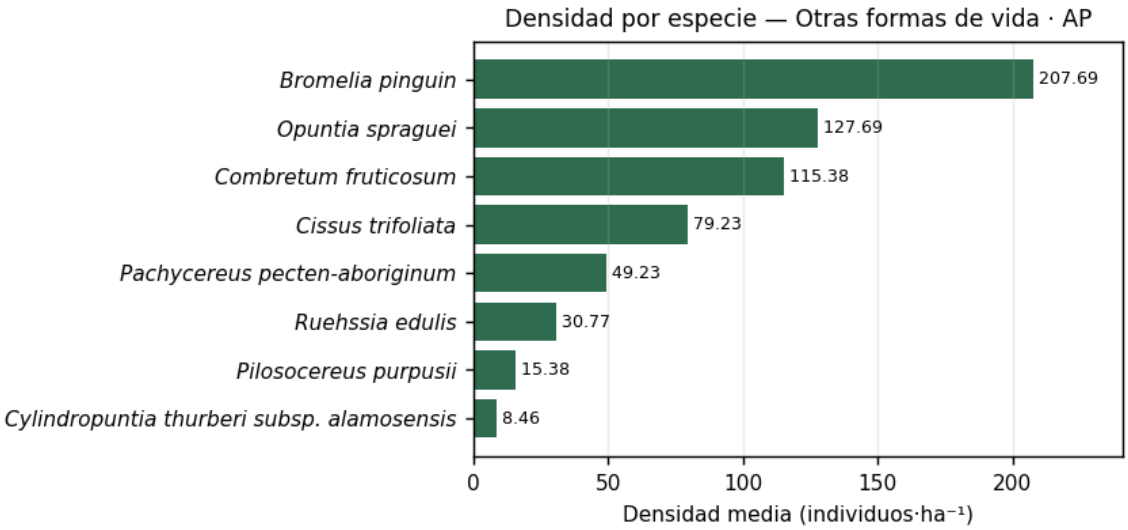


Figura 64. Densidad de las especies más abundantes del estrato de otras formas de vida en el Área del Proyecto. La Tabla 99 contiene las 8 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica hace visible la forma de la distribución: el escalón entre la primera especie y el resto es pronunciado, lo que confirma la dominancia que la tabla ya declaraba. Ese perfil es el que después traducen los índices de Berger-Parker, con 0.33, y de Pielou, con 0.84.

La batería completa de índices alfa del estrato, calculada sobre el vector de densidades por hectárea tipo, es la siguiente.

Tabla 100. Índices de diversidad del estrato de otras formas de vida en el Área del Proyecto.

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Riqueza específica, S	8	—	Número de especies con densidad positiva en la unidad
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Abundancia total, N	633.85	—	Suma de las densidades específicas
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Margalef, DMg	1.08	Baja	Riqueza corregida por el tamaño de la muestra
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Menhinick, DMn	0.32	—	Riqueza por unidad de raíz de la abundancia
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Shannon-Wiener, H′	1.75	Media	Incertidumbre media al predecir la especie de un

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
					individuo tomado al azar
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	H′ máximo	2.08	—	Valor que alcanzaría H′ si todas las especies fueran igual de abundantes
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Varianza de H′	0.00074	—	Precisión de H′; base del contraste de Hutcheson
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Pielou, J′	0.84	Alta equidad	Proporción de la diversidad máxima efectivamente alcanzada
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Simpson, λ	0.21	—	Probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Diversidad de Simpson, 1−λ	0.79	Alta	Complemento de la dominancia
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Berger-Parker, d	0.33	Dominancia moderada	Peso de la especie más abundante
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	McIntosh, U	287.60	—	Distancia euclidiana de la comunidad en el espacio de especies
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	McIntosh, D	0.57	—	Equidad derivada de U
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Brillouin, HB	1.72	—	Diversidad de una colección completamente censada
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Hill N_0	8.00	—	Riqueza; especies de cualquier abundancia
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Hill N_1	5.76	—	Número efectivo de especies abundantes

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Hill N_2	4.86	—	Número efectivo de especies muy abundantes

Fuente: índices calculados sobre el vector de densidades por hectárea tipo. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Los índices deben leerse en conjunto. Shannon-Wiener alcanza **1.75 sobre un máximo posible de 2.08**, de donde resulta una equidad de Pielou de **0.84**: la comunidad realiza esa fracción de la diversidad que su riqueza permitiría con abundancias iguales. La diversidad de Simpson es 0.79 y Berger-Parker 0.33, es decir, la especie más abundante concentra esa proporción de los individuos. Los tres valores son coherentes entre sí. Los números de Hill traducen el resultado a unidades interpretables: de las 8 especies presentes, 5.76 se comportan como abundantes y 4.86 como muy abundantes.

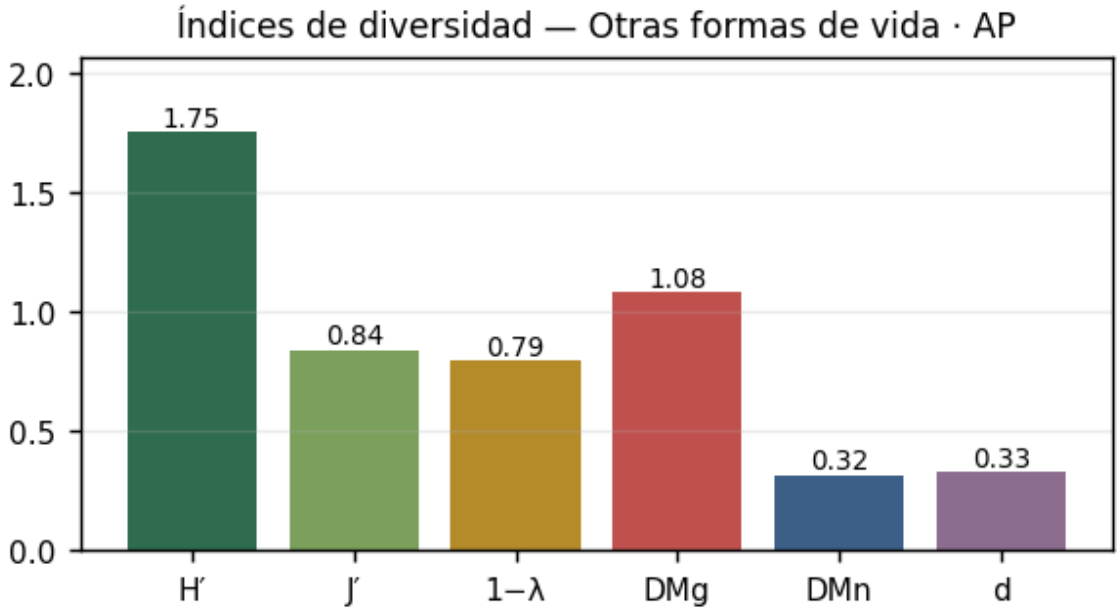


Figura 65. Índices principales del estrato de otras formas de vida en el Área del Proyecto: H' = 1.75, J' = 0.84, 1−λ = 0.79, DMg = 1.08, DMn = 0.32 y d = 0.33. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica reúne en una sola vista los índices de significado distinto para que su lectura sea simultánea: la riqueza corregida por tamaño de muestra —DMg = 1.08—, la diversidad —H′ = 1.75—, el reparto —J′ = 0.84— y la dominancia —d = 0.33—. Un estrato con diversidad alta y dominancia baja describe una comunidad estructurada por muchas especies; uno con el patrón inverso, una comunidad sostenida por unas pocas.

El índice de valor de importancia descompone el peso de cada especie en sus tres componentes —densidad, frecuencia y dominancia por cobertura de copa— y suma 300 puntos en el estrato.

Tabla 101. Valor de importancia de las especies del estrato de otras formas de vida en el Área del Proyecto.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Densidad relativa, DR (%)	Frecuencia relativa, FR (%)	Dominancia relativa, DoR (%)	IVI	Jerarquía ecológica
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Combretum fruticosum*	18.20	8.11	36.73	63.04	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Opuntia spraguei*	20.15	24.32	16.29	60.76	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Cissus trifoliata*	12.50	8.11	34.23	54.83	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Pachycereus pecten-aboriginum*	7.77	32.43	5.92	46.11	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Bromelia pinguin*	32.77	8.11	3.98	44.85	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Ruehssia edulis*	4.85	8.11	0.18	13.14	Acompañante
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Pilosocereus purpusii*	2.43	5.41	2.57	10.40	Acompañante
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Cylindropuntia thurberi subsp. alamosensis*	1.33	5.41	0.12	6.86	Acompañante

Fuente: índice de valor de importancia con dominancia por cobertura de copa. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La especie de mayor peso estructural del estrato es la peineta o cepillo (*Combretum fruticosum*), con **63.04 puntos** repartidos en 18.20 % de densidad relativa, 8.11 % de frecuencia relativa y 36.73 % de dominancia relativa, seguida de el nopal (*Opuntia spraguei*) con 60.76 puntos y de la uva cimarrona (*Cissus trifoliata*) con 54.83 puntos. El orden difiere del de densidad: la peineta o cepillo (*Combretum fruticosum*) encabeza la importancia pese a que el aguama (*Bromelia pinguin*) es la más densa, lo que significa que la primera aporta más cobertura de copa o está presente en más sitios que la segunda.

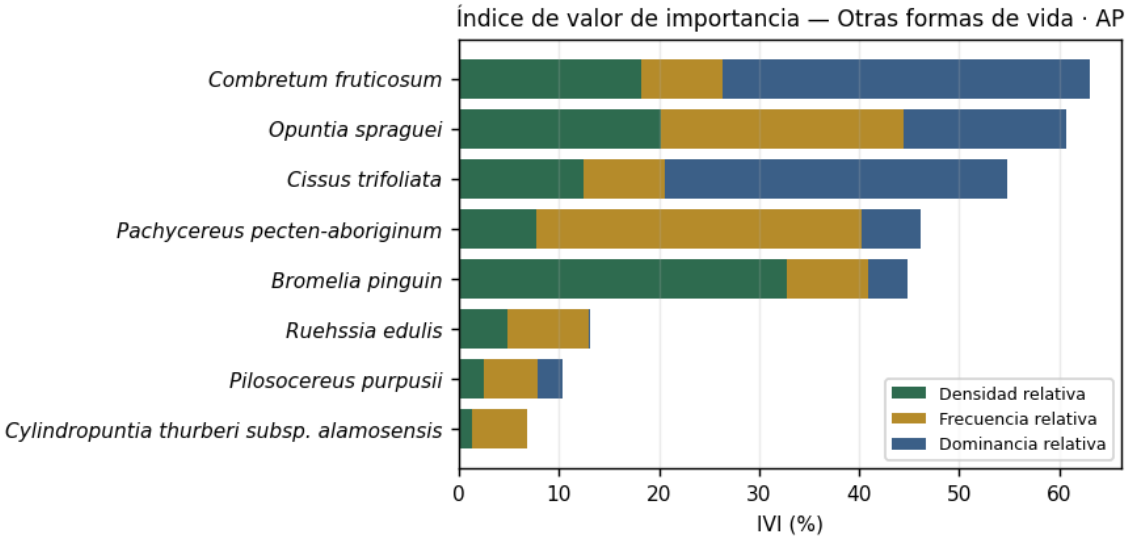


Figura 66. Índice de valor de importancia del estrato de otras formas de vida en el Área del Proyecto, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La figura de otras formas de vida no tiene escalones intermedios: 5 de las 8 especies son dominantes estructurales y las 3 restantes acompañantes, sin codominantes ni ocasionales. La líder sostiene sus 63.04 puntos casi por completo en la cobertura —36.73 % de dominancia relativa frente a 8.11 % de frecuencia—, esto es, aporta mucha superficie foliar desde pocos sitios; su contribución a la estructura no se sustituye con individuos pequeños repartidos.

Estrato herbáceo

El estrato herbáceo del Área del Proyecto reúne **3 especies con una densidad total de 26,153.85 individuos·ha⁻¹**, medidos sobre 13 sitios de muestreo. Su inventario se publica completo —una fila por cada especie del estrato— con la densidad, la abundancia relativa, la clase de abundancia y la frecuencia sobre los sitios observados.

Tabla 102. Densidad por especie del estrato herbáceo en el Área del Proyecto.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Nombre común	Densidad (ind·ha⁻¹)	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Frecuencia (%)	Observaciones ecológicas
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Malvastrum coromandelianum*	Malva	15,461.54	59.12	Dominante	76.92	Nativa
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Taraxacum officinale*	diente de león	10,192.31	38.97	Dominante	30.77	Exótica o introducida
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Ricinus communis*	Higuera de ricino	500.00	1.91	Escasa	15.38	Exótica invasora

Fuente: levantamiento de flora del estudio, temporada seca; densidades expresadas en la hectárea tipo del estrato. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La composición del estrato se resume así: 2 especies en clase dominante y 1 en clase escasa. La especie de mayor densidad es la malva (*Malvastrum coromandelianum*), con 15,461.54 individuos·ha⁻¹ y 59.12 % del estrato —clase dominante—, seguida de el diente de león (*Taraxacum officinale*) con 10,192.31

individuos·ha⁻¹ y 38.97 % y de la higuera de ricino (*Ricinus communis*) con 500.00 individuos·ha⁻¹ y 1.91 %. La frecuencia acompaña a la densidad sólo en parte: la malva (*Malvastrum coromandelianum*) es la especie presente en más sitios, con 76.92 % de frecuencia, lo que indica cuáles taxones están repartidos por el rodal y cuáles se concentran en pocos puntos.

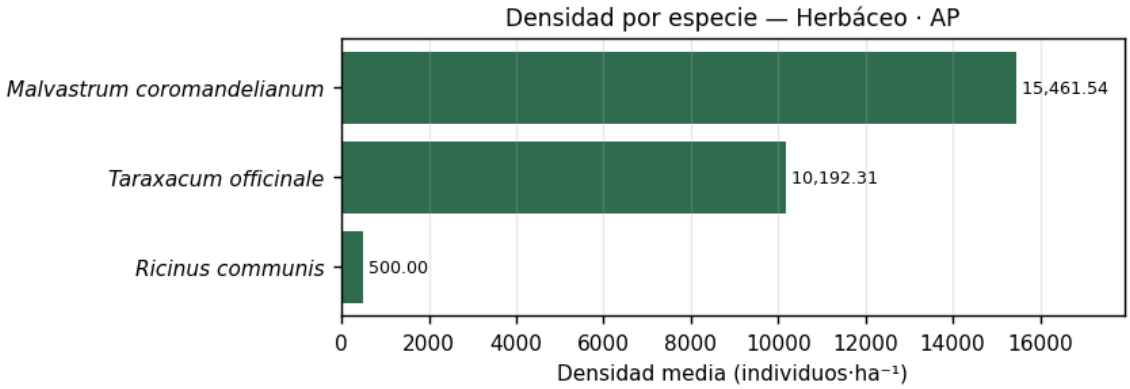


Figura 67. Densidad de las especies más abundantes del estrato herbáceo en el Área del Proyecto. La Tabla 102 contiene las 3 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica hace visible la forma de la distribución: el escalón entre la primera especie y el resto es pronunciado, lo que confirma la dominancia que la tabla ya declaraba. Ese perfil es el que después traducen los índices de Berger-Parker, con 0.59, y de Pielou, con 0.69.

La batería completa de índices alfa del estrato, calculada sobre el vector de densidades por hectárea tipo, es la siguiente.

Tabla 103. Índices de diversidad del estrato herbáceo en el Área del Proyecto.

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Riqueza específica, S	3	—	Número de especies con densidad positiva en la unidad
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Abundancia total, N	26,153.85	—	Suma de las densidades específicas
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Margalef, DMg	0.20	Baja	Riqueza corregida por el tamaño de la muestra
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Menhinick, DMn	0.02	—	Riqueza por unidad de raíz de la abundancia
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Shannon-Wiener, H′	0.75	Baja	Incertidumbre media al predecir la especie de un

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
					individuo tomado al azar
Selva baja caducifolia	Herbáceo	H′ máximo	1.10	—	Valor que alcanzaría H′ si todas las especies fueran igual de abundantes
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Varianza de H′	0.00001	—	Precisión de H′; base del contraste de Hutcheson
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Pielou, J′	0.69	Equidad media	Proporción de la diversidad máxima efectivamente alcanzada
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Simpson, λ	0.50	—	Probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Diversidad de Simpson, 1−λ	0.50	Baja	Complemento de la dominancia
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Berger-Parker, d	0.59	Dominancia alta	Peso de la especie más abundante
Selva baja caducifolia	Herbáceo	McIntosh, U	18,525.45	—	Distancia euclidiana de la comunidad en el espacio de especies
Selva baja caducifolia	Herbáceo	McIntosh, D	0.29	—	Equidad derivada de U
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Brillouin, HB	0.75	—	Diversidad de una colección completamente censada
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Hill N_0	3.00	—	Riqueza; especies de cualquier abundancia
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Hill N_1	2.12	—	Número efectivo de especies abundantes

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Hill N_2	1.99	—	Número efectivo de especies muy abundantes

Fuente: índices calculados sobre el vector de densidades por hectárea tipo. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Los índices deben leerse en conjunto. Shannon-Wiener alcanza **0.75 sobre un máximo posible de 1.10**, de donde resulta una equidad de Pielou de **0.69**: la comunidad realiza esa fracción de la diversidad que su riqueza permitiría con abundancias iguales. La diversidad de Simpson es 0.50 y Berger-Parker 0.59, es decir, la especie más abundante concentra esa proporción de los individuos. Los tres valores son coherentes entre sí. Los números de Hill traducen el resultado a unidades interpretables: de las 3 especies presentes, 2.12 se comportan como abundantes y 1.99 como muy abundantes.

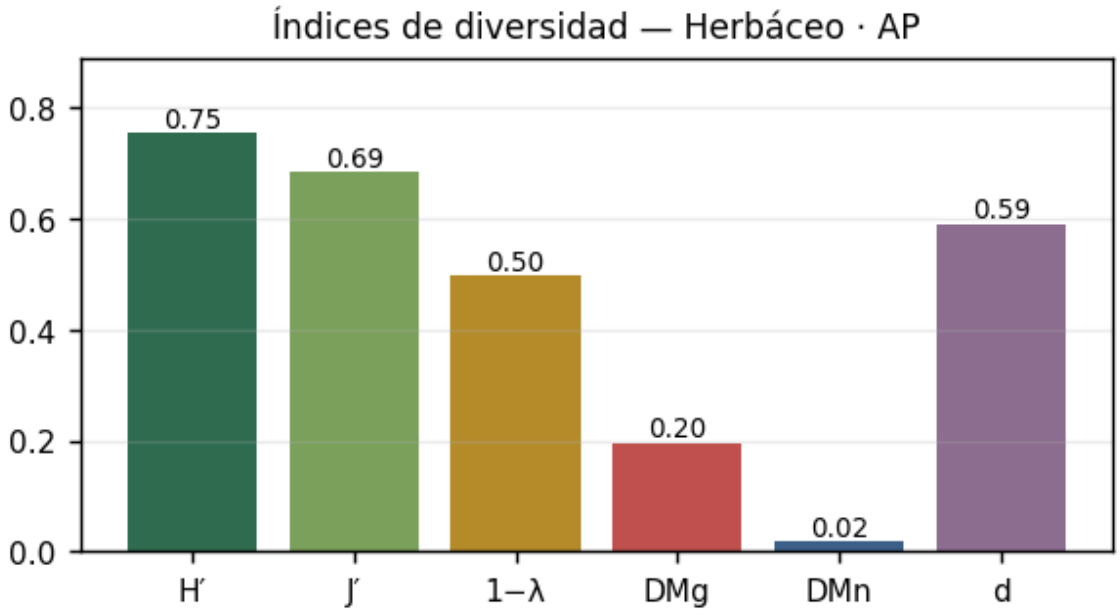


Figura 68. Índices principales del estrato herbáceo en el Área del Proyecto: H' = 0.75, J' = 0.69, 1−λ = 0.50, DMg = 0.20, DMn = 0.02 y d = 0.59. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica reúne en una sola vista los índices de significado distinto para que su lectura sea simultánea: la riqueza corregida por tamaño de muestra —DMg = 0.20—, la diversidad —H′ = 0.75—, el reparto —J′ = 0.69— y la dominancia —d = 0.59—. Un estrato con diversidad alta y dominancia baja describe una comunidad estructurada por muchas especies; uno con el patrón inverso, una comunidad sostenida por unas pocas.

El índice de valor de importancia descompone el peso de cada especie en sus tres componentes —densidad, frecuencia y dominancia por cobertura de copa— y suma 300 puntos en el estrato.

Tabla 104. Valor de importancia de las especies del estrato herbáceo en el Área del Proyecto.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Densidad relativa, DR (%)	Frecuencia relativa, FR (%)	Dominancia relativa, DoR (%)	IVI	Jerarquía ecológica
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Malvastrum coromandelianum*	59.12	62.50	60.34	181.96	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Taraxacum officinale*	38.97	25.00	31.03	95.01	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Ricinus communis*	1.91	12.50	8.62	23.03	Codominante

Fuente: índice de valor de importancia con dominancia por cobertura de copa. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La especie de mayor peso estructural del estrato es la malva (*Malvastrum coromandelianum*), con **181.96 puntos** repartidos en 59.12 % de densidad relativa, 62.50 % de frecuencia relativa y 60.34 % de dominancia relativa, seguida de el diente de león (*Taraxacum officinale*) con 95.01 puntos y de la higuera de ricino (*Ricinus communis*) con 23.03 puntos. El orden coincide con el de densidad: la malva (*Malvastrum coromandelianum*) encabeza ambos rankings, de modo que su peso estructural no depende sólo del número de individuos sino que se sostiene también en cobertura y en frecuencia.

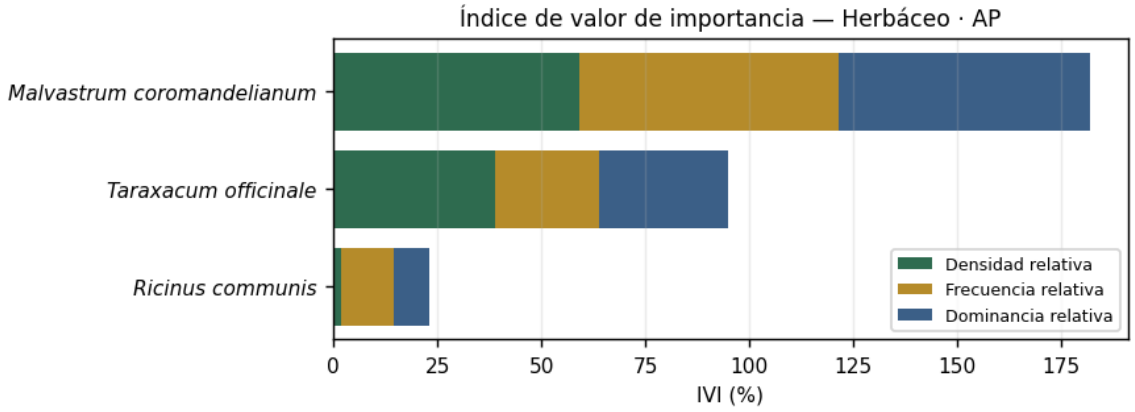


Figura 69. Índice de valor de importancia del estrato herbáceo en el Área del Proyecto, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

Con sólo 3 especies, la figura del herbáceo reparte los 300 puntos del índice entre tres barras y la líder se lleva 181.96, con sus tres componentes en torno al 60 %: ninguno la explica más que los otros. Lo que la figura muestra no es una jerarquía —trivial con tres especies— sino la magnitud del desequilibrio, coherente con un estrato en el que dos de las tres especies registradas son exóticas: el diente de león (*Taraxacum officinale*) y la higuera de ricino (*Ricinus communis*).

Síntesis del Área del Proyecto

La batería completa de los cuatro estratos del Área del Proyecto se consolida en una sola vista, con la especie estructuralmente dominante de cada uno y su completitud de muestreo. Los cuatro estratos reúnen 43 especies y ninguno de sus inventarios baja de 80 % de completitud —de 80.27 % en otras formas de vida a 91.84 % en el arbustivo—, de modo que los valores que siguen describen la comunidad realmente presente

en el predio y no el alcance del esfuerzo de campo. Esa condición es la que permite emplearlos como línea base contra la cual medir la afectación de las 12.5570 ha sujetas a cambio de uso de suelo.

Tabla 105. Síntesis de los índices de diversidad de flora del Área del Proyecto por estrato.

Tipo de vegetación	Estrato	S	N (ind·ha⁻¹)	DMg	DMn	H′	Var H′	J′	λ	1−λ	d	D	HB	N_0	N_1	N_2	IVI dominante	Completitud (%)	Diagnóstico ecológico
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	20	682.11	2.91	0.77	2.63	0.00083	0.88	0.09	0.91	0.15	0.73	2.56	20.00	13.82	11.21	*Ipomoea arborescens* (45.66)	85.77	Comunidad rica y equitativa, sin dominancia marcada
Selva baja caducifolia	Arbustivo	12	1,602.11	1.49	0.30	1.90	0.00040	0.76	0.19	0.81	0.33	0.58	1.88	12.00	6.66	5.27	*Caesalpinia eriostachys* (64.23)	91.84	Comunidad de diversidad media con reparto relativamente equilibrado
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	8	633.85	1.08	0.32	1.75	0.00074	0.84	0.21	0.79	0.33	0.57	1.72	8.00	5.76	4.86	*Combretum fruticosum* (63.04)	80.27	Comunidad de diversidad media con reparto relativamente equilibrado
Selva baja caducifolia	Herbáceo	3	26,153.85	0.20	0.02	0.75	0.00001	0.69	0.50	0.50	0.59	0.29	0.75	3.00	2.12	1.99	*Malvastrum coromandelianum* (181.96)	85.81	Riqueza muy baja; los índices se leen con reserva

Fuente: índices calculados sobre el vector de densidades por hectárea tipo; completitud según el ajuste de Clench. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Leída en conjunto, la tabla ordena los cuatro estratos por su condición ecológica. El **arbóreo y de regeneración** es el más rico —20 especies— y el más equitativo —J′ = 0.88—, con una comunidad sin dominancia marcada. El **arbustivo** duplica su densidad —1,602.11 frente a 682.11 individuos·ha⁻¹— con poco más de la mitad de las especies y la menor equidad de los estratos leñosos, J′ = 0.76. El de **otras formas de vida** mantiene equidad alta, J′ = 0.84, sobre sólo 8 especies. El **herbáceo**, con 3 especies, es el único cuya riqueza obliga a leer los índices con reserva.

La diversidad beta interna, calculada entre los sitios de muestreo de cada estrato, completa el cuadro.

Tabla 106. Diversidad beta entre sitios de muestreo de flora del Área del Proyecto por estrato.

Estrato	Sitios comparados	Riqueza media por sitio (α)	Jaccard medio	Sørensen medio	βW de Whittaker
Arbóreo y regeneración	19	6.11	0.24	0.37	2.28
Arbustivo	19	5.58	0.44	0.60	1.15
Herbáceo	13	1.23	0.47	0.53	1.44
Otras formas de vida	13	2.85	0.40	0.53	1.81

Fuente: diversidad beta entre sitios de muestreo dentro de cada estrato del Área del Proyecto.

El estrato arbóreo y de regeneración es el más heterogéneo entre sitios: con una riqueza media de 6.11 especies por sitio sobre las 20 del estrato, su βW de Whittaker alcanza 2.28 y su similitud de Jaccard media es de sólo 0.24. Dos sitios cualesquiera del predio comparten, en promedio, una cuarta parte de sus especies arbóreas. El estrato arbustivo es el más homogéneo, con Jaccard medio de 0.44 y βW de 1.15.

Esa heterogeneidad interna no es un defecto del muestreo —los estimadores del apartado III.3.2 confirman que el inventario está completo— sino una propiedad de la comunidad: **en la selva baja caducifolia las especies arbóreas se distribuyen en mosaico y ningún punto del rodal contiene a todas.** La consecuencia práctica es que la conservación del conjunto de especies del predio no puede lograrse protegiendo una fracción del polígono: requiere actuar sobre el conjunto o, como plantea el proyecto en sus capítulos de medidas, sobre una superficie de compensación equivalente en composición.

III.5.2 Flora del Área de Influencia

Estrato arbóreo y de regeneración

El estrato arbóreo y de regeneración del Área de Influencia reúne **17 especies con una densidad total de 518.89 individuos·ha⁻¹**, medidos sobre 9 sitios de muestreo. Su inventario se publica completo —una fila por cada especie del estrato— con la densidad, la abundancia relativa, la clase de abundancia y la frecuencia sobre los sitios observados.

Tabla 107. Densidad por especie del estrato arbóreo y de regeneración en el Área de Influencia.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Nombre común	Densidad (ind·ha⁻¹)	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Frecuencia (%)	Observaciones ecológicas
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Erythrostemon palmeri*	Palo piojo	92.22	17.77	Abundante	55.56	Endémica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Cochlospermum vitifolium*	Rosa amarilla	87.78	16.92	Abundante	33.33	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Ipomoea arborescens*	Palo blanco	71.11	13.70	Abundante	44.44	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Tabebuia rosea*	Amapa	46.67	8.99	Común	44.44	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Lysiloma divaricatum*	Mauto	45.56	8.78	Común	66.67	Nativa

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Nombre común	Densidad (ind·ha⁻¹)	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Frecuencia (%)	Observaciones ecológicas
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Chloroleucon mangense*	Cucharo	43.33	8.35	Común	33.33	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Guazuma ulmifolia*	Guazima	36.67	7.07	Común	33.33	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Ceiba acuminata*	Pochote	22.22	4.28	Escasa	11.11	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Conzattia sericea*	Navio	21.11	4.07	Escasa	33.33	Endémica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Bursera penicillata*	Copal	16.67	3.21	Escasa	44.44	Endémica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Parkinsonia praecox*	Brea	13.33	2.57	Escasa	33.33	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Bonellia macrocarpa*	San juan	11.11	2.14	Escasa	11.11	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Zanthoxylum arborescens*	Garabato	4.44	0.86	Escasa	22.22	Endémica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Cordia sonorae*	Amapa prieta	3.33	0.64	Escasa	33.33	Endémica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Handroanthus chrysanthus*	Amapa amarilla	1.11	0.21	Escasa	11.11	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Maclura tinctoria*	Mora	1.11	0.21	Escasa	11.11	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Sarcomphalus amole*	Ceituna	1.11	0.21	Escasa	11.11	Endémica

Fuente: levantamiento de flora del estudio, temporada seca; densidades expresadas en la hectárea tipo del estrato. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La composición del estrato se resume así: ninguna especie alcanza la clase dominante y 10 quedan en clase escasa. La especie de mayor densidad es el palo piojo (*Erythrostemon palmeri*), con 92.22 individuos·ha⁻¹ y 17.77 % del estrato —clase abundante—, seguida de la rosa amarilla (*Cochlospermum vitifolium*) con 87.78 individuos·ha⁻¹ y 16.92 % y de el palo blanco (*Ipomoea arborescens*) con 71.11 individuos·ha⁻¹ y 13.70 %. La frecuencia acompaña a la densidad sólo en parte: el mauto (*Lysiloma divaricatum*) es la especie presente en más sitios, con 66.67 % de frecuencia, lo que indica cuáles taxones están repartidos por el rodal y cuáles se concentran en pocos puntos.

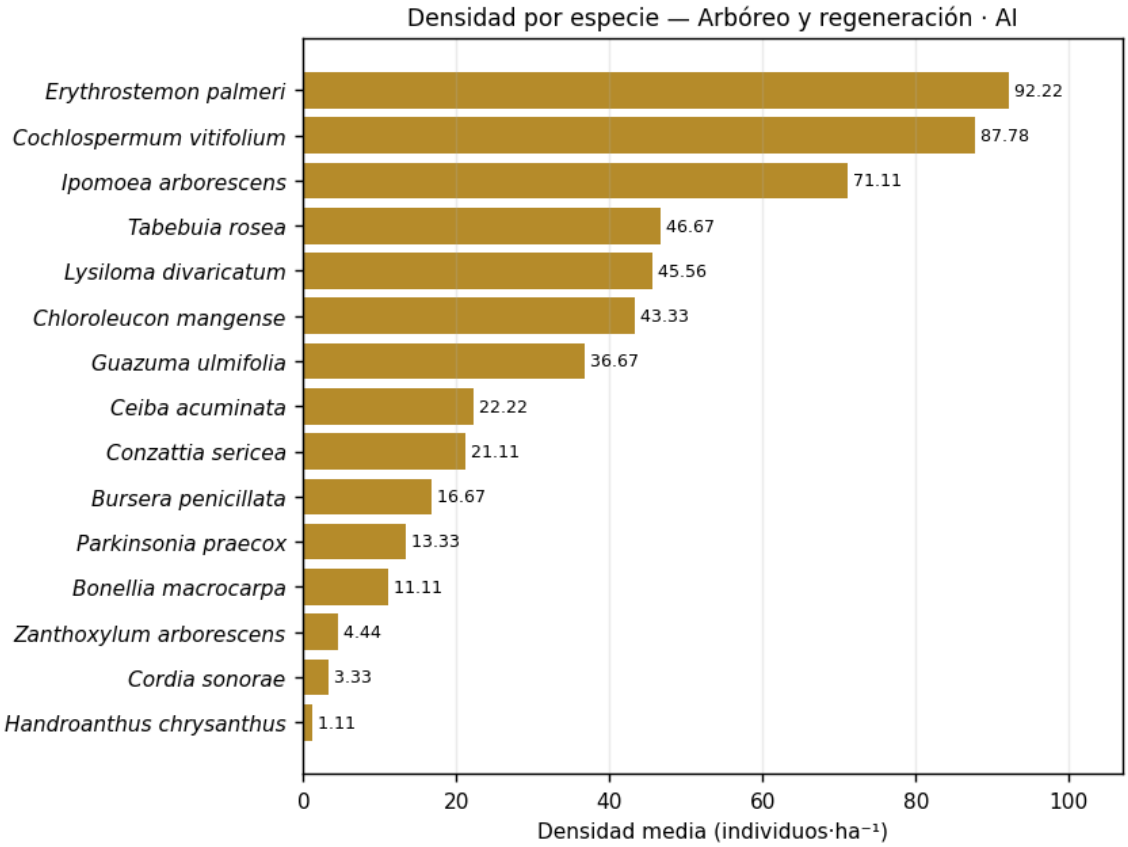


Figura 70. Densidad de las especies más abundantes del estrato arbóreo y de regeneración en el Área de Influencia. La Tabla 107 contiene las 17 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica hace visible la forma de la distribución: las primeras posiciones tienen densidades del mismo orden y el descenso es gradual, sin escalón que separe a una especie del conjunto. Ese perfil es el que después traducen los índices de Berger-Parker, con 0.18, y de Pielou, con 0.84.

La batería completa de índices alfa del estrato, calculada sobre el vector de densidades por hectárea tipo, es la siguiente.

Tabla 108. Índices de diversidad del estrato arbóreo y de regeneración en el Área de Influencia.

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Riqueza específica, S	17	—	Número de especies con densidad positiva en la unidad
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Abundancia total, N	518.89	—	Suma de las densidades específicas

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Margalef, DMg	2.56	Media	Riqueza corregida por el tamaño de la muestra
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Menhinick, DMn	0.75	—	Riqueza por unidad de raíz de la abundancia
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Shannon-Wiener, H′	2.37	Media	Incertidumbre media al predecir la especie de un individuo tomado al azar
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	H′ máximo	2.83	—	Valor que alcanzaría H′ si todas las especies fueran igual de abundantes
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Varianza de H′	0.00105	—	Precisión de H′; base del contraste de Hutcheson
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Pielou, J′	0.84	Alta equidad	Proporción de la diversidad máxima efectivamente alcanzada
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Simpson, λ	0.11	—	Probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Diversidad de Simpson, 1−λ	0.89	Alta	Complemento de la dominancia
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Berger-Parker, d	0.18	Dominancia moderada	Peso de la especie más abundante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	McIntosh, U	174.05	—	Distancia euclidiana de la comunidad en el espacio de especies
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	McIntosh, D	0.70	—	Equidad derivada de U
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Brillouin, HB	2.30	—	Diversidad de una colección

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
					completamente censada
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Hill N_0	17.00	—	Riqueza; especies de cualquier abundancia
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Hill N_1	10.69	—	Número efectivo de especies abundantes
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Hill N_2	8.89	—	Número efectivo de especies muy abundantes

Fuente: índices calculados sobre el vector de densidades por hectárea tipo. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Los índices deben leerse en conjunto. Shannon-Wiener alcanza **2.37 sobre un máximo posible de 2.83**, de donde resulta una equidad de Pielou de **0.84**: la comunidad realiza esa fracción de la diversidad que su riqueza permitiría con abundancias iguales. La diversidad de Simpson es 0.89 y Berger-Parker 0.18, es decir, la especie más abundante concentra esa proporción de los individuos. Los tres valores son coherentes entre sí. Los números de Hill traducen el resultado a unidades interpretables: de las 17 especies presentes, 10.69 se comportan como abundantes y 8.89 como muy abundantes.

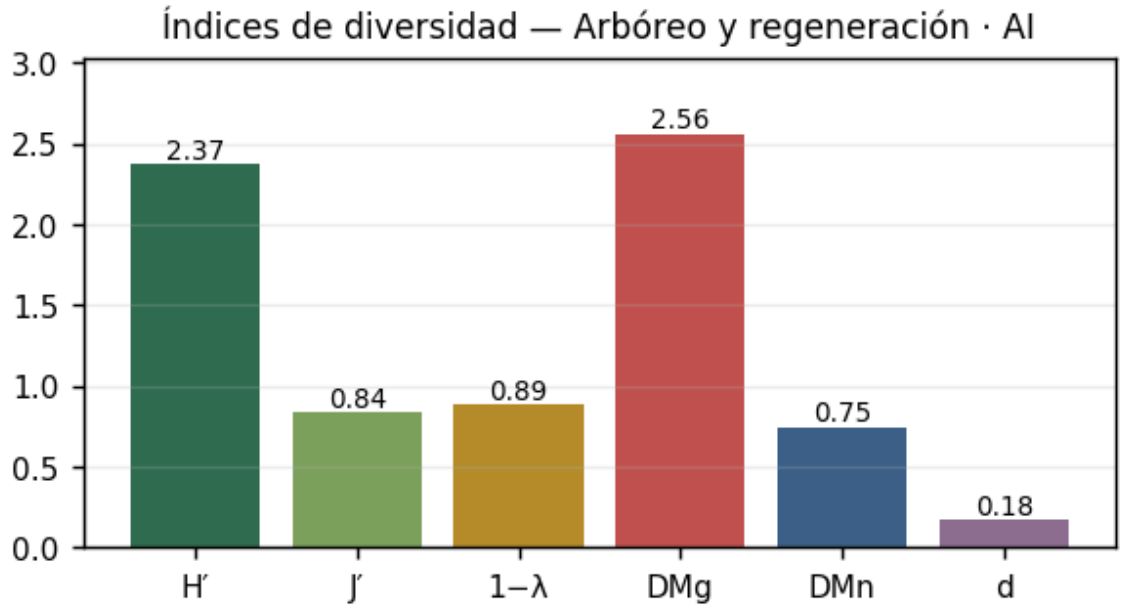


Figura 71. Índices principales del estrato arbóreo y de regeneración en el Área de Influencia: H' = 2.37, J' = 0.84, 1−λ = 0.89, DMg = 2.56, DMn = 0.75 y d = 0.18. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica reúne en una sola vista los índices de significado distinto para que su lectura sea simultánea: la riqueza corregida por tamaño de muestra —DMg = 2.56—, la diversidad —H′ = 2.37—, el reparto —J′ = 0.84—

y la dominancia —d = 0.18—. Un estrato con diversidad alta y dominancia baja describe una comunidad estructurada por muchas especies; uno con el patrón inverso, una comunidad sostenida por unas pocas.

El índice de valor de importancia descompone el peso de cada especie en sus tres componentes —densidad, frecuencia y dominancia por cobertura de copa— y suma 300 puntos en el estrato.

Tabla 109. Valor de importancia de las especies del estrato arbóreo y de regeneración en el Área de Influencia.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Densidad relativa, DR (%)	Frecuencia relativa, FR (%)	Dominancia relativa, DoR (%)	IVI	Jerarquía ecológica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Ipomoea arborescens*	13.70	8.33	27.60	49.64	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Cochlospermum vitifolium*	16.92	6.25	16.94	40.11	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Erythrostemon palmeri*	17.77	10.42	4.38	32.57	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Lysiloma divaricatum*	8.78	12.50	8.45	29.73	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Guazuma ulmifolia*	7.07	6.25	13.23	26.55	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Tabebuia rosea*	8.99	8.33	6.33	23.65	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Chloroleucon mangense*	8.35	6.25	6.76	21.36	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Conzattia sericea*	4.07	6.25	9.50	19.82	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Bursera penicillata*	3.21	8.33	3.18	14.73	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Parkinsonia praecox*	2.57	6.25	0.48	9.30	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Cordia sonorae*	0.64	6.25	0.89	7.78	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Ceiba acuminata*	4.28	2.08	0.54	6.91	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Zanthoxylum arborescens*	0.86	4.17	0.81	5.83	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Bonellia macrocarpa*	2.14	2.08	0.02	4.24	Ocasional
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Handroanthus chrysanthus*	0.21	2.08	0.30	2.59	Ocasional

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Densidad relativa, DR (%)	Frecuencia relativa, FR (%)	Dominancia relativa, DoR (%)	IVI	Jerarquía ecológica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Maclura tinctoria*	0.21	2.08	0.30	2.59	Ocasional
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Sarcomphalus amole*	0.21	2.08	0.30	2.59	Ocasional

Fuente: índice de valor de importancia con dominancia por cobertura de copa. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La especie de mayor peso estructural del estrato es el palo blanco (*Ipomoea arborescens*), con **49.64 puntos** repartidos en 13.70 % de densidad relativa, 8.33 % de frecuencia relativa y 27.60 % de dominancia relativa, seguida de la rosa amarilla (*Cochlospermum vitifolium*) con 40.11 puntos y de el palo piojo (*Erythrostemon palmeri*) con 32.57 puntos. El orden difiere del de densidad: el palo blanco (*Ipomoea arborescens*) encabeza la importancia pese a que el palo piojo (*Erythrostemon palmeri*) es la más densa, lo que significa que la primera aporta más cobertura de copa o está presente en más sitios que la segunda.

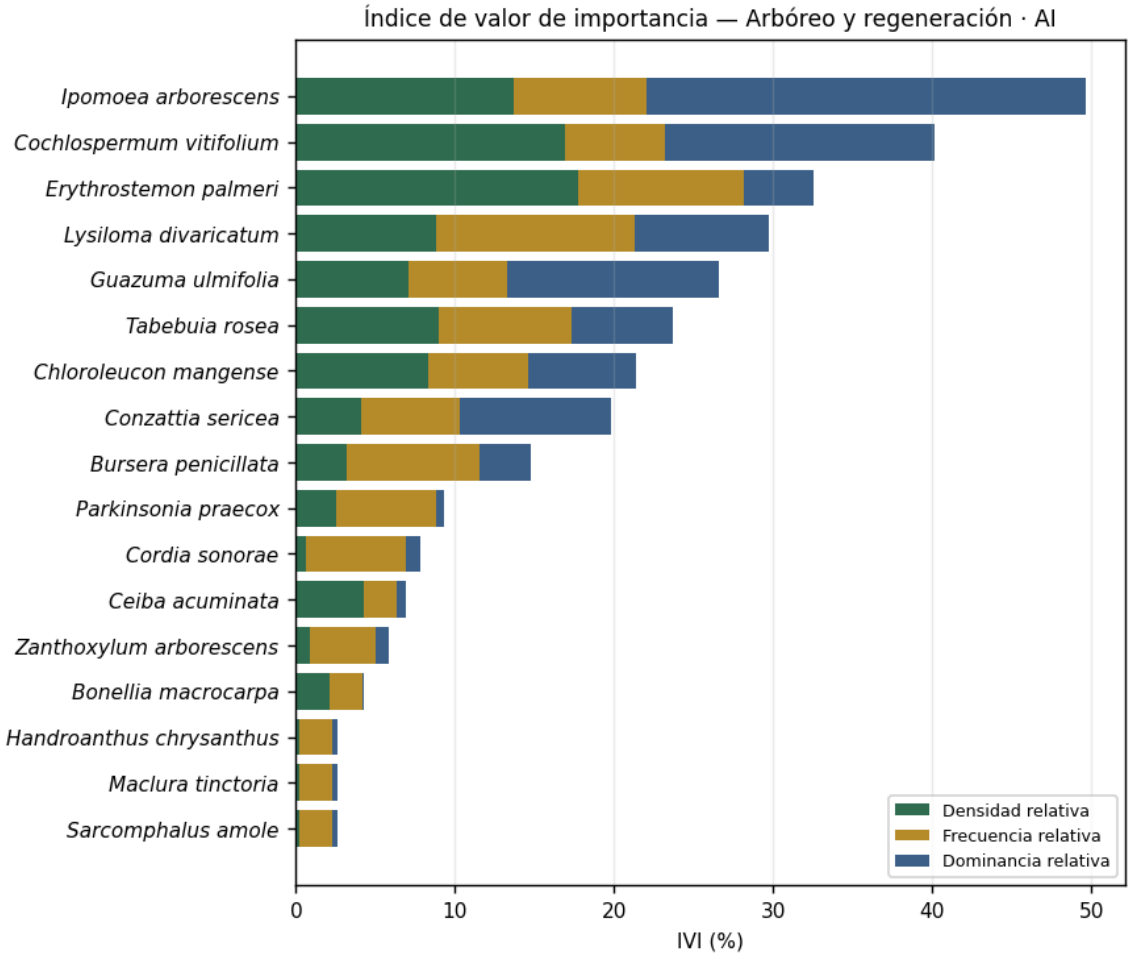


Figura 72. Índice de valor de importancia del estrato arbóreo y de regeneración en el Área de Influencia, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

En el Área de Influencia la especie que encabeza el estrato arbóreo es la misma que en el predio, pero con 49.64 puntos y un componente de cobertura mayor —27.60 % frente a 20.50 %—: los individuos del entorno tienen copas más amplias. La cola de la distribución también es más larga en términos relativos, con 4 especies ocasionales sobre 17, lo que describe un rodal con más presencias marginales que el del polígono.

Estrato arbustivo

El estrato arbustivo del Área de Influencia reúne **12 especies con una densidad total de 2,020.00 individuos·ha⁻¹**, medidos sobre 9 sitios de muestreo. Su inventario se publica completo —una fila por cada especie del estrato— con la densidad, la abundancia relativa, la clase de abundancia y la frecuencia sobre los sitios observados.

Tabla 110. Densidad por especie del estrato arbustivo en el Área de Influencia.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Nombre común	Densidad (ind·ha⁻¹)	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Frecuencia (%)	Observaciones ecológicas
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Jatropha cordata*	Torote	348.89	17.27	Abundante	66.67	Endémica
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Caesalpinia eriostachys*	Casiguano	325.56	16.12	Abundante	100.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Croton morifolius*	Vara blanca	311.11	15.40	Abundante	44.44	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Mimosa distachya*	Cuilon	266.67	13.20	Abundante	22.22	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Gossypium aridum*	Listoncillo	236.67	11.72	Abundante	77.78	NOM-059: Pr; Endémica
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Vachellia campechiana*	Binolo	136.67	6.77	Común	66.67	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Jatropha cinerea*	Sangregado	113.33	5.61	Común	44.44	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Randia aculeata*	Papachio	100.00	4.95	Escasa	33.33	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Cynophalla flexuosa*	Margarito	90.00	4.46	Escasa	22.22	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Randia echinocarpa*	Papache	77.78	3.85	Escasa	22.22	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Tara cacalaco*	Brasilillo	11.11	0.55	Escasa	11.11	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Karwinskia humboldtiana*	Cacachila	2.22	0.11	Escasa	11.11	Nativa

Fuente: levantamiento de flora del estudio, temporada seca; densidades expresadas en la hectárea tipo del estrato. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La composición del estrato se resume así: ninguna especie alcanza la clase dominante y 5 quedan en clase escasa. La especie de mayor densidad es el torote (*Jatropha cordata*), con 348.89 individuos·ha⁻¹ y 17.27 % del estrato —clase abundante—, seguida de el casiguano (*Caesalpinia eriostachys*) con 325.56 individuos·ha⁻¹ y 16.12 % y de la vara blanca (*Croton morifolius*) con 311.11 individuos·ha⁻¹ y 15.40 %. La frecuencia acompaña a la densidad sólo en parte: el casiguano (*Caesalpinia eriostachys*) es la especie presente en más sitios, con 100.00 % de frecuencia, lo que indica cuáles taxones están repartidos por el rodal y cuáles se concentran en pocos puntos.

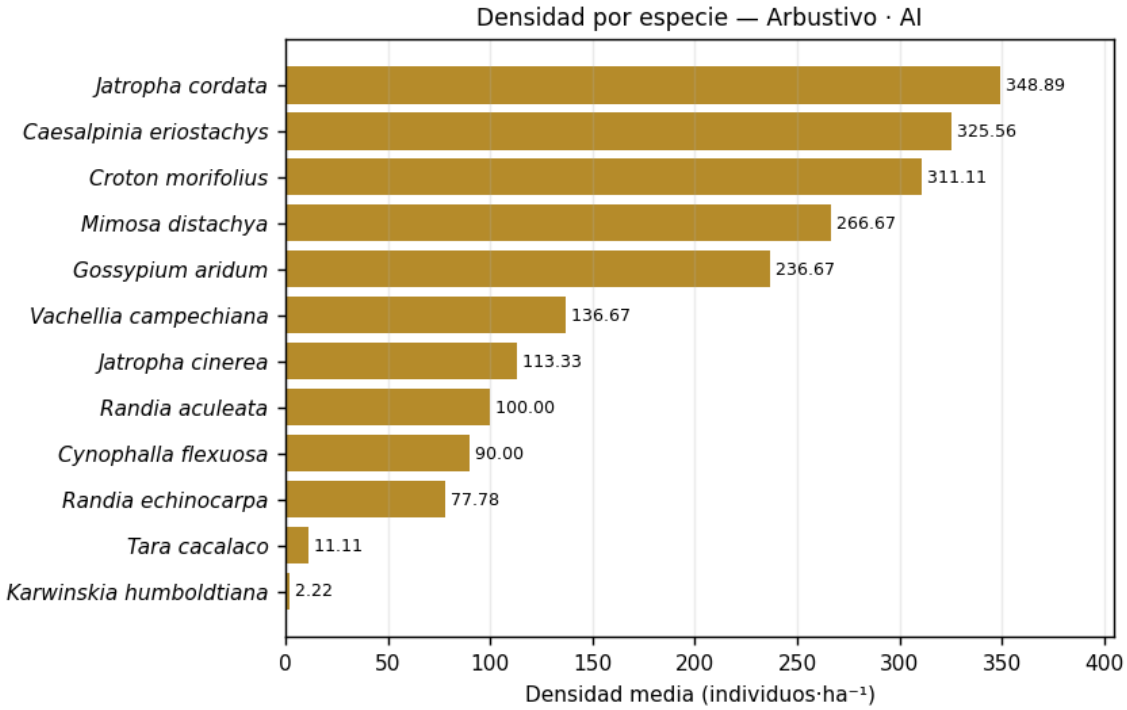


Figura 73. Densidad de las especies más abundantes del estrato arbustivo en el Área de Influencia. La Tabla 110 contiene las 12 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica hace visible la forma de la distribución: las primeras posiciones tienen densidades del mismo orden y el descenso es gradual, sin escalón que separe a una especie del conjunto. Ese perfil es el que después traducen los índices de Berger-Parker, con 0.17, y de Pielou, con 0.88.

La batería completa de índices alfa del estrato, calculada sobre el vector de densidades por hectárea tipo, es la siguiente.

Tabla 111. Índices de diversidad del estrato arbustivo en el Área de Influencia.

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Riqueza específica, S	12	—	Número de especies con densidad positiva en la unidad

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Abundancia total, N	2,020.00	—	Suma de las densidades específicas
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Margalef, DMg	1.45	Baja	Riqueza corregida por el tamaño de la muestra
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Menhinick, DMn	0.27	—	Riqueza por unidad de raíz de la abundancia
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Shannon-Wiener, H′	2.20	Media	Incertidumbre media al predecir la especie de un individuo tomado al azar
Selva baja caducifolia	Arbustivo	H′ máximo	2.48	—	Valor que alcanzaría H′ si todas las especies fueran igual de abundantes
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Varianza de H′	0.00015	—	Precisión de H′; base del contraste de Hutcheson
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Pielou, J′	0.88	Alta equidad	Proporción de la diversidad máxima efectivamente alcanzada
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Simpson, λ	0.12	—	Probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Diversidad de Simpson, 1−λ	0.88	Alta	Complemento de la dominancia
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Berger-Parker, d	0.17	Dominancia moderada	Peso de la especie más abundante
Selva baja caducifolia	Arbustivo	McIntosh, U	712.34	—	Distancia euclidiana de la comunidad en el espacio de especies

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Arbustivo	McIntosh, D	0.66	—	Equidad derivada de U
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Brillouin, HB	2.18	—	Diversidad de una colección completamente censada
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Hill N_0	12.00	—	Riqueza; especies de cualquier abundancia
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Hill N_1	9.00	—	Número efectivo de especies abundantes
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Hill N_2	8.04	—	Número efectivo de especies muy abundantes

Fuente: índices calculados sobre el vector de densidades por hectárea tipo. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Los índices deben leerse en conjunto. Shannon-Wiener alcanza **2.20 sobre un máximo posible de 2.48**, de donde resulta una equidad de Pielou de **0.88**: la comunidad realiza esa fracción de la diversidad que su riqueza permitiría con abundancias iguales. La diversidad de Simpson es 0.88 y Berger-Parker 0.17, es decir, la especie más abundante concentra esa proporción de los individuos. Los tres valores son coherentes entre sí. Los números de Hill traducen el resultado a unidades interpretables: de las 12 especies presentes, 9.00 se comportan como abundantes y 8.04 como muy abundantes.

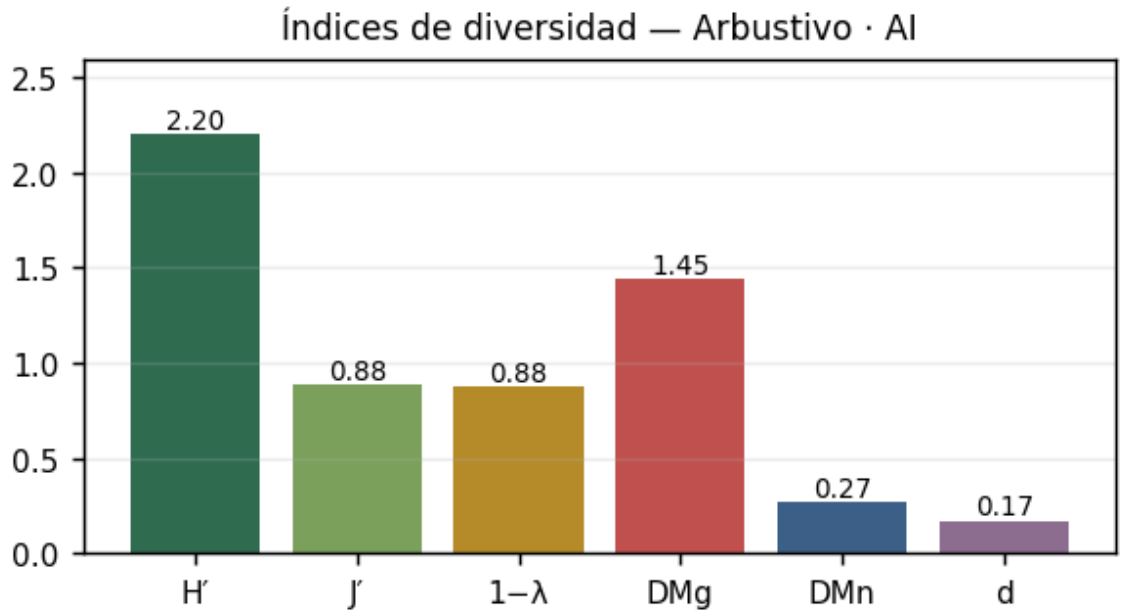


Figura 74. Índices principales del estrato arbustivo en el Área de Influencia: H' = 2.20, J' = 0.88, 1−λ = 0.88, DMg = 1.45, DMn = 0.27 y d = 0.17. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica reúne en una sola vista los índices de significado distinto para que su lectura sea simultánea: la riqueza corregida por tamaño de muestra —DMg = 1.45—, la diversidad —H′ = 2.20—, el reparto —J′ = 0.88— y la dominancia —d = 0.17—. Un estrato con diversidad alta y dominancia baja describe una comunidad estructurada por muchas especies; uno con el patrón inverso, una comunidad sostenida por unas pocas.

El índice de valor de importancia descompone el peso de cada especie en sus tres componentes —densidad, frecuencia y dominancia por cobertura de copa— y suma 300 puntos en el estrato.

Tabla 112. Valor de importancia de las especies del estrato arbustivo en el Área de Influencia.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Densidad relativa, DR (%)	Frecuencia relativa, FR (%)	Dominancia relativa, DoR (%)	IVI	Jerarquía ecológica
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Caesalpinia eriostachys*	16.12	19.15	21.70	56.97	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Jatropha cordata*	17.27	12.77	20.56	50.60	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Gossypium aridum*	11.72	14.89	21.35	47.96	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Vachellia campechiana*	6.77	12.77	11.71	31.24	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Croton morifolius*	15.40	8.51	7.18	31.09	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Mimosa distachya*	13.20	4.26	4.31	21.76	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Jatropha cinerea*	5.61	8.51	4.65	18.77	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Randia aculeata*	4.95	6.38	1.94	13.27	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Cynophalla flexuosa*	4.46	4.26	4.20	12.91	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Randia echinocarpa*	3.85	4.26	1.70	9.81	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Tara cacalaco*	0.55	2.13	0.29	2.97	Ocasional
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Karwinskia humboldtiana*	0.11	2.13	0.41	2.65	Ocasional

Fuente: índice de valor de importancia con dominancia por cobertura de copa. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La especie de mayor peso estructural del estrato es el casiguano (*Caesalpinia eriostachys*), con **56.97 puntos** repartidos en 16.12 % de densidad relativa, 19.15 % de frecuencia relativa y 21.70 % de dominancia relativa, seguida de el torote (*Jatropha cordata*) con 50.60 puntos y de el listoncillo (*Gossypium aridum*) con 47.96 puntos. El orden difiere del de densidad: el casiguano (*Caesalpinia eriostachys*) encabeza la importancia

pese a que el torote (*Jatropha cordata*) es la más densa, lo que significa que la primera aporta más cobertura de copa o está presente en más sitios que la segunda.

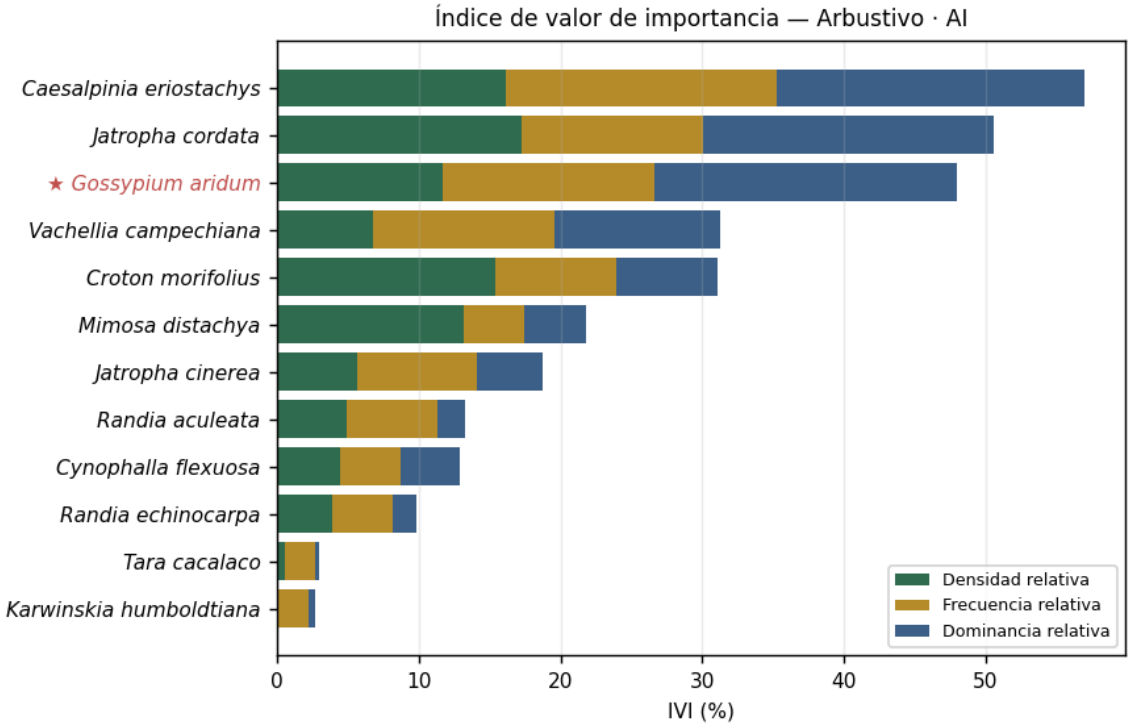


Figura 75. Índice de valor de importancia del estrato arbustivo en el Área de Influencia, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

En el arbustivo del Área de Influencia la especie líder reparte su peso entre los tres componentes de forma más pareja que en cualquier otro estrato leñoso del estudio —16.12 % de densidad, 19.15 % de frecuencia y 21.70 % de cobertura, para 56.97 puntos—, y el estrato eleva a 5 sus dominantes estructurales sobre las mismas 12 especies que tiene el predio. Es el mismo elenco en distinto orden: cambia el peso relativo, no la composición.

Estrato de otras formas de vida

El estrato de otras formas de vida del Área de Influencia reúne **11 especies con una densidad total de 600.00 individuos·ha⁻¹**, medidos sobre 8 sitios de muestreo. Su inventario se publica completo —una fila por cada especie del estrato— con la densidad, la abundancia relativa, la clase de abundancia y la frecuencia sobre los sitios observados.

Tabla 113. Densidad por especie del estrato de otras formas de vida en el Área de Influencia.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Nombre común	Densidad (ind·ha⁻¹)	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Frecuencia (%)	Observaciones ecológicas
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Mascagnia macroptera*	Carne de gallina	137.50	22.92	Dominante	25.00	Nativa

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Nombre común	Densidad (ind·ha⁻¹)	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Frecuencia (%)	Observaciones ecológicas
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Opuntia spraguei*	Nopal	131.25	21.88	Dominante	62.50	Nativa
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Cylindropuntia thurberi subsp. alamosensis*	Sibiri	87.50	14.58	Abundante	37.50	Endémica
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Cissus microcarpa*	Bejuco tripa de vaca	75.00	12.50	Abundante	25.00	Endémica
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Pachycereus pecten-aboriginum*	Cardón	68.75	11.46	Abundante	87.50	Endémica
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Bromelia pinguin*	Aguama	51.25	8.54	Común	12.50	Nativa
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Amphilophium paniculatum*	Bejuco corona	25.00	4.17	Escasa	12.50	Nativa
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Ruehssia edulis*	Talayote	13.75	2.29	Escasa	25.00	Endémica
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Combretum fruticosum*	Peineta o cepillo	6.25	1.04	Escasa	50.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Cissus trifoliata*	Uva cimarrona	2.50	0.42	Escasa	25.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Pilosocereus purpusii*	Viejitos	1.25	0.21	Escasa	12.50	Endémica

Fuente: levantamiento de flora del estudio, temporada seca; densidades expresadas en la hectárea tipo del estrato. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La composición del estrato se resume así: 2 especies en clase dominante y 5 en clase escasa. La especie de mayor densidad es el carne de gallina (*Mascagnia macroptera*), con 137.50 individuos·ha⁻¹ y 22.92 % del estrato —clase dominante—, seguida de el nopal (*Opuntia spraguei*) con 131.25 individuos·ha⁻¹ y 21.88 % y de el sibiri (*Cylindropuntia thurberi subsp. alamosensis*) con 87.50 individuos·ha⁻¹ y 14.58 %. La frecuencia acompaña a la densidad sólo en parte: el cardón (*Pachycereus pecten-aboriginum*) es la especie presente en más sitios, con 87.50 % de frecuencia, lo que indica cuáles taxones están repartidos por el rodal y cuáles se concentran en pocos puntos.

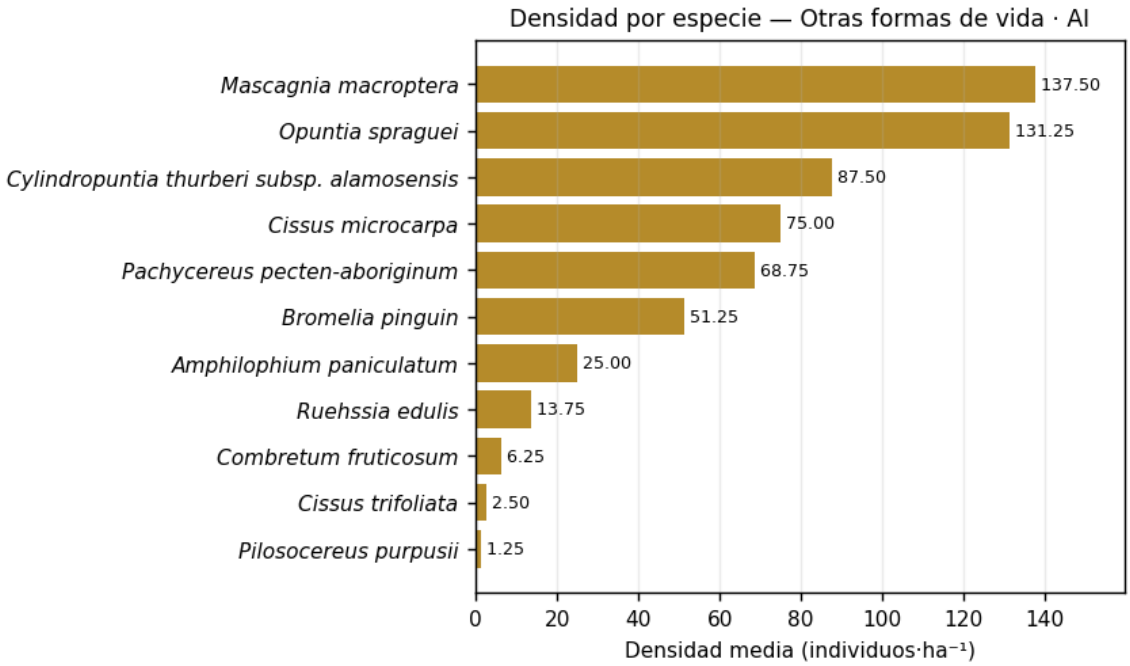


Figura 76. Densidad de las especies más abundantes del estrato de otras formas de vida en el Área de Influencia. La Tabla 113 contiene las 11 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica hace visible la forma de la distribución: el escalón entre la primera especie y el resto es pronunciado, lo que confirma la dominancia que la tabla ya declaraba. Ese perfil es el que después traducen los índices de Berger-Parker, con 0.23, y de Pielou, con 0.82.

La batería completa de índices alfa del estrato, calculada sobre el vector de densidades por hectárea tipo, es la siguiente.

Tabla 114. Índices de diversidad del estrato de otras formas de vida en el Área de Influencia.

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Riqueza específica, S	11	—	Número de especies con densidad positiva en la unidad
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Abundancia total, N	600.00	—	Suma de las densidades específicas
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Margalef, DMg	1.56	Baja	Riqueza corregida por el tamaño de la muestra

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Menhinick, DMn	0.45	—	Riqueza por unidad de raíz de la abundancia
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Shannon-Wiener, H′	1.97	Media	Incertidumbre media al predecir la especie de un individuo tomado al azar
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	H′ máximo	2.40	—	Valor que alcanzaría H′ si todas las especies fueran igual de abundantes
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Varianza de H′	0.00072	—	Precisión de H′; base del contraste de Hutcheson
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Pielou, J′	0.82	Alta equidad	Proporción de la diversidad máxima efectivamente alcanzada
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Simpson, λ	0.16	—	Probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Diversidad de Simpson, 1−λ	0.84	Alta	Complemento de la dominancia
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Berger-Parker, d	0.23	Dominancia moderada	Peso de la especie más abundante
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	McIntosh, U	240.06	—	Distancia euclidiana de la comunidad en el espacio de especies
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	McIntosh, D	0.63	—	Equidad derivada de U
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Brillouin, HB	1.93	—	Diversidad de una colección completamente censada

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Hill N_0	11.00	—	Riqueza; especies de cualquier abundancia
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Hill N_1	7.18	—	Número efectivo de especies abundantes
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Hill N_2	6.25	—	Número efectivo de especies muy abundantes

Fuente: índices calculados sobre el vector de densidades por hectárea tipo. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Los índices deben leerse en conjunto. Shannon-Wiener alcanza **1.97 sobre un máximo posible de 2.40**, de donde resulta una equidad de Pielou de **0.82**: la comunidad realiza esa fracción de la diversidad que su riqueza permitiría con abundancias iguales. La diversidad de Simpson es 0.84 y Berger-Parker 0.23, es decir, la especie más abundante concentra esa proporción de los individuos. Los tres valores son coherentes entre sí. Los números de Hill traducen el resultado a unidades interpretables: de las 11 especies presentes, 7.18 se comportan como abundantes y 6.25 como muy abundantes.

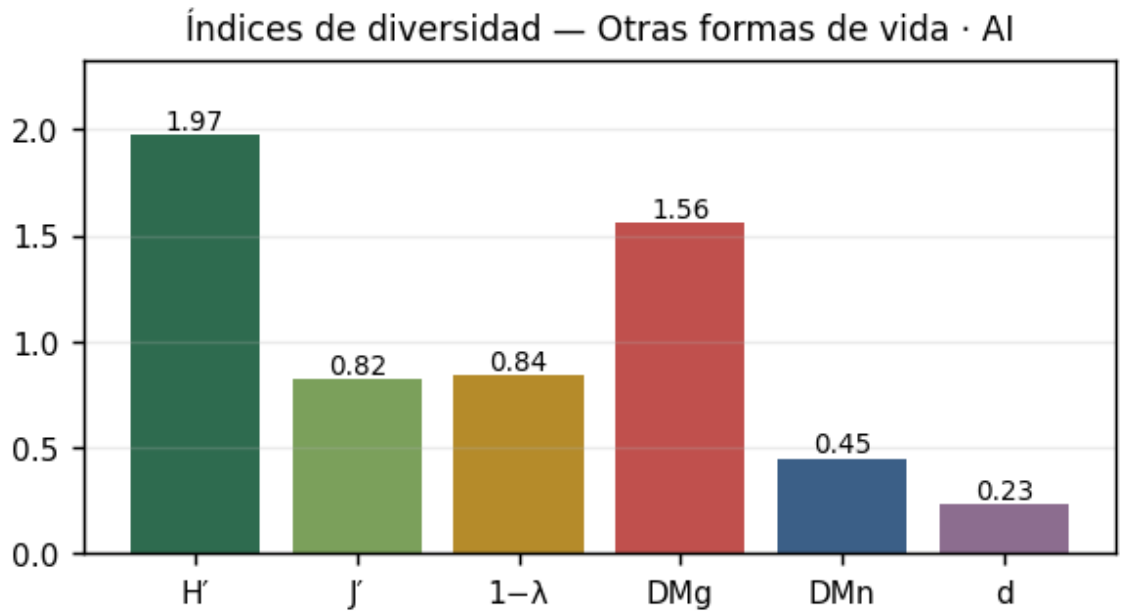


Figura 77. Índices principales del estrato de otras formas de vida en el Área de Influencia: H' = 1.97, J' = 0.82, 1−λ = 0.84, DMg = 1.56, DMn = 0.45 y d = 0.23. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica reúne en una sola vista los índices de significado distinto para que su lectura sea simultánea: la riqueza corregida por tamaño de muestra —DMg = 1.56—, la diversidad —H′ = 1.97—, el reparto —J′ = 0.82— y la dominancia —d = 0.23—. Un estrato con diversidad alta y dominancia baja describe una comunidad estructurada por muchas especies; uno con el patrón inverso, una comunidad sostenida por unas pocas.

El índice de valor de importancia descompone el peso de cada especie en sus tres componentes —densidad, frecuencia y dominancia por cobertura de copa— y suma 300 puntos en el estrato.

Tabla 115. Valor de importancia de las especies del estrato de otras formas de vida en el Área de Influencia.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Densidad relativa, DR (%)	Frecuencia relativa, FR (%)	Dominancia relativa, DoR (%)	IVI	Jerarquía ecológica
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Opuntia sprague*i	21.88	16.67	23.18	61.73	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Mascagnia macroptera*	22.92	6.67	24.37	53.95	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Pachycereus pecten-aboriginum*	11.46	23.33	15.65	50.44	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Cissus microcarpa*	12.50	6.67	16.08	35.25	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Cylindropuntia thurberi subsp. alamosensis*	14.58	10.00	7.83	32.41	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Bromelia pinguin*	8.54	3.33	8.92	20.79	Codominante
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Combretum fruticosum*	1.04	13.33	1.33	15.70	Codominante
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Ruehssia edulis*	2.29	6.67	0.78	9.74	Acompañante
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Amphilophium paniculatum*	4.17	3.33	1.42	8.92	Acompañante
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Cissus trifoliata*	0.42	6.67	0.15	7.23	Acompañante
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Pilosocereus purpusii*	0.21	3.33	0.30	3.84	Ocasional

Fuente: índice de valor de importancia con dominancia por cobertura de copa. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La especie de mayor peso estructural del estrato es el nopal (*Opuntia sprague*i), con **61.73 puntos** repartidos en 21.88 % de densidad relativa, 16.67 % de frecuencia relativa y 23.18 % de dominancia relativa, seguida de el carne de gallina (*Mascagnia macroptera*) con 53.95 puntos y de el cardón (*Pachycereus pecten-aboriginum*) con 50.44 puntos. El orden difiere del de densidad: el nopal (*Opuntia sprague*i) encabeza la importancia pese a que el carne de gallina (*Mascagnia macroptera*) es la más densa, lo que significa que la primera aporta más cobertura de copa o está presente en más sitios que la segunda.

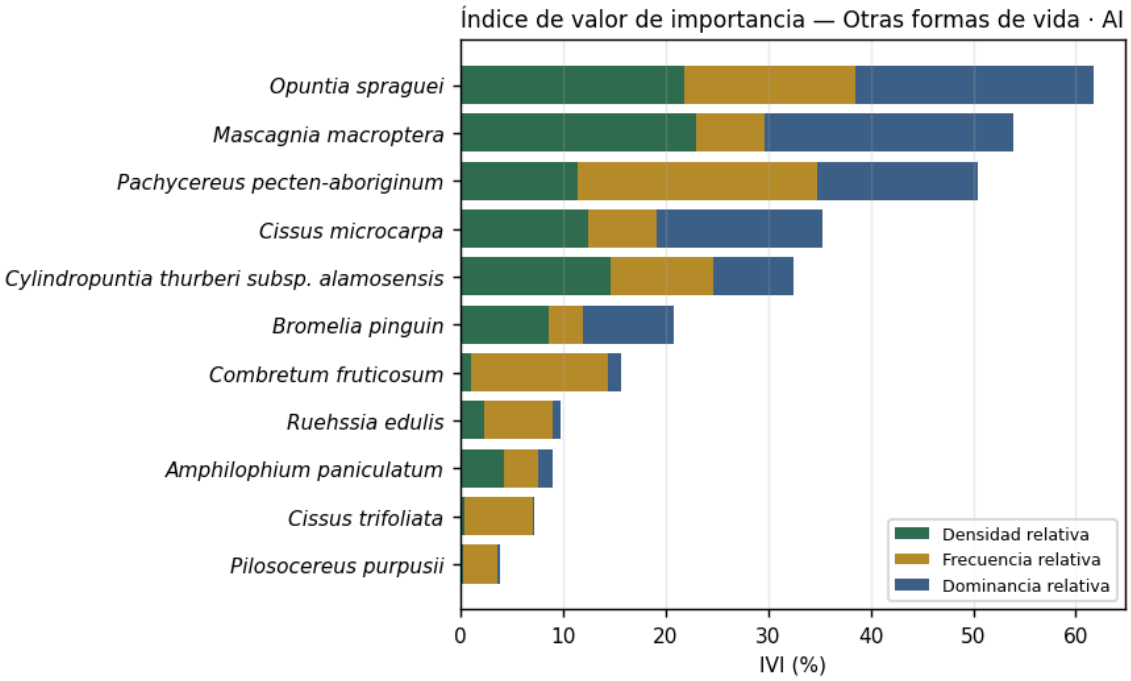


Figura 78. Índice de valor de importancia del estrato de otras formas de vida en el Área de Influencia, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

En otras formas de vida del Área de Influencia el liderazgo lo toma una cactácea, el nopal (*Opuntia spraguei*), con 61.73 puntos repartidos casi por igual entre densidad (21.88 %), frecuencia (16.67 %) y cobertura (23.18 %). Que encabece una cactácea y no la peineta (*Combretum fruticosum*), como ocurre en el predio, es la diferencia estructural más visible entre las dos escalas en este componente, y advierte que el rescate de este estrato no puede diseñarse con una sola forma de vida.

Estrato herbáceo

El estrato herbáceo del Área de Influencia reúne **3 especies con una densidad total de 14,333.33 individuos·ha⁻¹**, medidos sobre 3 sitios de muestreo. Su inventario se publica completo —una fila por cada especie del estrato— con la densidad, la abundancia relativa, la clase de abundancia y la frecuencia sobre los sitios observados.

Tabla 116. Densidad por especie del estrato herbáceo en el Área de Influencia.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Nombre común	Densidad (ind·ha⁻¹)	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Frecuencia (%)	Observaciones ecológicas
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Malvastrum coromandelianum*	Malva	13,333.33	93.02	Dominante	100.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Amaranthus spinosus*	Quelite	500.00	3.49	Escasa	33.33	Nativa
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Taraxacum officinale*	diente de león	500.00	3.49	Escasa	33.33	Exótica o introducida

Fuente: levantamiento de flora del estudio, temporada seca; densidades expresadas en la hectárea tipo del estrato. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La composición del estrato se resume así: 1 especie en clase dominante y 2 en clase escasa. La especie de mayor densidad es la malva (*Malvastrum coromandelianum*), con 13,333.33 individuos·ha⁻¹ y 93.02 % del estrato —clase dominante—, seguida de el quelite (*Amaranthus spinosus*) con 500.00 individuos·ha⁻¹ y 3.49 % y de el diente de león (*Taraxacum officinale*) con 500.00 individuos·ha⁻¹ y 3.49 %. La frecuencia acompaña a la densidad sólo en parte: la malva (*Malvastrum coromandelianum*) es la especie presente en más sitios, con 100.00 % de frecuencia, lo que indica cuáles taxones están repartidos por el rodal y cuáles se concentran en pocos puntos.

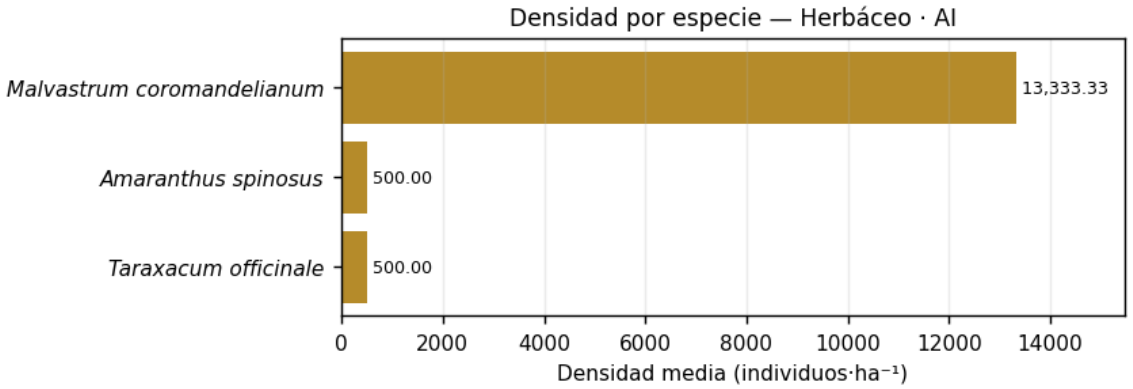


Figura 79. Densidad de las especies más abundantes del estrato herbáceo en el Área de Influencia. La Tabla 116 contiene las 3 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica hace visible la forma de la distribución: el escalón entre la primera especie y el resto es pronunciado, lo que confirma la dominancia que la tabla ya declaraba. Ese perfil es el que después traducen los índices de Berger-Parker, con 0.93, y de Pielou, con 0.27.

La batería completa de índices alfa del estrato, calculada sobre el vector de densidades por hectárea tipo, es la siguiente.

Tabla 117. Índices de diversidad del estrato herbáceo en el Área de Influencia.

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Riqueza específica, S	3	—	Número de especies con densidad positiva en la unidad
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Abundancia total, N	14,333.33	—	Suma de las densidades específicas
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Margalef, DMg	0.21	Baja	Riqueza corregida por el tamaño de la muestra

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Menhinick, DMn	0.03	—	Riqueza por unidad de raíz de la abundancia
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Shannon-Wiener, H′	0.30	Baja	Incertidumbre media al predecir la especie de un individuo tomado al azar
Selva baja caducifolia	Herbáceo	H′ máximo	1.10	—	Valor que alcanzaría H′ si todas las especies fueran igual de abundantes
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Varianza de H′	0.00005	—	Precisión de H′; base del contraste de Hutcheson
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Pielou, J′	0.27	Baja equidad	Proporción de la diversidad máxima efectivamente alcanzada
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Simpson, λ	0.87	—	Probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Diversidad de Simpson, 1−λ	0.13	Baja	Complemento de la dominancia
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Berger-Parker, d	0.93	Dominancia alta	Peso de la especie más abundante
Selva baja caducifolia	Herbáceo	McIntosh, U	13,352.07	—	Distancia euclidiana de la comunidad en el espacio de especies
Selva baja caducifolia	Herbáceo	McIntosh, D	0.07	—	Equidad derivada de U
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Brillouin, HB	0.30	—	Diversidad de una colección completamente censada

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Hill N_0	3.00	—	Riqueza; especies de cualquier abundancia
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Hill N_1	1.35	—	Número efectivo de especies abundantes
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Hill N_2	1.15	—	Número efectivo de especies muy abundantes

Fuente: índices calculados sobre el vector de densidades por hectárea tipo. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Los índices deben leerse en conjunto. Shannon-Wiener alcanza **0.30 sobre un máximo posible de 1.10**, de donde resulta una equidad de Pielou de **0.27**: la comunidad realiza esa fracción de la diversidad que su riqueza permitiría con abundancias iguales. La diversidad de Simpson es 0.13 y Berger-Parker 0.93, es decir, la especie más abundante concentra esa proporción de los individuos. Los tres valores son coherentes entre sí. Los números de Hill traducen el resultado a unidades interpretables: de las 3 especies presentes, 1.35 se comportan como abundantes y 1.15 como muy abundantes.

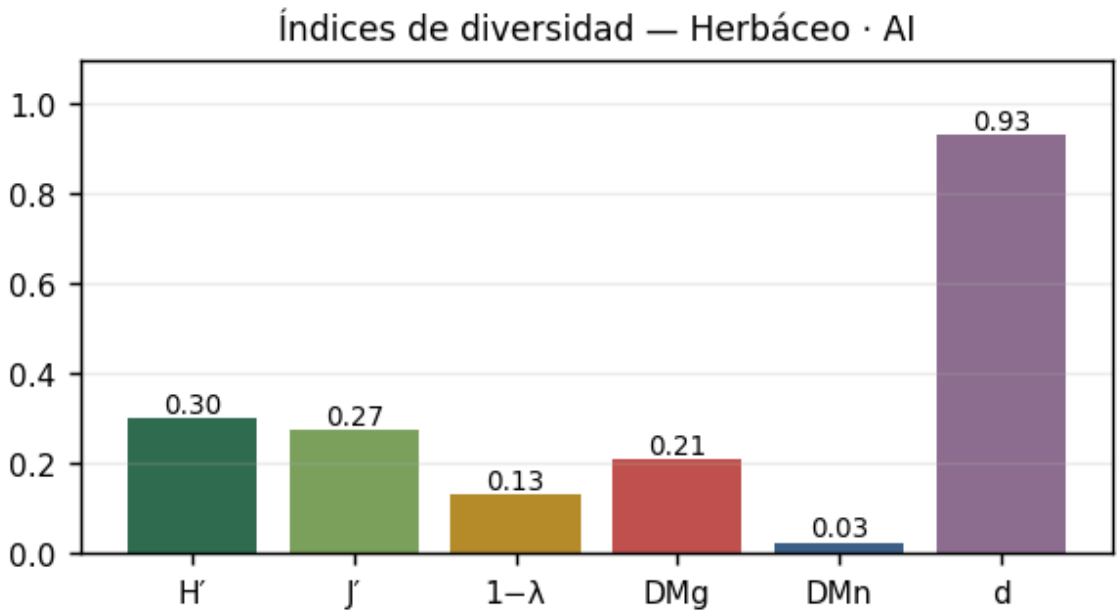


Figura 80. Índices principales del estrato herbáceo en el Área de Influencia: H' = 0.30, J' = 0.27, 1−λ = 0.13, DMg = 0.21, DMn = 0.03 y d = 0.93. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica reúne en una sola vista los índices de significado distinto para que su lectura sea simultánea: la riqueza corregida por tamaño de muestra —DMg = 0.21—, la diversidad —H′ = 0.30—, el reparto —J′ = 0.27— y la dominancia —d = 0.93—. Un estrato con diversidad alta y dominancia baja describe una comunidad estructurada por muchas especies; uno con el patrón inverso, una comunidad sostenida por unas pocas.

El índice de valor de importancia descompone el peso de cada especie en sus tres componentes —densidad, frecuencia y dominancia por cobertura de copa— y suma 300 puntos en el estrato.

Tabla 118. Valor de importancia de las especies del estrato herbáceo en el Área de Influencia.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Densidad relativa, DR (%)	Frecuencia relativa, FR (%)	Dominancia relativa, DoR (%)	IVI	Jerarquía ecológica
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Malvastrum coromandelianum*	93.02	60.00	66.67	219.69	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Amaranthus spinosus*	3.49	20.00	22.22	45.71	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Taraxacum officinale*	3.49	20.00	11.11	34.60	Dominante estructural

Fuente: índice de valor de importancia con dominancia por cobertura de copa. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La especie de mayor peso estructural del estrato es la malva (*Malvastrum coromandelianum*), con **219.69 puntos** repartidos en 93.02 % de densidad relativa, 60.00 % de frecuencia relativa y 66.67 % de dominancia relativa, seguida de el quelite (*Amaranthus spinosus*) con 45.71 puntos y de el diente de león (*Taraxacum officinale*) con 34.60 puntos. El orden coincide con el de densidad: la malva (*Malvastrum coromandelianum*) encabeza ambos rankings, de modo que su peso estructural no depende sólo del número de individuos sino que se sostiene también en cobertura y en frecuencia.

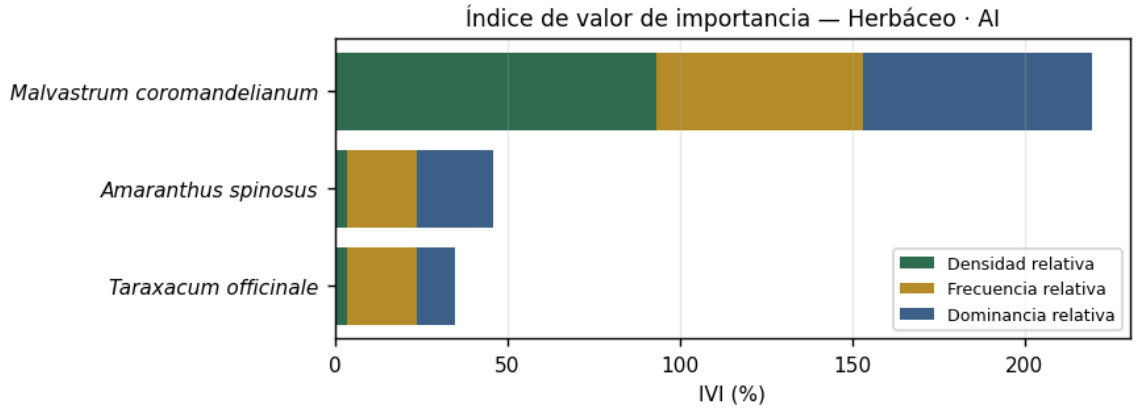


Figura 81. Índice de valor de importancia del estrato herbáceo en el Área de Influencia, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

El herbáceo del Área de Influencia es el caso extremo del estudio: la especie líder reúne 219.69 de los 300 puntos del índice y las tres especies del estrato quedan clasificadas como dominantes estructurales, sin escalones intermedios. Con 93.02 % de la densidad relativa en una sola especie, la figura describe un estrato colapsado, coherente con la equidad de 0.27 que este estrato alcanza en esta escala y con la condición de borde del entorno inmediato del predio.

Síntesis del Área de Influencia

Tabla 119. Síntesis de los índices de diversidad de flora del Área de Influencia por estrato.

Tipo de vegetación	Estrato	S	N (ind·ha⁻¹)	DMg	DMn	H′	Var H′	J′	λ	1−λ	d	D	HB	N_0	N_1	N_2	IVI dominante	Completitud (%)	Diagnóstico ecológico
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	17	518.89	2.56	0.75	2.37	0.00105	0.84	0.11	0.89	0.18	0.70	2.30	17.00	10.69	8.89	*Ipomoea arborescens* (49.64)	73.79	Comunidad diversa con dominancia moderada
Selva baja caducifolia	Arbustivo	12	2,020.00	1.45	0.27	2.20	0.00015	0.88	0.12	0.88	0.17	0.66	2.18	12.00	9.00	8.04	*Caesalpinia eriostachys* (56.97)	83.25	Comunidad diversa con dominancia moderada
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	11	600.00	1.56	0.45	1.97	0.00072	0.82	0.16	0.84	0.23	0.63	1.93	11.00	7.18	6.25	*Opuntia spraguei* (61.73)	71.86	Comunidad de diversidad media con reparto relativamente equilibrado
Selva baja caducifolia	Herbáceo	3	14,333.33	0.21	0.03	0.30	0.00005	0.27	0.87	0.13	0.93	0.07	0.30	3.00	1.35	1.15	*Malvastrum coromandelianum* (219.69)	60.26	Riqueza muy baja; los índices se leen con reserva

Fuente: Índices calculados sobre el vector de densidades por hectárea tipo; completitud según el ajuste de Clench. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La lectura conjunta del Área de Influencia arroja tres resultados. **Primero: su estrato arbóreo es menos rico que el del Área del Proyecto pero igual de equitativo** —17 especies frente a 20, H′ = 2.37 frente a 2.63, J′ = 0.84 frente a 0.88—. La diferencia de riqueza es atribuible al menor número de sitios, 9 frente a 19, y así lo confirma el estimador Chao 2, que proyecta 21.44 especies para esta escala: **la comunidad arbórea del entorno inmediato no es más pobre que la del predio; está menos muestreada.**

Segundo: la rosa amarilla (*Cochlospermum vitifolium*) alcanza aquí 87.78 individuos·ha⁻¹, casi trece veces su densidad en el Área del Proyecto. Es una especie pionera de claros y bordes, y su abundancia es consistente con la mayor perturbación de esta franja, donde 46.54 % de la superficie es ya zona urbana.

Tercero: el estrato de otras formas de vida es más rico aquí que en el predio —11 especies frente a 8—, con el nopal (*Opuntia spraguei*) como especie de mayor importancia. Las cactáceas columnares mantienen presencia estructural en ambas escalas.

El estrato herbáceo de esta escala, con 3 especies sobre 3 sitios muestreados, es el que el apartado III.3.2 identificó como de base muestral insuficiente. **Sus índices se reportan por completitud del análisis pero no sostienen ninguna conclusión** sobre la comunidad herbácea del Área de Influencia.

Tabla 120. Diversidad beta entre sitios de muestreo de flora del Área de Influencia por estrato.

Estrato	Sitios comparados	Riqueza media por sitio (α)	Jaccard medio	Sørensen medio	βW de Whittaker
Arbóreo y regeneración	9	5.33	0.20	0.30	2.19
Arbustivo	9	5.22	0.40	0.56	1.30
Herbáceo	3	1.67	0.44	0.61	0.80
Otras formas de vida	8	3.75	0.30	0.42	1.93

Fuente: diversidad beta entre sitios de muestreo dentro de cada estrato del Área de Influencia.

La beta interna repite el patrón del Área del Proyecto: el estrato arbóreo y de regeneración es el más heterogéneo entre sitios y el arbustivo el más homogéneo. La coincidencia entre ambas escalas en la estructura del recambio interno es una señal más de que se trata de la misma comunidad en distinto grado de conservación, y no de comunidades distintas.

III.5.3 Flora de la Región Ecológica

Las cifras de esta escala describen la selva baja caducifolia de la microcuenca en condición análoga a la del predio, conforme al criterio de homologación declarado en el apartado III.3.1. **No se extrapolan al conjunto de la Región Ecológica**, que incluye superficies agropecuarias, urbanas y de otros tipos de vegetación deliberadamente excluidas del muestreo.

Estrato arbóreo y de regeneración

El estrato arbóreo y de regeneración del Región Ecológica reúne **28 especies con una densidad total de 1,320.00 individuos·ha⁻¹**, medidos sobre 10 sitios de muestreo. Su inventario se publica completo —una fila por cada especie del estrato— con la densidad, la abundancia relativa, la clase de abundancia y la frecuencia sobre los sitios observados.

Tabla 121. Densidad por especie del estrato arbóreo y de regeneración en la Región Ecológica.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Nombre común	Densidad (ind·ha⁻¹)	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Frecuencia (%)	Observaciones ecológicas
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Tabebuia rosea*	Amapa	215.00	16.29	Abundante	50.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Coulteria platyloba*	Palo colorado	157.00	11.89	Abundante	70.00	Endémica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Haematoxylum brasiletto*	Brasil	136.00	10.30	Abundante	50.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Guaiacum coulteri*	Guayacan	133.00	10.08	Abundante	30.00	NOM-059: A; Nativa

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Nombre común	Densidad (ind·ha⁻¹)	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Frecuencia (%)	Observaciones ecológicas
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Chloroleucon mangense*	Cucharo	66.00	5.00	Común	50.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Libidibia sclerocarpa*	Ebano	55.00	4.17	Escasa	80.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Ceiba acuminata*	Pochote	55.00	4.17	Escasa	50.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Bursera fagaroides*	Papelillo verde	52.00	3.94	Escasa	20.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Bursera simaruba*	Palo mulato	51.00	3.86	Escasa	60.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Bursera penicillata*	Copal	50.00	3.79	Escasa	40.00	Endémica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Recchia mexicana*	Manzanita	45.00	3.41	Escasa	30.00	Endémica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Sarcomphalus amole*	Ceituna	44.00	3.33	Escasa	50.00	Endémica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Senegalia greggii*	Gatuño	30.00	2.27	Escasa	20.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Ipomoea arborescens*	Palo blanco	30.00	2.27	Escasa	30.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Coursetia glandulosa*	Samo	25.00	1.89	Escasa	40.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Sapium lateriflorum*	Hiza	24.00	1.82	Escasa	30.00	NOM-059: A; Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Bonellia macrocarpa*	San juan	24.00	1.82	Escasa	40.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Lysiloma divaricatum*	Mauto	24.00	1.82	Escasa	60.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Zanthoxylum arborescens*	Garabato	20.00	1.52	Escasa	10.00	Endémica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Cordia sonorae*	Amapa prieta	20.00	1.52	Escasa	10.00	Endémica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Maclura tinctoria*	Mora	17.00	1.29	Escasa	40.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Pithecellobium dulce*	Guamuchil	14.00	1.06	Escasa	20.00	Nativa

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Nombre común	Densidad (ind·ha⁻¹)	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Frecuencia (%)	Observaciones ecológicas
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Prosopis juliflora*	Mezquite	12.00	0.91	Escasa	20.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Psidium sartorianum*	Arrayan	7.00	0.53	Escasa	40.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Celtis iguanaea*	Vainoro prieto	5.00	0.38	Escasa	20.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Cochlospermum vitifolium*	Rosa amarilla	4.00	0.30	Escasa	10.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Erythrostemon palmeri*	Palo piojo	4.00	0.30	Escasa	10.00	Endémica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Guazuma ulmifolia*	Guazima	1.00	0.08	Escasa	10.00	Nativa

Fuente: levantamiento de flora del estudio, temporada seca; densidades expresadas en la hectárea tipo del estrato. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La composición del estrato se resume así: ninguna especie alcanza la clase dominante y 23 quedan en clase escasa. La especie de mayor densidad es la amapa (*Tabebuia rosea*), con 215.00 individuos·ha⁻¹ y 16.29 % del estrato —clase abundante—, seguida de el palo colorado (*Coulteria platyloba*) con 157.00 individuos·ha⁻¹ y 11.89 % y de el brasil (*Haematoxylum brasiletto*) con 136.00 individuos·ha⁻¹ y 10.30 %. La frecuencia acompaña a la densidad sólo en parte: el ebano (*Libidibia sclerocarpa*) es la especie presente en más sitios, con 80.00 % de frecuencia, lo que indica cuáles taxones están repartidos por el rodal y cuáles se concentran en pocos puntos.

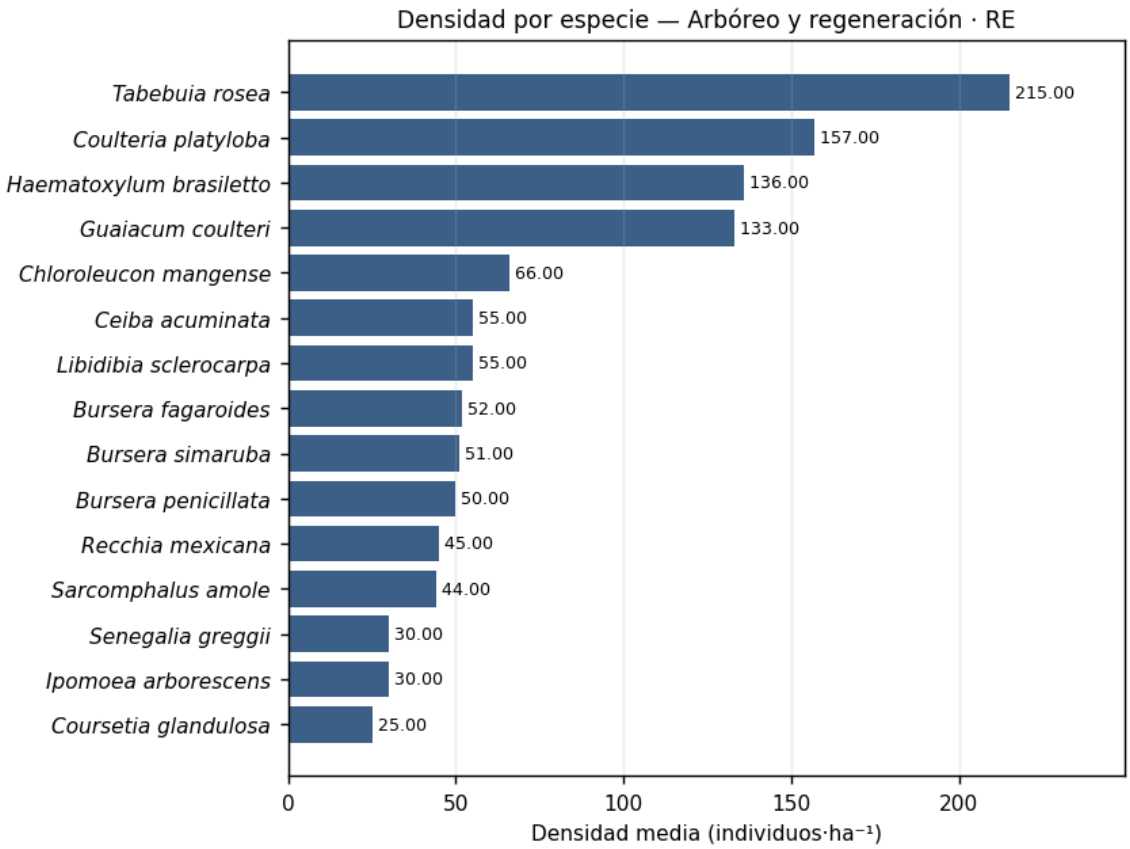


Figura 82. Densidad de las especies más abundantes del estrato arbóreo y de regeneración en el Región Ecológica. La Tabla 121 contiene las 28 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica hace visible la forma de la distribución: las primeras posiciones tienen densidades del mismo orden y el descenso es gradual, sin escalón que separe a una especie del conjunto. Ese perfil es el que después traducen los índices de Berger-Parker, con 0.16, y de Pielou, con 0.86.

La batería completa de índices alfa del estrato, calculada sobre el vector de densidades por hectárea tipo, es la siguiente.

Tabla 122. Índices de diversidad del estrato arbóreo y de regeneración en la Región Ecológica.

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Riqueza específica, S	28	—	Número de especies con densidad positiva en la unidad
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Abundancia total, N	1,320.00	—	Suma de las densidades específicas

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Margalef, DMg	3.76	Media	Riqueza corregida por el tamaño de la muestra
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Menhinick, DMn	0.77	—	Riqueza por unidad de raíz de la abundancia
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Shannon-Wiener, H′	2.86	Media	Incertidumbre media al predecir la especie de un individuo tomado al azar
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	H′ máximo	3.33	—	Valor que alcanzaría H′ si todas las especies fueran igual de abundantes
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Varianza de H′	0.00058	—	Precisión de H′; base del contraste de Hutcheson
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Pielou, J′	0.86	Alta equidad	Proporción de la diversidad máxima efectivamente alcanzada
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Simpson, λ	0.08	—	Probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Diversidad de Simpson, 1−λ	0.92	Alta	Complemento de la dominancia
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Berger-Parker, d	0.16	Dominancia moderada	Peso de la especie más abundante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	McIntosh, U	367.31	—	Distancia euclidiana de la comunidad en el espacio de especies
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	McIntosh, D	0.74	—	Equidad derivada de U
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Brillouin, HB	2.81	—	Diversidad de una colección

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
					completamente censada
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Hill N_0	28.00	—	Riqueza; especies de cualquier abundancia
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Hill N_1	17.53	—	Número efectivo de especies abundantes
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	Hill N_2	12.91	—	Número efectivo de especies muy abundantes

Fuente: índices calculados sobre el vector de densidades por hectárea tipo. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Los índices deben leerse en conjunto. Shannon-Wiener alcanza **2.86 sobre un máximo posible de 3.33**, de donde resulta una equidad de Pielou de **0.86**: la comunidad realiza esa fracción de la diversidad que su riqueza permitiría con abundancias iguales. La diversidad de Simpson es 0.92 y Berger-Parker 0.16, es decir, la especie más abundante concentra esa proporción de los individuos. Los tres valores son coherentes entre sí. Los números de Hill traducen el resultado a unidades interpretables: de las 28 especies presentes, 17.53 se comportan como abundantes y 12.91 como muy abundantes.

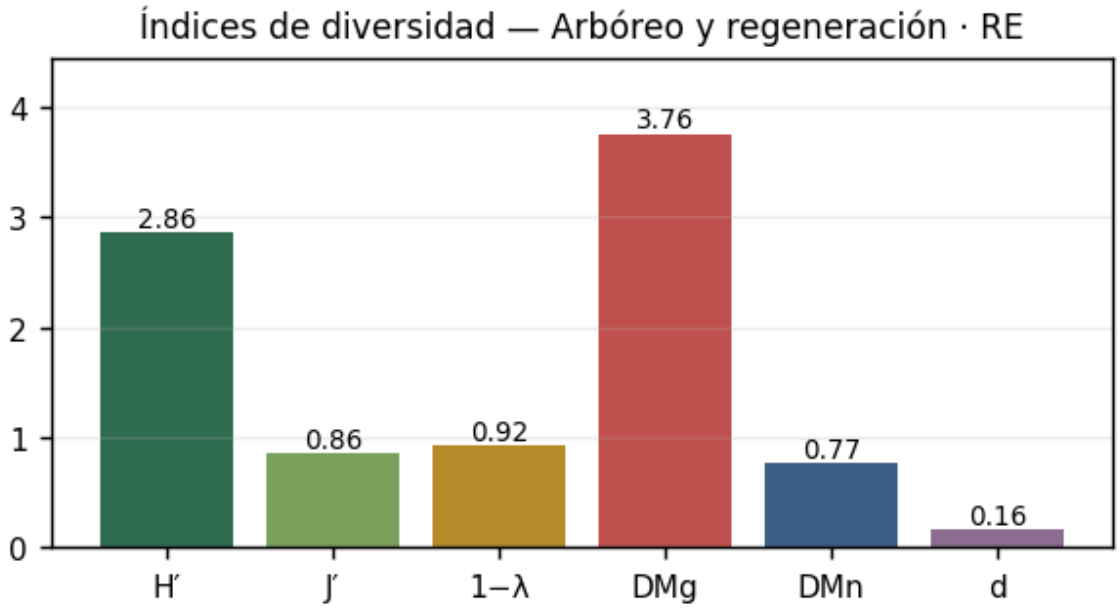


Figura 83. Índices principales del estrato arbóreo y de regeneración en el Región Ecológica: H' = 2.86, J' = 0.86, 1−λ = 0.92, DMg = 3.76, DMn = 0.77 y d = 0.16. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica reúne en una sola vista los índices de significado distinto para que su lectura sea simultánea: la riqueza corregida por tamaño de muestra —DMg = 3.76—, la diversidad —H′ = 2.86—, el reparto —J′ = 0.86—

y la dominancia —d = 0.16—. Un estrato con diversidad alta y dominancia baja describe una comunidad estructurada por muchas especies; uno con el patrón inverso, una comunidad sostenida por unas pocas.

El índice de valor de importancia descompone el peso de cada especie en sus tres componentes —densidad, frecuencia y dominancia por cobertura de copa— y suma 300 puntos en el estrato.

Tabla 123. Valor de importancia de las especies del estrato arbóreo y de regeneración en la Región Ecológica.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Densidad relativa, DR (%)	Frecuencia relativa, FR (%)	Dominancia relativa, DoR (%)	IVI	Jerarquía ecológica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Tabebuia rosea*	16.29	5.00	13.92	35.21	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Coulteria platyloba*	11.89	7.00	8.68	27.57	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Haematoxylum brasiletto*	10.30	5.00	7.72	23.02	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Lysiloma divaricatum*	1.82	6.00	13.57	21.39	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Libidibia sclerocarpa*	4.17	8.00	7.58	19.75	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Guaiacum coulteri*	10.08	3.00	3.91	16.98	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Sarcomphalus amole*	3.33	5.00	6.80	15.14	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Chloroleucon mangense*	5.00	5.00	4.15	14.15	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Bursera simaruba*	3.86	6.00	2.80	12.66	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Ceiba acuminata*	4.17	5.00	1.53	10.69	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Bursera penicillata*	3.79	4.00	2.66	10.45	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Ipomoea arborescens*	2.27	3.00	5.11	10.38	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Recchia mexicana*	3.41	3.00	2.26	8.67	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Maclura tinctoria*	1.29	4.00	2.75	8.04	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Coursetia glandulosa*	1.89	4.00	1.76	7.66	Acompañante

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Densidad relativa, DR (%)	Frecuencia relativa, FR (%)	Dominancia relativa, DoR (%)	IVI	Jerarquía ecológica
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Sapium lateriflorum*	1.82	3.00	2.37	7.19	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Bursera fagaroides*	3.94	2.00	1.11	7.05	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Prosopis juliflora*	0.91	2.00	3.72	6.63	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Psidium sartorianum*	0.53	4.00	1.94	6.47	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Bonellia macrocarpa*	1.82	4.00	0.18	6.00	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Senegalia greggii*	2.27	2.00	1.32	5.59	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Pithecellobium dulce*	1.06	2.00	1.23	4.29	Ocasional
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Celtis iguanaea*	0.38	2.00	0.77	3.15	Ocasional
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Zanthoxylum arborescens*	1.52	1.00	0.62	3.14	Ocasional
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Cordia sonorae*	1.52	1.00	0.15	2.67	Ocasional
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Cochlospermum vitifolium*	0.30	1.00	0.59	1.90	Ocasional
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Erythrostemon palmeri*	0.30	1.00	0.43	1.74	Ocasional
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Guazuma ulmifolia*	0.08	1.00	0.19	1.27	Ocasional
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	*Handroanthus chrysanthus*	0.00	1.00	0.19	1.19	Ocasional

Fuente: índice de valor de importancia con dominancia por cobertura de copa. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La especie de mayor peso estructural del estrato es la amapa (*Tabebuia rosea*), con **35.21 puntos** repartidos en 16.29 % de densidad relativa, 5.00 % de frecuencia relativa y 13.92 % de dominancia relativa, seguida de el palo colorado (*Coulteria platyloba*) con 27.57 puntos y de el brasil (*Haematoxylum brasiletto*) con 23.02 puntos. El orden coincide con el de densidad: la amapa (*Tabebuia rosea*) encabeza ambos rankings, de modo que su peso estructural no depende sólo del número de individuos sino que se sostiene también en cobertura y en frecuencia.

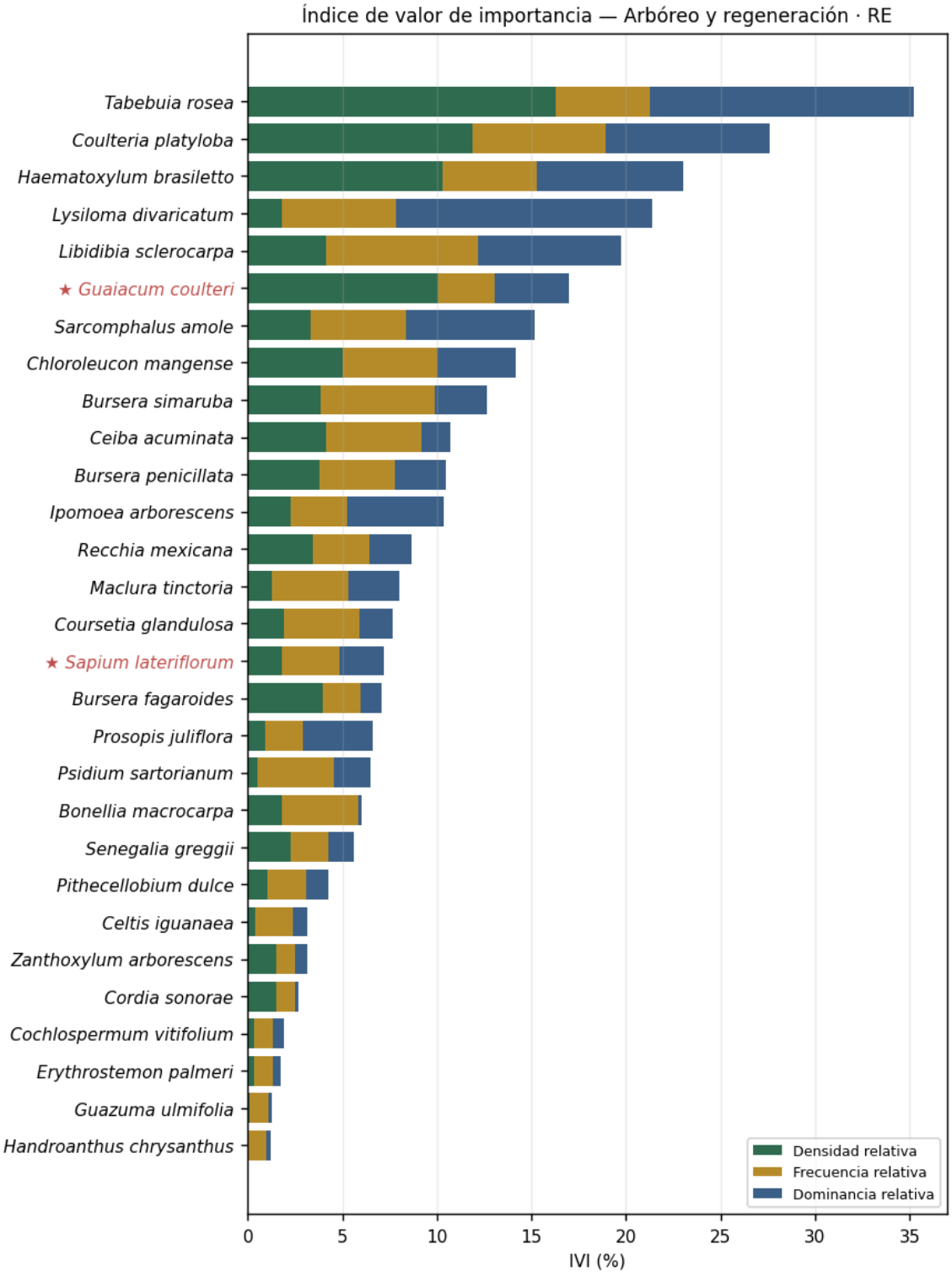

Índice de valor de importancia — Arbóreo y regeneración · RE
Tabebuia rosea
Coulteria platyloba
Haematoxylum brasiletto
Lysiloma divaricatum
Libidibia sclerocarpa
★ Guaiacum coulteri
Sarcomphalus amole
Chloroleucon mangense
Bursera simaruba
Ceiba acuminata
Bursera penicillata
Ipomoea arborescens
Recchia mexicana
Maclura tinctoria
Coursetia glandulosa
★ Sapium lateriflorum
Bursera fagaroides
Prosopis juliflora
Psidium sartorianum
Bonellia macrocarpa
Senegalia greggii
Pithecellobium dulce
Celtis iguanaea
Zanthoxylum arborescens
Cordia sonorae
Cochlospermum vitifolium
Erythrostemon palmeri
Guazuma ulmifolia
Handroanthus chrysanthus
Densidad relativa
Frecuencia relativa
Dominancia relativa
0
5
10
15
20
25
30
35
IVI (%)

Figura 84. Índice de valor de importancia del estrato arbóreo y de regeneración en el Región Ecológica, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

En la Región Ecológica ninguna barra sobresale: la mayor alcanza 35.21 puntos —apenas por encima del umbral de dominante estructural— y es la única que lo supera; 6 especies son codominantes y el resto se reparte entre acompañantes y ocasionales. Es la figura más plana de las tres escalas, y esa planicie es la firma de un rodal donde el peso estructural está distribuido entre muchas especies en lugar de concentrado en unas pocas.

Estrato arbustivo

El estrato arbustivo del Región Ecológica reúne **12 especies con una densidad total de 1,360.00 individuos·ha⁻¹**, medidos sobre 10 sitios de muestreo. Su inventario se publica completo —una fila por cada especie del estrato— con la densidad, la abundancia relativa, la clase de abundancia y la frecuencia sobre los sitios observados.

Tabla 124. Densidad por especie del estrato arbustivo en la Región Ecológica.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Nombre común	Densidad (ind·ha⁻¹)	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Frecuencia (%)	Observaciones ecológicas
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Croton morifolius*	Vara blanca	410.00	30.15	Dominante	60.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Vachellia campechiana*	Binolo	250.00	18.38	Abundante	60.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Randia aculeata*	Papachio	200.00	14.71	Abundante	60.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Jatropha cinerea*	Sangregado	118.00	8.68	Común	60.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Senna pallida*	Carcoma	90.00	6.62	Común	30.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Karwinskia humboldtiana*	Cacachila	80.00	5.88	Común	40.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Celtis pallida*	Vainoro blanco	70.00	5.15	Común	20.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Tara cacalaco*	Brasilillo	60.00	4.41	Escasa	30.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Caesalpinia eriostachys*	Casiguano	54.00	3.97	Escasa	30.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Cynophalla flexuosa*	Margarito	10.00	0.74	Escasa	10.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Mimosa distachya*	Cuilon	10.00	0.74	Escasa	10.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Gossypium aridum*	Listoncillo	8.00	0.59	Escasa	10.00	NOM-059: Pr; Endémica

Fuente: levantamiento de flora del estudio, temporada seca; densidades expresadas en la hectárea tipo del estrato. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La composición del estrato se resume así: 1 especie en clase dominante y 5 en clase escasa. La especie de mayor densidad es la vara blanca (*Croton morifolius*), con 410.00 individuos·ha⁻¹ y 30.15 % del estrato —clase dominante—, seguida de el binolo (*Vachellia campechiana*) con 250.00 individuos·ha⁻¹ y 18.38 % y de el papachio (*Randia aculeata*) con 200.00 individuos·ha⁻¹ y 14.71 %. La frecuencia acompaña a la densidad sólo en parte: la vara blanca (*Croton morifolius*) es la especie presente en más sitios, con 60.00 % de frecuencia, lo que indica cuáles taxones están repartidos por el rodal y cuáles se concentran en pocos puntos.

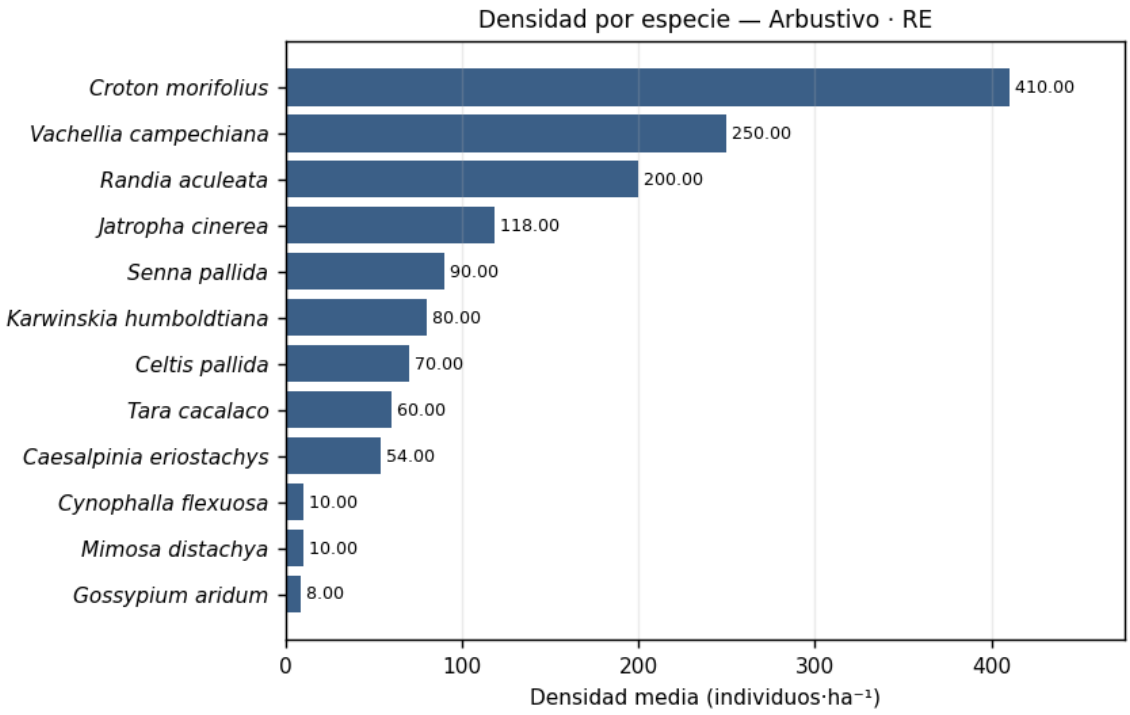


Figura 85. Densidad de las especies más abundantes del estrato arbustivo en el Región Ecológica. La Tabla 124 contiene las 12 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica hace visible la forma de la distribución: el escalón entre la primera especie y el resto es pronunciado, lo que confirma la dominancia que la tabla ya declaraba. Ese perfil es el que después traducen los índices de Berger-Parker, con 0.30, y de Pielou, con 0.82.

La batería completa de índices alfa del estrato, calculada sobre el vector de densidades por hectárea tipo, es la siguiente.

Tabla 125. Índices de diversidad del estrato arbustivo en la Región Ecológica.

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Riqueza específica, S	12	—	Número de especies con densidad positiva en la unidad

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Abundancia total, N	1,360.00	—	Suma de las densidades específicas
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Margalef, DMg	1.52	Baja	Riqueza corregida por el tamaño de la muestra
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Menhinick, DMn	0.33	—	Riqueza por unidad de raíz de la abundancia
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Shannon-Wiener, H′	2.03	Media	Incertidumbre media al predecir la especie de un individuo tomado al azar
Selva baja caducifolia	Arbustivo	H′ máximo	2.48	—	Valor que alcanzaría H′ si todas las especies fueran igual de abundantes
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Varianza de H′	0.00048	—	Precisión de H′; base del contraste de Hutcheson
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Pielou, J′	0.82	Alta equidad	Proporción de la diversidad máxima efectivamente alcanzada
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Simpson, λ	0.17	—	Probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Diversidad de Simpson, 1−λ	0.83	Alta	Complemento de la dominancia
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Berger-Parker, d	0.30	Dominancia moderada	Peso de la especie más abundante
Selva baja caducifolia	Arbustivo	McIntosh, U	557.41	—	Distancia euclidiana de la comunidad en el espacio de especies

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Arbustivo	McIntosh, D	0.61	—	Equidad derivada de U
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Brillouin, HB	2.01	—	Diversidad de una colección completamente censada
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Hill N_0	12.00	—	Riqueza; especies de cualquier abundancia
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Hill N_1	7.65	—	Número efectivo de especies abundantes
Selva baja caducifolia	Arbustivo	Hill N_2	5.95	—	Número efectivo de especies muy abundantes

Fuente: índices calculados sobre el vector de densidades por hectárea tipo. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Los índices deben leerse en conjunto. Shannon-Wiener alcanza **2.03 sobre un máximo posible de 2.48**, de donde resulta una equidad de Pielou de **0.82**: la comunidad realiza esa fracción de la diversidad que su riqueza permitiría con abundancias iguales. La diversidad de Simpson es 0.83 y Berger-Parker 0.30, es decir, la especie más abundante concentra esa proporción de los individuos. Los tres valores son coherentes entre sí. Los números de Hill traducen el resultado a unidades interpretables: de las 12 especies presentes, 7.65 se comportan como abundantes y 5.95 como muy abundantes.

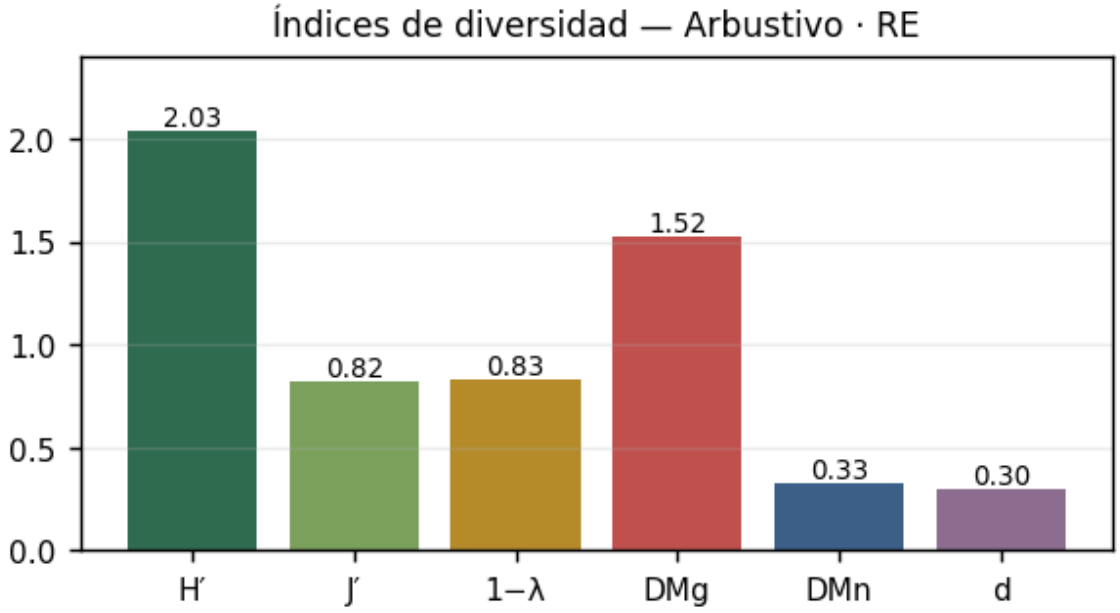


Figura 86. Índices principales del estrato arbustivo en el Región Ecológica: H' = 2.03, J' = 0.82, 1−λ = 0.83, DMg = 1.52, DMn = 0.33 y d = 0.30. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica reúne en una sola vista los índices de significado distinto para que su lectura sea simultánea: la riqueza corregida por tamaño de muestra —DMg = 1.52—, la diversidad —H′ = 2.03—, el reparto —J′ = 0.82— y la dominancia —d = 0.30—. Un estrato con diversidad alta y dominancia baja describe una comunidad estructurada por muchas especies; uno con el patrón inverso, una comunidad sostenida por unas pocas.

El índice de valor de importancia descompone el peso de cada especie en sus tres componentes —densidad, frecuencia y dominancia por cobertura de copa— y suma 300 puntos en el estrato.

Tabla 126. Valor de importancia de las especies del estrato arbustivo en la Región Ecológica.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Densidad relativa, DR (%)	Frecuencia relativa, FR (%)	Dominancia relativa, DoR (%)	IVI	Jerarquía ecológica
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Vachellia campechiana*	18.38	14.29	43.98	76.65	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Croton morifolius*	30.15	14.29	17.26	61.69	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Jatropha cinerea*	8.68	14.29	11.71	34.67	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Randia aculeata*	14.71	14.29	5.21	34.20	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Karwinskia humboldtiana*	5.88	9.52	2.65	18.06	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Tara cacalaco*	4.41	7.14	5.99	17.54	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Caesalpinia eriostachys*	3.97	7.14	6.38	17.49	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Senna pallida*	6.62	7.14	3.62	17.38	Codominante
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Celtis pallida*	5.15	4.76	0.71	10.62	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Gossypium aridum*	0.59	2.38	2.48	5.45	Acompañante
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Cynophalla flexuosa*	0.74	2.38	0.01	3.12	Ocasional
Selva baja caducifolia	Arbustivo	*Mimosa distachya*	0.74	2.38	0.01	3.12	Ocasional

Fuente: índice de valor de importancia con dominancia por cobertura de copa. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La especie de mayor peso estructural del estrato es el binolo (*Vachellia campechiana*), con **76.65 puntos** repartidos en 18.38 % de densidad relativa, 14.29 % de frecuencia relativa y 43.98 % de dominancia relativa, seguida de la vara blanca (*Croton morifolius*) con 61.69 puntos y de el sangregado (*Jatropha cinerea*) con 34.67 puntos. El orden difiere del de densidad: el binolo (*Vachellia campechiana*) encabeza la importancia

pese a que la vara blanca (*Croton morifolius*) es la más densa, lo que significa que la primera aporta más cobertura de copa o está presente en más sitios que la segunda.

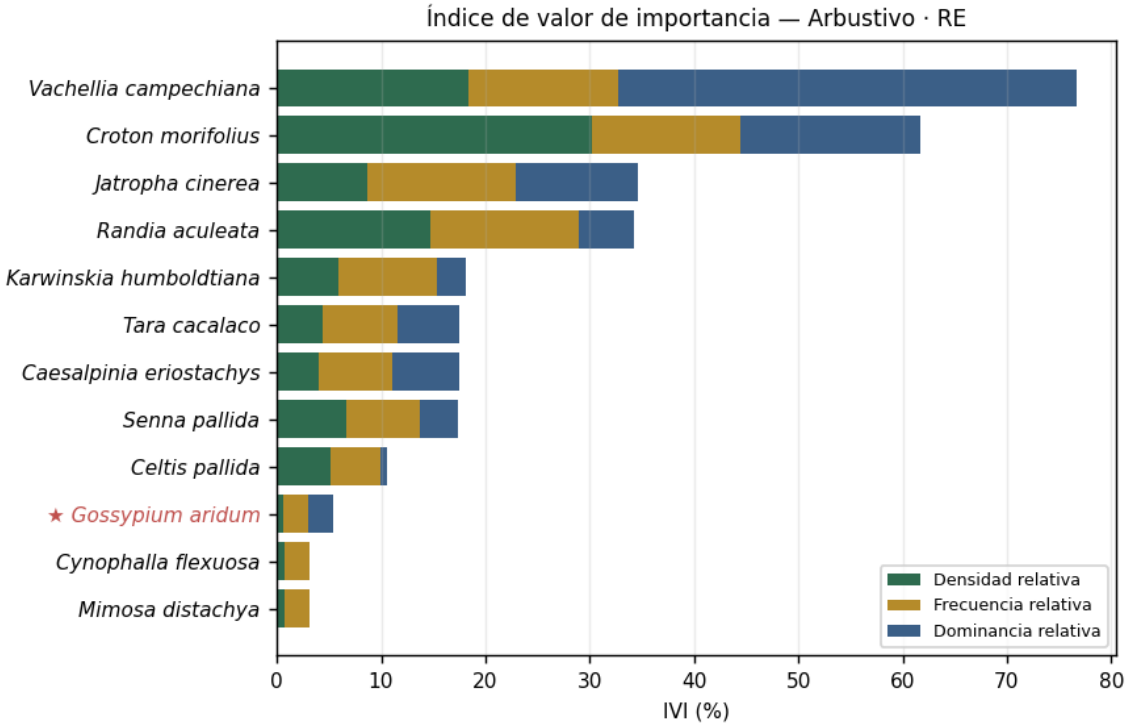


Figura 87. Índice de valor de importancia del estrato arbustivo en el Región Ecológica, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

El arbustivo regional invierte esa lectura: su especie líder alcanza 76.65 puntos, el valor más alto de los estratos leñosos del estudio, y los debe sobre todo a la cobertura, con 43.98 % de dominancia relativa. Cuatro especies son dominantes estructurales y otras cuatro codominantes, de modo que ocho de las doce concentran el peso del estrato: el sotobosque del rodal regional está estructurado por arbustos de gran porte, y no por un tapiz de individuos pequeños.

Estrato de otras formas de vida

El estrato de otras formas de vida del Región Ecológica reúne **10 especies con una densidad total de 477.78 individuos·ha⁻¹**, medidos sobre 9 sitios de muestreo. Su inventario se publica completo —una fila por cada especie del estrato— con la densidad, la abundancia relativa, la clase de abundancia y la frecuencia sobre los sitios observados.

Tabla 127. Densidad por especie del estrato de otras formas de vida en la Región Ecológica.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Nombre común	Densidad (ind·ha⁻¹)	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Frecuencia (%)	Observaciones ecológicas
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Cissus microcarpa*	Bejuco tripa de vaca	122.22	25.58	Dominante	33.33	Endémica

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Nombre común	Densidad (ind·ha⁻¹)	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Frecuencia (%)	Observaciones ecológicas
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Pachycereus pecten-aboriginum*	Cardón	111.11	23.26	Dominante	44.44	Endémica
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Amphilophium paniculatum*	Bejuco corona	77.78	16.28	Abundante	22.22	Nativa
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Bromelia pinguin*	Aguama	55.56	11.63	Abundante	22.22	Nativa
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Ruehssia edulis*	Talayote	33.33	6.98	Común	22.22	Endémica
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Cylindropuntia thurberi subsp. alamosensis*	Sibiri	33.33	6.98	Común	11.11	Endémica
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Combretum fruticosum*	Peineta o cepillo	11.11	2.33	Escasa	11.11	Nativa
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Cissus trifoliata*	Uva cimarrona	11.11	2.33	Escasa	11.11	Nativa
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Opuntia spraguei*	Nopal	11.11	2.33	Escasa	11.11	Nativa
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Pilosocereus purpusii*	Viejitos	11.11	2.33	Escasa	11.11	Endémica

Fuente: levantamiento de flora del estudio, temporada seca; densidades expresadas en la hectárea tipo del estrato. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La composición del estrato se resume así: 2 especies en clase dominante y 4 en clase escasa. La especie de mayor densidad es el bejuco tripa de vaca (*Cissus microcarpa*), con 122.22 individuos·ha⁻¹ y 25.58 % del estrato —clase dominante—, seguida de el cardón (*Pachycereus pecten-aboriginum*) con 111.11 individuos·ha⁻¹ y 23.26 % y de el bejuco corona (*Amphilophium paniculatum*) con 77.78 individuos·ha⁻¹ y 16.28 %. La frecuencia acompaña a la densidad sólo en parte: el cardón (*Pachycereus pecten-aboriginum*) es la especie presente en más sitios, con 44.44 % de frecuencia, lo que indica cuáles taxones están repartidos por el rodal y cuáles se concentran en pocos puntos.

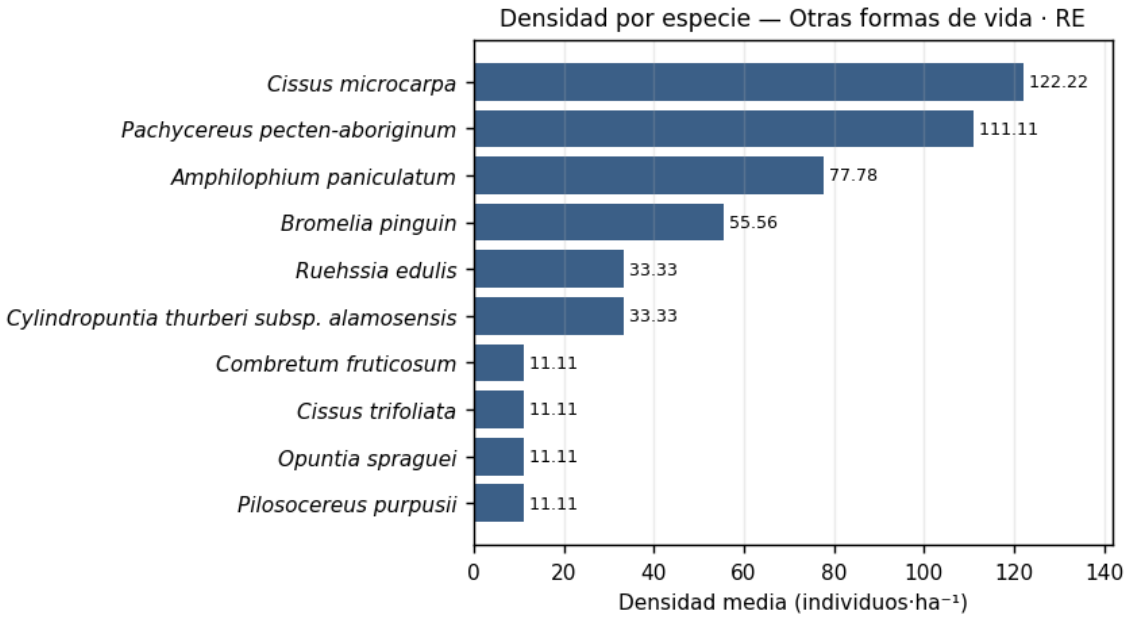


Figura 88. Densidad de las especies más abundantes del estrato de otras formas de vida en el Región Ecológica. La Tabla 127 contiene las 10 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica hace visible la forma de la distribución: el escalón entre la primera especie y el resto es pronunciado, lo que confirma la dominancia que la tabla ya declaraba. Ese perfil es el que después traducen los índices de Berger-Parker, con 0.26, y de Pielou, con 0.85.

La batería completa de índices alfa del estrato, calculada sobre el vector de densidades por hectárea tipo, es la siguiente.

Tabla 128. Índices de diversidad del estrato de otras formas de vida en la Región Ecológica.

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Riqueza específica, S	10	—	Número de especies con densidad positiva en la unidad
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Abundancia total, N	477.78	—	Suma de las densidades específicas
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Margalef, DMg	1.46	Baja	Riqueza corregida por el tamaño de la muestra
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Menhinick, DMn	0.46	—	Riqueza por unidad de raíz de la abundancia

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Shannon-Wiener, H′	1.96	Media	Incertidumbre media al predecir la especie de un individuo tomado al azar
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	H′ máximo	2.30	—	Valor que alcanzaría H′ si todas las especies fueran igual de abundantes
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Varianza de H′	0.00112	—	Precisión de H′; base del contraste de Hutcheson
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Pielou, J′	0.85	Alta equidad	Proporción de la diversidad máxima efectivamente alcanzada
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Simpson, λ	0.17	—	Probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Diversidad de Simpson, 1−λ	0.83	Alta	Complemento de la dominancia
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Berger-Parker, d	0.26	Dominancia moderada	Peso de la especie más abundante
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	McIntosh, U	197.83	—	Distancia euclidiana de la comunidad en el espacio de especies
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	McIntosh, D	0.61	—	Equidad derivada de U
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Brillouin, HB	1.91	—	Diversidad de una colección completamente censada
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Hill N_0	10.00	—	Riqueza; especies de cualquier abundancia

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Hill N_1	7.06	—	Número efectivo de especies abundantes
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	Hill N_2	5.83	—	Número efectivo de especies muy abundantes

Fuente: índices calculados sobre el vector de densidades por hectárea tipo. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Los índices deben leerse en conjunto. Shannon-Wiener alcanza **1.96 sobre un máximo posible de 2.30**, de donde resulta una equidad de Pielou de **0.85**: la comunidad realiza esa fracción de la diversidad que su riqueza permitiría con abundancias iguales. La diversidad de Simpson es 0.83 y Berger-Parker 0.26, es decir, la especie más abundante concentra esa proporción de los individuos. Los tres valores son coherentes entre sí. Los números de Hill traducen el resultado a unidades interpretables: de las 10 especies presentes, 7.06 se comportan como abundantes y 5.83 como muy abundantes.

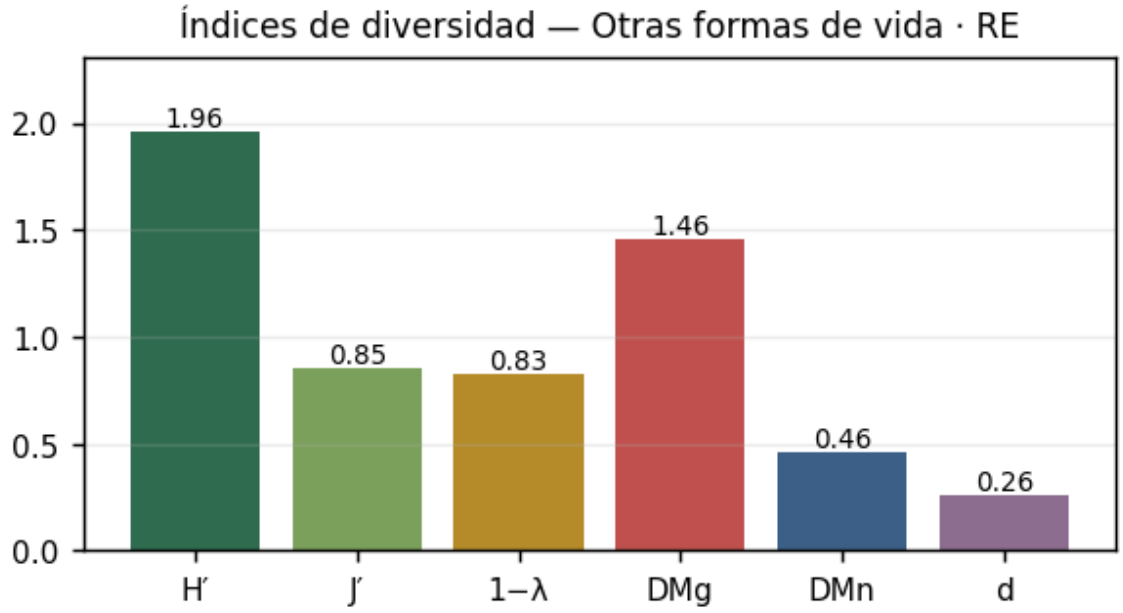


Figura 89. Índices principales del estrato de otras formas de vida en el Región Ecológica: H' = 1.96, J' = 0.85, 1−λ = 0.83, DMg = 1.46, DMn = 0.46 y d = 0.26. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica reúne en una sola vista los índices de significado distinto para que su lectura sea simultánea: la riqueza corregida por tamaño de muestra —DMg = 1.46—, la diversidad —H′ = 1.96—, el reparto —J′ = 0.85— y la dominancia —d = 0.26—. Un estrato con diversidad alta y dominancia baja describe una comunidad estructurada por muchas especies; uno con el patrón inverso, una comunidad sostenida por unas pocas.

El índice de valor de importancia descompone el peso de cada especie en sus tres componentes —densidad, frecuencia y dominancia por cobertura de copa— y suma 300 puntos en el estrato.

Tabla 129. Valor de importancia de las especies del estrato de otras formas de vida en la Región Ecológica.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Densidad relativa, DR (%)	Frecuencia relativa, FR (%)	Dominancia relativa, DoR (%)	IVI	Jerarquía ecológica
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Pachycereus pecten-aboriginum*	23.26	22.22	77.04	122.51	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Cissus microcarpa*	25.58	16.67	18.05	60.30	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Amphilophium paniculatum*	16.28	11.11	0.30	27.69	Codominante
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Bromelia pinguin*	11.63	11.11	0.56	23.30	Codominante
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Ruehssia edulis*	6.98	11.11	0.56	18.65	Codominante
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Cylindropuntia thurberi subsp. alamosensis*	6.98	5.56	0.02	12.55	Acompañante
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Opuntia spraguei*	2.33	5.56	1.61	9.49	Acompañante
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Pilosocereus purpusii*	2.33	5.56	0.80	8.69	Acompañante
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Combretum fruticosum*	2.33	5.56	0.54	8.42	Acompañante
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	*Cissus trifoliata*	2.33	5.56	0.54	8.42	Acompañante

Fuente: índice de valor de importancia con dominancia por cobertura de copa. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La especie de mayor peso estructural del estrato es el cardón (*Pachycereus pecten-aboriginum*), con **122.51 puntos** repartidos en 23.26 % de densidad relativa, 22.22 % de frecuencia relativa y 77.04 % de dominancia relativa, seguida de el bejuco tripa de vaca (*Cissus microcarpa*) con 60.30 puntos y de el bejuco corona (*Amphilophium paniculatum*) con 27.69 puntos. El orden difiere del de densidad: el cardón (*Pachycereus pecten-aboriginum*) encabeza la importancia pese a que el bejuco tripa de vaca (*Cissus microcarpa*) es la más densa, lo que significa que la primera aporta más cobertura de copa o está presente en más sitios que la segunda.

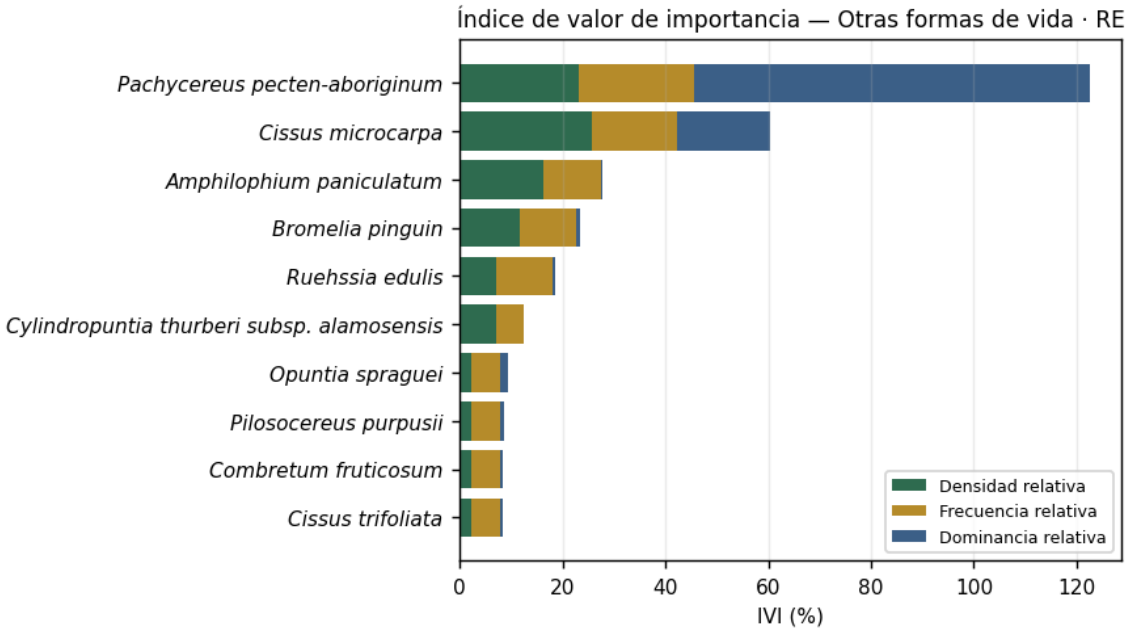


Figura 90. Índice de valor de importancia del estrato de otras formas de vida en el Región Ecológica, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

En otras formas de vida de la Región Ecológica la figura está dominada por una sola barra, de 122.51 puntos, de los que 77.04 % corresponden a cobertura: el cardón (*Pachycereus pecten-aboriginum*), cactácea columnar endémica. Su peso explica que este estrato sea el que más se aparta entre escalas en estructura pese a compartir casi toda su composición con el predio —Sørensen de 0.89—, y señala a la vez el recurso del que depende el murciélago magueyero menor (*Leptonycteris yerbabuenae*).

Estrato herbáceo

El estrato herbáceo del Región Ecológica reúne **9 especies con una densidad total de 91,200.00 individuos·ha⁻¹**, medidos sobre 10 sitios de muestreo. Su inventario se publica completo —una fila por cada especie del estrato— con la densidad, la abundancia relativa, la clase de abundancia y la frecuencia sobre los sitios observados.

Tabla 130. Densidad por especie del estrato herbáceo en la Región Ecológica.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Nombre común	Densidad (ind·ha⁻¹)	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Frecuencia (%)	Observaciones ecológicas
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Malvastrum coromandelianum*	Malva	20,000.00	21.93	Dominante	10.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Ruellia tuberosa*	Hierba del toro	18,000.00	19.74	Abundante	40.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Echinochloa colona*	Zacate	17,400.00	19.08	Abundante	30.00	Exótica

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Nombre común	Densidad (ind·ha⁻¹)	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Frecuencia (%)	Observaciones ecológicas
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Elytraria imbricata*	Cordoncillo	8,000.00	8.77	Común	40.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Taraxacum officinale*	diente de león	7,800.00	8.55	Común	50.00	Exótica o introducida
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Solanum elaeagnifolium*	Trompillo	6,800.00	7.46	Común	40.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Ricinus communis*	Higuera de ricino	6,800.00	7.46	Común	30.00	Exótica invasora
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Amaranthus spinosus*	Quelite	4,800.00	5.26	Común	30.00	Nativa
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Adiantum capillus-veneris*	Helecho	1,600.00	1.75	Escasa	30.00	Nativa

Fuente: levantamiento de flora del estudio, temporada seca; densidades expresadas en la hectárea tipo del estrato. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La composición del estrato se resume así: 1 especie en clase dominante y 1 en clase escasa. La especie de mayor densidad es la malva (*Malvastrum coromandelianum*), con 20,000.00 individuos·ha⁻¹ y 21.93 % del estrato —clase dominante—, seguida de la hierba del toro (*Ruellia tuberosa*) con 18,000.00 individuos·ha⁻¹ y 19.74 % y de el zacate (*Echinochloa colona*) con 17,400.00 individuos·ha⁻¹ y 19.08 %. La frecuencia acompaña a la densidad sólo en parte: el diente de león (*Taraxacum officinale*) es la especie presente en más sitios, con 50.00 % de frecuencia, lo que indica cuáles taxones están repartidos por el rodal y cuáles se concentran en pocos puntos.

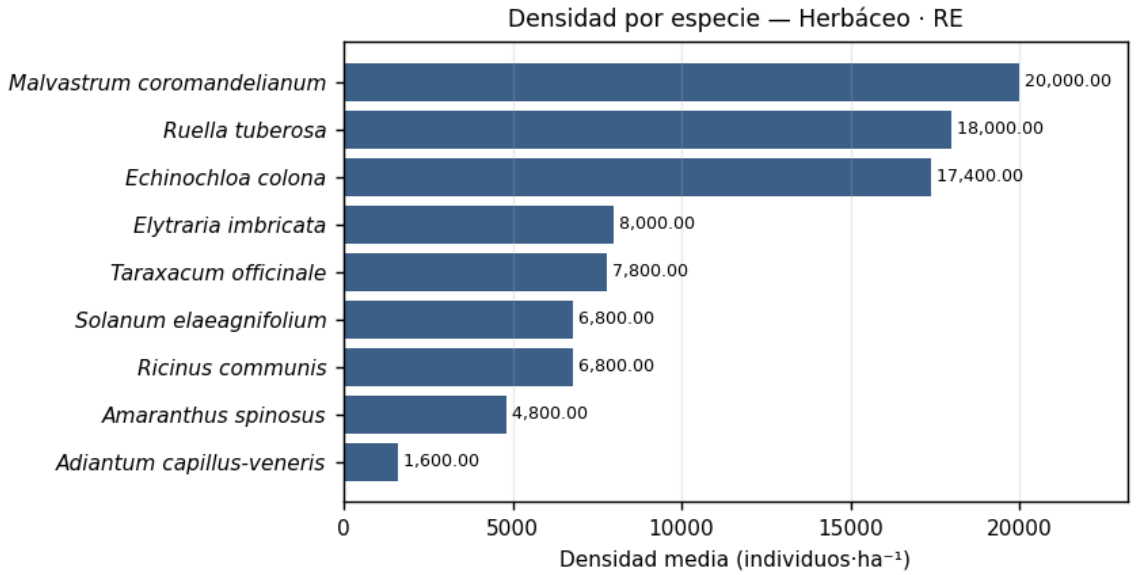


Figura 91. Densidad de las especies más abundantes del estrato herbáceo en el Región Ecológica. La Tabla 130 contiene las 9 especies del estrato; la gráfica muestra las de mayor densidad, por legibilidad. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica hace visible la forma de la distribución: el escalón entre la primera especie y el resto es pronunciado, lo que confirma la dominancia que la tabla ya declaraba. Ese perfil es el que después traducen los índices de Berger-Parker, con 0.22, y de Pielou, con 0.91.

La batería completa de índices alfa del estrato, calculada sobre el vector de densidades por hectárea tipo, es la siguiente.

Tabla 131. Índices de diversidad del estrato herbáceo en la Región Ecológica.

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Riqueza específica, S	9	—	Número de especies con densidad positiva en la unidad
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Abundancia total, N	91,200.00	—	Suma de las densidades específicas
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Margalef, DMg	0.70	Baja	Riqueza corregida por el tamaño de la muestra
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Menhinick, DMn	0.03	—	Riqueza por unidad de raíz de la abundancia
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Shannon-Wiener, H′	2.01	Media	Incertidumbre media al predecir la especie de un individuo tomado al azar
Selva baja caducifolia	Herbáceo	H′ máximo	2.20	—	Valor que alcanzaría H′ si todas las especies fueran igual de abundantes
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Varianza de H′	0.00000	—	Precisión de H′; base del contraste de Hutcheson
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Pielou, J′	0.91	Alta equidad	Proporción de la diversidad máxima efectivamente alcanzada
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Simpson, λ	0.15	—	Probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie

Tipo de vegetación	Estrato	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Diversidad de Simpson, 1−λ	0.85	Alta	Complemento de la dominancia
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Berger-Parker, d	0.22	Dominancia moderada	Peso de la especie más abundante
Selva baja caducifolia	Herbáceo	McIntosh, U	35,632.57	—	Distancia euclidiana de la comunidad en el espacio de especies
Selva baja caducifolia	Herbáceo	McIntosh, D	0.61	—	Equidad derivada de U
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Brillouin, HB	2.01	—	Diversidad de una colección completamente censada
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Hill N_0	9.00	—	Riqueza; especies de cualquier abundancia
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Hill N_1	7.43	—	Número efectivo de especies abundantes
Selva baja caducifolia	Herbáceo	Hill N_2	6.55	—	Número efectivo de especies muy abundantes

Fuente: índices calculados sobre el vector de densidades por hectárea tipo. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Los índices deben leerse en conjunto. Shannon-Wiener alcanza **2.01 sobre un máximo posible de 2.20**, de donde resulta una equidad de Pielou de **0.91**: la comunidad realiza esa fracción de la diversidad que su riqueza permitiría con abundancias iguales. La diversidad de Simpson es 0.85 y Berger-Parker 0.22, es decir, la especie más abundante concentra esa proporción de los individuos. Los tres valores son coherentes entre sí. Los números de Hill traducen el resultado a unidades interpretables: de las 9 especies presentes, 7.43 se comportan como abundantes y 6.55 como muy abundantes.

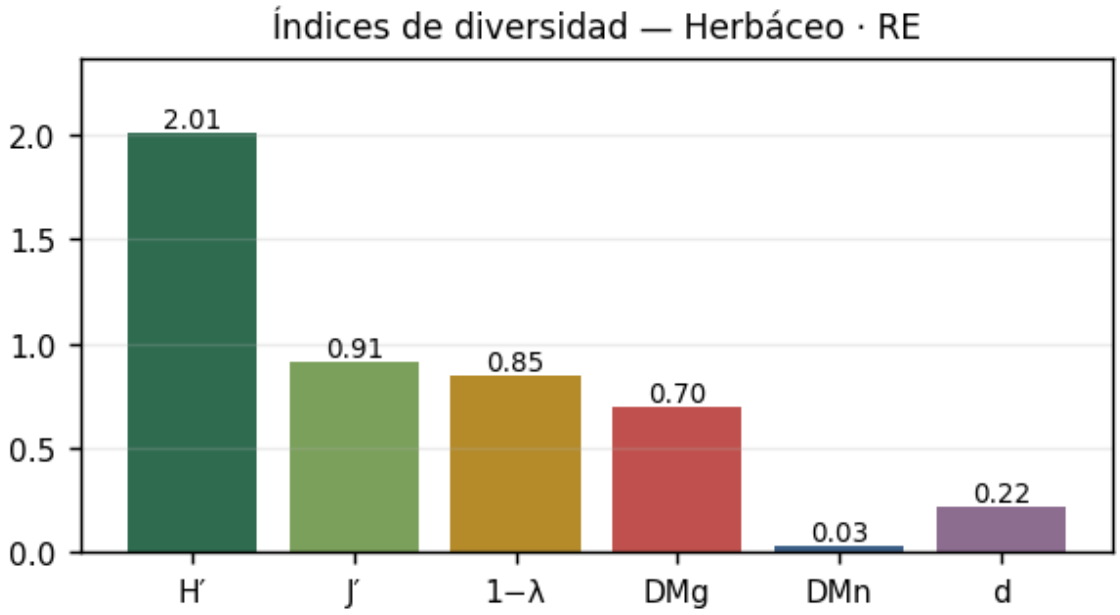


Figura 92. Índices principales del estrato herbáceo en el Región Ecológica: H' = 2.01, J' = 0.91, 1−λ = 0.85, DMg = 0.70, DMn = 0.03 y d = 0.22. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La gráfica reúne en una sola vista los índices de significado distinto para que su lectura sea simultánea: la riqueza corregida por tamaño de muestra —DMg = 0.70—, la diversidad —H′ = 2.01—, el reparto —J′ = 0.91— y la dominancia —d = 0.22—. Un estrato con diversidad alta y dominancia baja describe una comunidad estructurada por muchas especies; uno con el patrón inverso, una comunidad sostenida por unas pocas.

El índice de valor de importancia descompone el peso de cada especie en sus tres componentes —densidad, frecuencia y dominancia por cobertura de copa— y suma 300 puntos en el estrato.

Tabla 132. Valor de importancia de las especies del estrato herbáceo en la Región Ecológica.

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Densidad relativa, DR (%)	Frecuencia relativa, FR (%)	Dominancia relativa, DoR (%)	IVI	Jerarquía ecológica
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Echinochloa colona*	19.08	10.00	22.86	51.94	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Taraxacum officinale*	8.55	16.67	17.14	42.36	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Ruellia tuberosa*	19.74	13.33	6.29	39.36	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Solanum elaeagnifolium*	7.46	13.33	16.00	36.79	Dominante estructural
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Ricinus communis*	7.46	10.00	13.14	30.60	Dominante estructural

Tipo de vegetación	Estrato	Especie	Densidad relativa, DR (%)	Frecuencia relativa, FR (%)	Dominancia relativa, DoR (%)	IVI	Jerarquía ecológica
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Elytraria imbricata*	8.77	13.33	6.86	28.96	Codominante
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Malvastrum coromandelianum*	21.93	3.33	2.29	27.55	Codominante
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Amaranthus spinosus*	5.26	10.00	7.43	22.69	Codominante
Selva baja caducifolia	Herbáceo	*Adiantum capillus-veneris*	1.75	10.00	8.00	19.75	Codominante

Fuente: índice de valor de importancia con dominancia por cobertura de copa. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

La especie de mayor peso estructural del estrato es el zacate (*Echinochloa colona*), con **51.94 puntos** repartidos en 19.08 % de densidad relativa, 10.00 % de frecuencia relativa y 22.86 % de dominancia relativa, seguida de el diente de león (*Taraxacum officinale*) con 42.36 puntos y de la hierba del toro (*Ruellia tuberosa*) con 39.36 puntos. El orden difiere del de densidad: el zacate (*Echinochloa colona*) encabeza la importancia pese a que la malva (*Malvastrum coromandelianum*) es la más densa, lo que significa que la primera aporta más cobertura de copa o está presente en más sitios que la segunda.

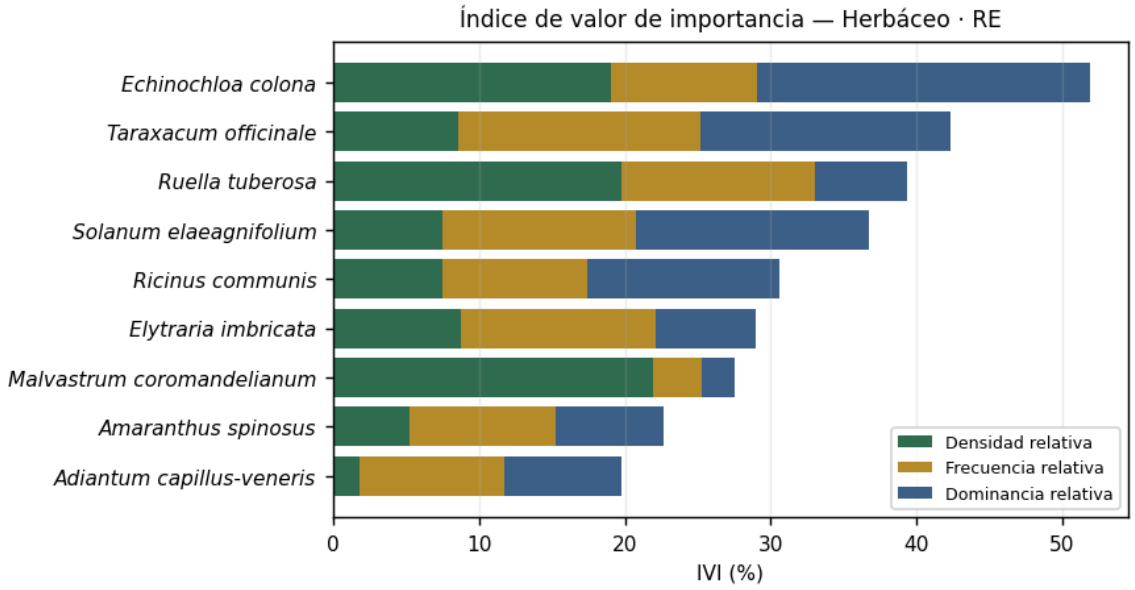


Figura 93. Índice de valor de importancia del estrato herbáceo en el Región Ecológica, descompuesto en densidad, frecuencia y dominancia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

El herbáceo regional reparte su peso entre nueve especies —5 dominantes estructurales y 4 codominantes, ninguna marginal— y su líder alcanza 51.94 puntos, lejos de los 181.96 y 219.69 de las escalas próxima y contigua al proyecto. La comparación de esta figura con las dos anteriores es la expresión más nítida del empobrecimiento del estrato herbáceo conforme se avanza del rodal regional hacia el polígono.

Síntesis de la Región Ecológica

Tabla 133. Síntesis de los índices de diversidad de flora de la Región Ecológica por estrato.

Tipo de vegetación	Estrato	S	N (ind·ha⁻¹)	DMg	DMn	H′	Var H′	J′	λ	1−λ	d	D	HB	N_0	N_1	N_2	IVI dominante	Completitud (%)	Diagnóstico ecológico
Selva baja caducifolia	Arbóreo y regeneración	28	1,320.00	3.76	0.77	2.86	0.00058	0.86	0.08	0.92	0.16	0.74	2.81	28.00	17.53	12.91	*Tabebuia rosea* (35.21)	80.36	Comunidad rica y equitativa, sin dominancia marcada
Selva baja caducifolia	Arbustivo	12	1,360.00	1.52	0.33	2.03	0.00048	0.82	0.17	0.83	0.30	0.61	2.01	12.00	7.65	5.95	*Vachellia campechiana* (76.65)	80.02	Comunidad diversa con dominancia moderada
Selva baja caducifolia	Otras formas de vida	10	477.78	1.46	0.46	1.96	0.00112	0.85	0.17	0.83	0.26	0.61	1.91	10.00	7.06	5.83	*Pachycereus pecten-aboriginum* (122.51)	50.77	Comunidad de diversidad media con reparto relativamente equilibrado
Selva baja caducifolia	Herbáceo	9	91,200.00	0.70	0.03	2.01	0.00000	0.91	0.15	0.85	0.22	0.61	2.01	9.00	7.43	6.55	*Echinochloa colona* (51.94)	77.67	Comunidad diversa con dominancia moderada

Fuente: índices calculados sobre el vector de densidades por hectárea tipo; completitud según el ajuste de Clench. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

El rodal homólogo de la Región Ecológica presenta la **mayor riqueza arbórea de las tres escalas: 28 especies con 1,320.00 individuos·ha⁻¹**, frente a las 20 del Área del Proyecto y las 17 del Área de Influencia; y sus índices son también los más altos, con H′ = 2.86, J′ = 0.86, 1−λ = 0.92 y DMg = 3.76. En el estrato arbustivo la densidad total es comparable a la del predio —1,360.00 frente a 1,602.11 individuos·ha⁻¹— pero con mayor equidad, J′ = 0.82 frente a 0.76. El estrato herbáceo, con 9 especies y J′ = 0.91, triplica la riqueza del predio.

El estrato de otras formas de vida merece una advertencia expresa: es el que el apartado III.3.2 identificó como de **inventario abierto**, con completitud de 50.77 % por el ajuste de Clench y una pendiente final de 0.55 especies por sitio adicional, la más alta del estudio. Las comparaciones que involucran a este estrato se enuncian como tendencias y no como diferencias establecidas.

Tabla 134. Diversidad beta entre sitios de muestreo de flora de la Región Ecológica por estrato.

Estrato	Sitios comparados	Riqueza media por sitio (α)	Jaccard medio	Sørensen medio	βW de Whittaker
Arbóreo y regeneración	10	9.90	0.25	0.39	1.83
Arbustivo	10	4.10	0.26	0.38	1.93
Herbáceo	10	3.00	0.18	0.27	2.00
Otras formas de vida	9	2.00	0.10	0.15	4.00

Fuente: diversidad beta entre sitios de muestreo dentro de cada estrato de la Región Ecológica.

Los valores de recambio interno de la Región Ecológica deben leerse con la advertencia del apartado III.3.1: **como los sitios se eligieron por homología —mismo tipo de vegetación y condición análoga—, el recambio que miden es el mínimo esperable**, no un promedio de la heterogeneidad de la cuenca. Un muestreo aleatorio sobre las 37,971.75 ha habría arrojado valores de beta mucho mayores y ecológicamente menos informativos.

III.5.4 Comparación de la flora entre las tres escalas

La comparación entre escalas se hace estrato por estrato y no sobre la comunidad en conjunto, porque la remoción de la vegetación afecta a cada componente vertical de forma distinta y lo que debe medirse es cuánto de cada uno persiste fuera del polígono. La primera lectura es la de riqueza específica, con el peso que cada estrato tiene dentro de su escala; sobre ella se apoyan después las de diversidad, equidad y dominancia, que contestan preguntas distintas y no la sustituyen.

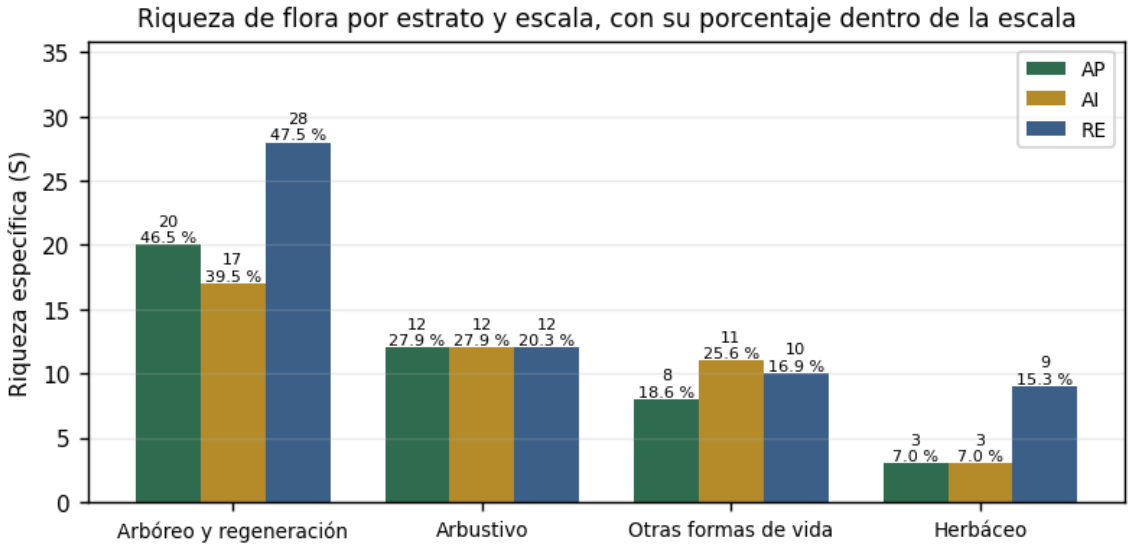


Figura 94. Riqueza específica por estrato analítico y escala, con el porcentaje que cada estrato representa dentro de su escala. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

El estrato arbóreo y de regeneración es el que más riqueza aporta en las tres escalas: 20 de 43 especies en el Área del Proyecto, 17 de 43 en el Área de Influencia y 28 de 59 en la Región Ecológica. Es también el

estrato donde la Región Ecológica supera con mayor claridad a las otras dos, y el que sostiene la mayor parte de la estructura vertical del ecosistema. La brecha entre escalas se concentra en él y en el herbáceo; los estratos arbustivo y de otras formas de vida son prácticamente equivalentes entre las tres.

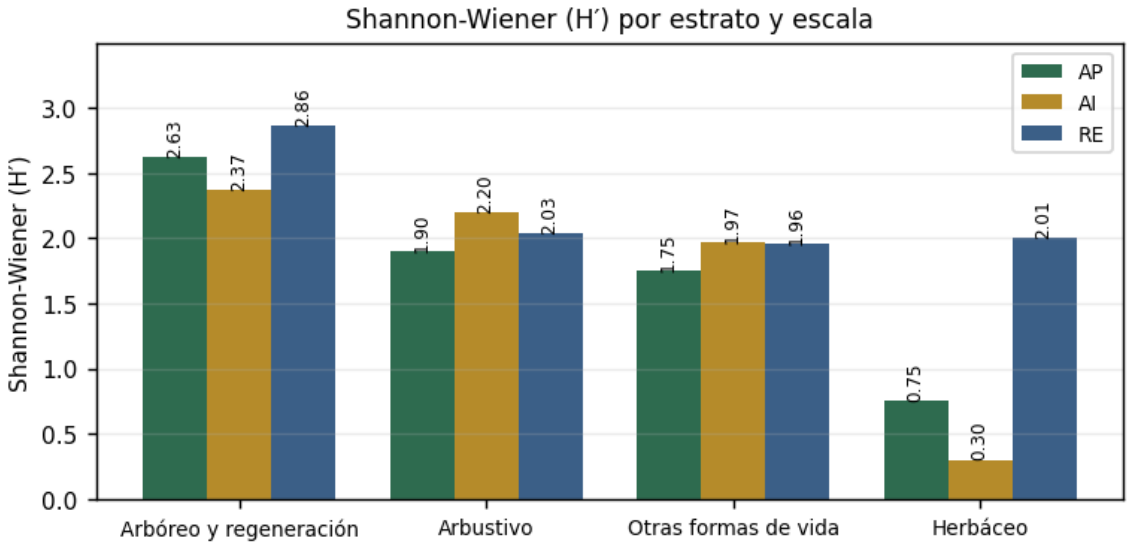


Figura 95. Índice de Shannon-Wiener por estrato analítico y escala. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

En Shannon-Wiener la comparación con el Área del Proyecto es de 2.86 frente a 2.63 en el estrato arbóreo y de regeneración, 2.03 frente a 1.90 en el arbustivo, 1.96 frente a 1.75 en otras formas de vida y 2.01 frente a 0.75 en el herbáceo. **La ventaja del rodal regional es modesta en los tres estratos leñosos —menos de un cuarto de punto en cada uno— y muy grande en el herbáceo**, donde su diversidad casi triplica la del predio.

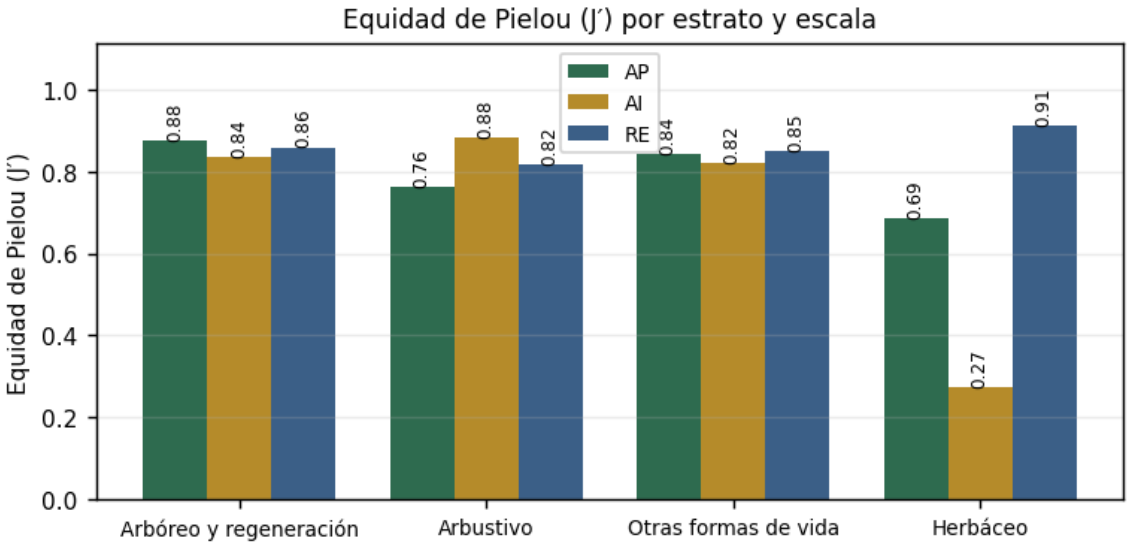


Figura 96. Equidad de Pielou por estrato analítico y escala. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La equidad es prácticamente indistinguible entre escalas en los estratos leñosos: los valores van de 0.76 a 0.88 en los tres estratos leñosos de las tres escalas, un intervalo estrecho. Esto significa que las comunidades del predio, del entorno y del rodal regional **reparten su abundancia entre especies de forma equivalente**; lo que cambia entre ellas es cuántas especies hay, no cómo se distribuyen los individuos. Es la firma de comunidades del mismo tipo en distinto grado de conservación, no de comunidades distintas. La única excepción es el estrato herbáceo, cuya equidad cae a 0.69 en el predio y a 0.27 en el Área de Influencia frente a 0.91 en el rodal regional.

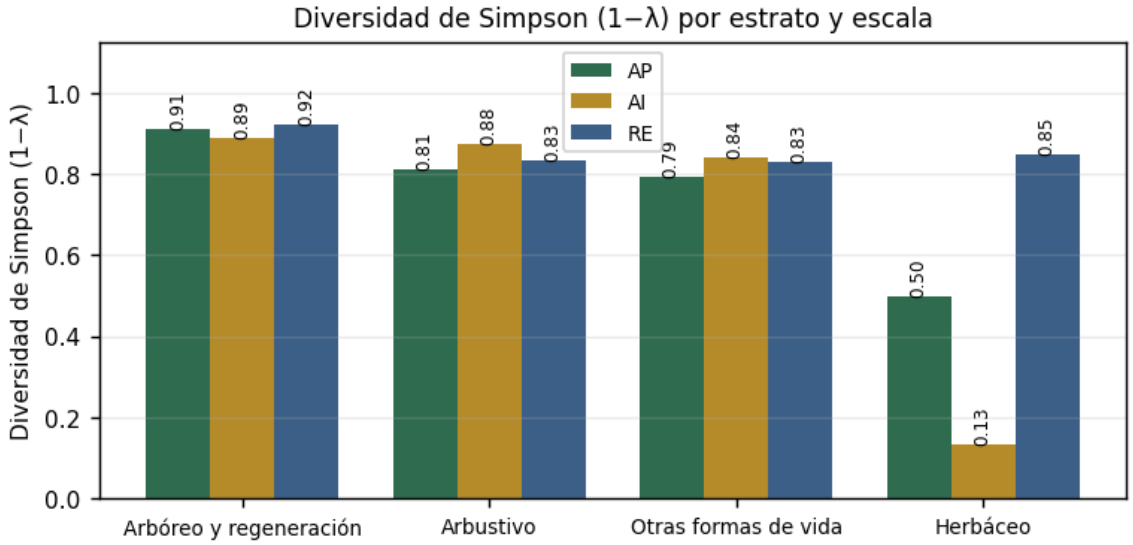


Figura 97. Diversidad de Simpson (1−λ) por estrato analítico y escala. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La coherencia de este índice con Shannon-Wiener y con Pielou confirma que las diferencias observadas no son un artefacto de la métrica elegida: los tres apuntan en la misma dirección y con la misma jerarquía entre escalas. **La brecha del estrato herbáceo es el hallazgo de mayor peso diagnóstico** de toda la comparación: el predio tiene 3 especies herbáceas frente a 9 del rodal regional y dos de las tres son exóticas. Dado que el estrato herbáceo es el más sensible y de respuesta más rápida a la perturbación, esa brecha es la expresión más nítida del efecto de borde que el apartado III.2.2 identificó territorialmente. El apartado III.7 la incorpora al diagnóstico.

Diversidad beta entre escalas

La diversidad beta contesta la pregunta que más importa para la evaluación: **¿la comunidad del Área del Proyecto es una comunidad distinta de la que persiste en el resto de la cuenca, o es la misma comunidad?** La respuesta se construye con doce comparaciones pareadas —los cuatro estratos analíticos por los tres pares de escalas— y no se resuelve con un índice solo: la similitud mide cuánto comparten dos unidades, mientras que la partición de Baselga separa lo que no comparten en recambio de especies (βSIM) y en simple diferencia de riqueza (βSNE), dos situaciones de consecuencias opuestas para la evaluación.

Tabla 135. Diversidad beta de flora entre las tres escalas por estrato.

Estrato	Comparación	S izquierda	S derecha	Especies compartidas	γ	Jaccard	Sørensen	Bray-Curtis	Complementariedad	βW	β de Lande	βSIM	βSNE	Patrón
Arbóreo y regeneración	AP vs AI	20	17	15	22	0.68	0.81	0.60	0.32	0.19	3.50	0.12	0.07	recambio
Arbóreo y regeneración	AP vs RE	20	28	17	31	0.55	0.71	0.41	0.45	0.29	7.00	0.15	0.14	recambio
Arbóreo y regeneración	AI vs RE	17	28	14	31	0.45	0.62	0.30	0.55	0.38	8.50	0.18	0.20	anidamiento
Arbustivo	AP vs AI	12	12	11	13	0.85	0.92	0.65	0.15	0.08	1.00	0.08	0.00	recambio
Arbustivo	AP vs RE	12	12	10	14	0.71	0.83	0.63	0.29	0.17	2.00	0.17	0.00	recambio
Arbustivo	AI vs RE	12	12	10	14	0.71	0.83	0.39	0.29	0.17	2.00	0.17	0.00	recambio
Otras formas de vida	AP vs AI	8	11	8	11	0.73	0.84	0.42	0.27	0.16	1.50	0.00	0.16	anidamiento
Otras formas de vida	AP vs RE	8	10	8	10	0.80	0.89	0.35	0.20	0.11	1.00	0.00	0.11	anidamiento
Otras formas de vida	AI vs RE	11	10	10	11	0.91	0.95	0.50	0.09	0.05	0.50	0.00	0.05	anidamiento
Herbáceo	AP vs AI	3	3	2	4	0.50	0.67	0.63	0.50	0.33	1.00	0.33	0.00	recambio
Herbáceo	AP vs RE	3	9	3	9	0.33	0.50	0.32	0.67	0.50	3.00	0.00	0.50	anidamiento
Herbáceo	AI vs RE	3	9	3	9	0.33	0.50	0.29	0.67	0.50	3.00	0.00	0.50	anidamiento

Fuente: diversidad beta entre pares de escalas por estrato analítico; partición de Baselga en componentes de recambio (βSIM) y de anidamiento (βSNE) y componente aditivo de Lande. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Los índices de similitud responden con claridad. **La similitud de Sørensen entre el Área del Proyecto y la Región Ecológica es de 0.71 en el estrato arbóreo, 0.83 en el arbustivo, 0.89 en otras formas de vida y 0.50 en el herbáceo.** Entre el Área del Proyecto y el Área de Influencia los valores son aún mayores: 0.81, 0.92, 0.84 y 0.67. **De las 20 especies arbóreas del predio, 17 están presentes también en la Región Ecológica y 15 en el Área de Influencia**; de las 12 arbustivas, 10 y 11 respectivamente; y de las 8 de otras formas de vida, 8 y 8 —es decir, la totalidad—.

La partición de Baselga precisa el mecanismo de la diferencia que sí existe. **En la comparación entre el Área del Proyecto y la Región Ecológica, el componente de anidamiento (βSNE) supera al de recambio (βSIM) en dos de los cuatro estratos**: 0.11 frente a 0.00 en otras formas de vida y 0.50 frente a 0.00 en el herbáceo. Anidamiento significa que **la comunidad del predio es un subconjunto de la regional, no una comunidad diferente**: sus especies están contenidas en la del rodal homólogo, que además tiene otras. Los dos estratos leñosos siguen el patrón contrario: el arbóreo y de regeneración muestra recambio con βSIM = 0.15 y βSNE = 0.14 —los dos componentes casi equivalentes— y el arbustivo, recambio puro, con βSIM = 0.17 y βSNE = 0.00. Recambio significa que cada escala aporta especies que la otra no tiene: tres arbóreas del predio —la brea (*Parkinsonia praecox*), la amapa amarilla (*Handroanthus chrysanthus*) y el neem (*Azadirachta indica*), esta última exótica invasora— y dos arbustivas —el torote (*Jatropha cordata*), endémica, y el papache (*Randia echinocarpa*)— no se registraron con densidad positiva en el rodal homólogo de la Región Ecológica.

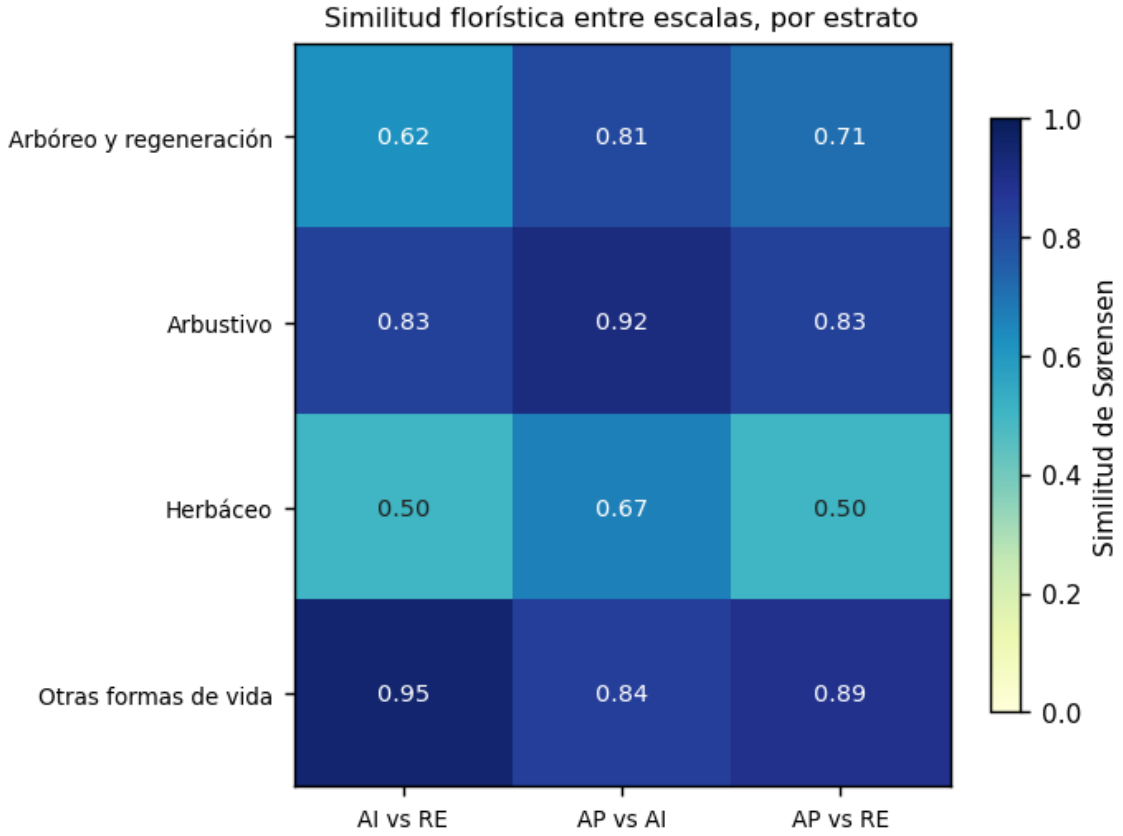


Figura 98. Similitud de Sørensen entre pares de escalas, por estrato analítico. Fuente: levantamiento de flora del estudio.

La matriz permite comprobar de un vistazo que ninguna celda baja de 0.50: **las tres escalas comparten al menos la mitad de su composición en todos los estratos, y hasta 0.95 en el caso de otras formas de vida entre el Área de Influencia y la Región Ecológica.** Ese resultado tiene una consecuencia directa sobre la evaluación del proyecto y conviene enunciarla sin adornos: **la intervención no elimina un ensamble florístico exclusivo.** La mayor parte de las especies que el predio alberga está presente en la cuenca, en

rodales del mismo tipo y condición, y la partición de Baselga lo demuestra con la métrica diseñada para distinguir precisamente entre esos dos casos. La excepción está acotada y se declara: cinco especies —tres arbóreas y dos arbustivas— se registraron con densidad positiva en el predio y no en el rodal homólogo. Cuatro de ellas son nativas o endémicas, y para ellas el estudio no confía la permanencia a la recolonización espontánea desde el rodal vecino: depende del rescate nominal, individuo a individuo, y de su incorporación obligada a la mezcla de especies de la superficie de compensación. La quinta, el neem (*Azadirachta indica*), es exótica invasora y queda excluida tanto del rescate como de la reintroducción. Eso no significa que la pérdida sea nula —12.5570 ha de selva baja caducifolia funcional dejan de serlo, y el apartado III.9 lo cuantifica—, sino que es una pérdida de superficie y de individuos que sólo en esas cinco especies alcanza a la composición.

Debe recordarse, además, lo que el apartado III.3.1 estableció: como las unidades comparadas son homogéneas por diseño, **estos valores de recambio son el mínimo esperable**. Una comparación entre el predio y rodales de otra condición o de otro tipo de vegetación arrojaría valores de beta mayores; el diseño de muestreo eligió deliberadamente el término homólogo.

III.5.5 Fauna del Área del Proyecto

Aves — Área del Proyecto

El levantamiento registró **29 especies de aves y 135 individuos** en el Área del Proyecto. Su inventario se publica completo —una fila por cada especie del grupo— con la abundancia absoluta y relativa, la clase de abundancia y los atributos ecológicos declarados en la caracterización de campo.

Tabla 136. Abundancia por especie de las aves del Área del Proyecto.

Grupo	Especie	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Observaciones ecológicas
Aves	*Patagioenas flavirostris*	Paloma morada	9	6.67	Común	Granívora-Frugívora; Dispersión de semillas
Aves	*Zenaida asiatica*	Paloma alas blancas	8	5.93	Común	Granívora; Dispersión de semillas
Aves	*Tyrannus melancholicus*	Tirano tropical	8	5.93	Común	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Columbina inca*	Tortolita colilarga	6	4.44	Escasa	Granívora; Dispersión de semillas
Aves	*Calocitta colliei*	Urraca hermosa (urraca copetona del Pacífico)	6	4.44	Escasa	Omnívora; Dispersión de semillas

Grupo	Especie	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Observaciones ecológicas
Aves	*Ortalis wagleri*	Chachalaca de Wagler	6	4.44	Escasa	Frugívora; Dispersión de semillas
Aves	*Polioptila nigriceps*	Perlita sinaloense	6	4.44	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Pitangus sulphuratus*	Bienteveo Común	5	3.70	Escasa	Omnívora (insectos, frutos, pequeños vertebrados); Control de plagas
Aves	*Saltator grandis*	Saltador gris mesoamericano	5	3.70	Escasa	Granívora-Frugívora; Dispersión de semillas
Aves	*Zenaida macroura*	Huilota Común	5	3.70	Escasa	Granívora; Dispersión de semillas
Aves	*Caracara plancus*	Caracara común	5	3.70	Escasa	Carnívora-Carroñera; Trófica / control de carroña
Aves	*Columbina talpacoti*	Tortolita rojiza	5	3.70	Escasa	Granívora; Dispersión de semillas
Aves	*Haemorhous mexicanus*	Camachuelo mexicano	5	3.70	Escasa	Granívora; Dispersión de semillas
Aves	*Icterus pustulatus*	Calandria dorso rayado	4	2.96	Escasa	Omnívora; Polinización
Aves	*Pheucticus chrysopeplus*	Picogordo amarillo	4	2.96	Escasa	Omnívora (semillas, frutos, insectos); Dispersión de semillas
Aves	*Myiarchus nuttingi*	Papamoscas Huí	4	2.96	Escasa	Insectívora; Control de plagas

Grupo	Especie	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Observaciones ecológicas
Aves	*Myiozetetes similis*	Luis gregario	4	2.96	Escasa	Insectívora-Frugívora; Control de plagas / dispersión de semillas
Aves	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	4	2.96	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Amazilia rutila*	Colibrí canela	4	2.96	Escasa	Nectarívora; Polinización
Aves	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	4	2.96	Escasa	Granívora; Dispersión de semillas
Aves	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	4	2.96	Escasa	Carnívora; Trófica
Aves	*Trogon elegans*	Coa elegante	4	2.96	Escasa	Frugívora; Dispersión de semillas
Aves	*Heliomaster constantii*	Colibrí Picudo Occidental	4	2.96	Escasa	Nectarívora; Polinización
Aves	*Coccyzus minor*	Cuclillo manglero	3	2.22	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Buteo nitidus*	Aguililla gris	3	2.22	Escasa	Carnívora; Trófica
Aves	*Melanerpes uropygialis*	Carpintero del desierto	3	2.22	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Piaya cayana*	Cuclillo Canelo	3	2.22	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Cynanthus latirostris*	Colibrí pico ancho	2	1.48	Escasa	Nectarívora; Polinización
Aves	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	2	1.48	Escasa	Insectívora; Control de plagas

Fuente: levantamiento de fauna del estudio, temporada seca. Anexo de campo del estudio.

La especie con más registros es *Patagioenas flavirostris*, con 9 individuos y 6.67 % del grupo —clase común—, seguida de *Zenaida asiatica* con 8 individuos y 5.93 % y de *Tyrannus melancholicus* con 8

individuos y 5.93 %. Con 135 individuos repartidos entre 29 especies, el promedio es de 4.66 registros por especie, cifra que conviene tener presente al leer los índices: en un muestreo de esa magnitud, las diferencias de abundancia entre especies se resuelven con poca resolución.

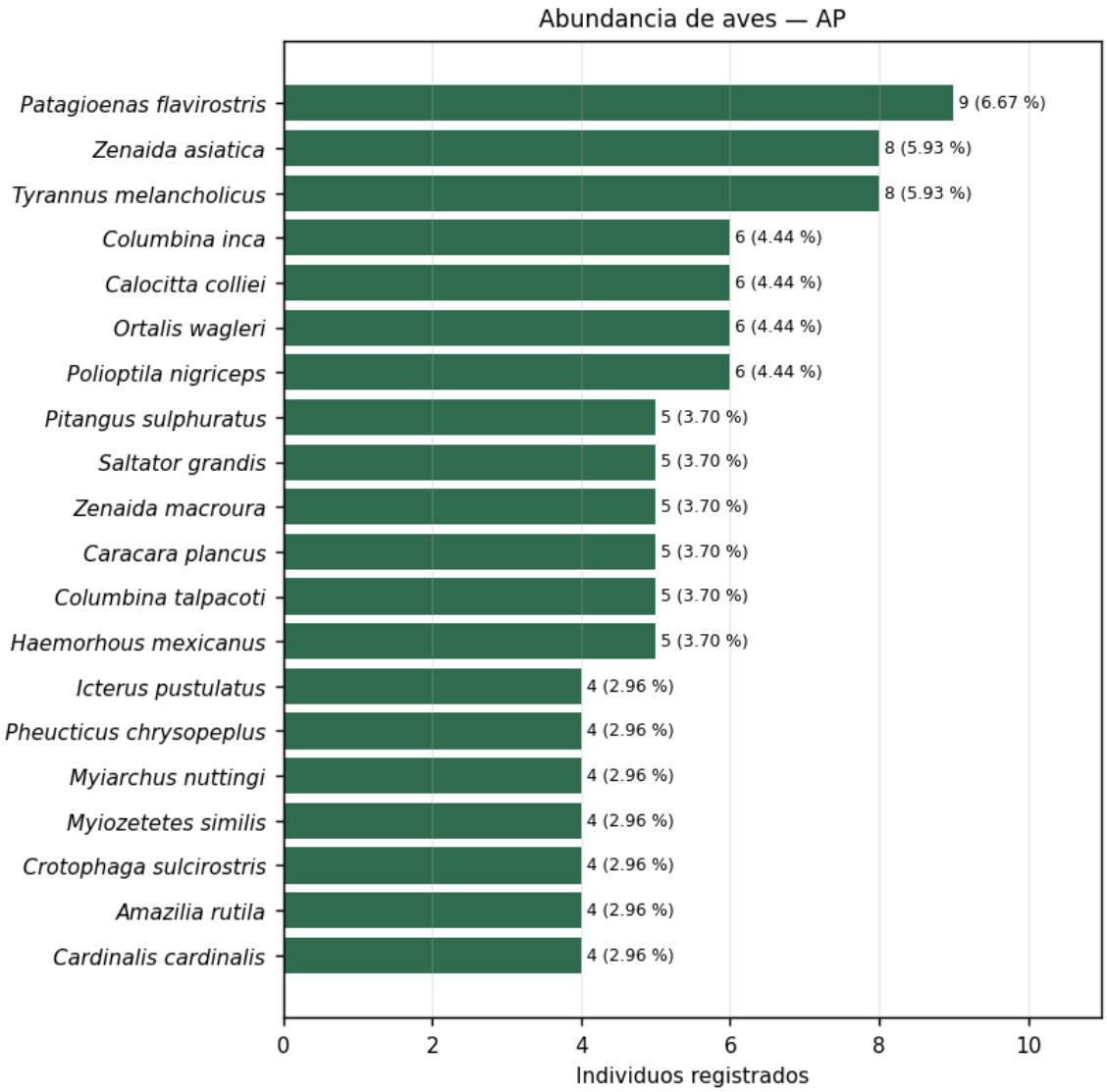


Figura 99. Abundancia absoluta y relativa de las especies de aves en el Área del Proyecto. Fuente: levantamiento de fauna del estudio, temporada seca.

La gráfica muestra un perfil sin especie destacada, con abundancias del mismo orden entre las primeras posiciones, que es exactamente lo que después cuantifica el índice de Berger-Parker con 0.07. Las especies con un solo registro o dos representan la cola de la distribución y son las que determinan el comportamiento de los estimadores de riqueza del apartado III.3.2.

La batería alfa completa del grupo en el Área del Proyecto es la siguiente.

Tabla 137. Índices de diversidad de las aves del Área del Proyecto.

Grupo	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Aves	Riqueza específica, S	29	—	Número de especies con densidad positiva en la unidad
Aves	Abundancia total, N	135.00	—	Individuos registrados
Aves	Margalef, DMg	5.71	Alta	Riqueza corregida por el tamaño de la muestra
Aves	Menhinick, DMn	2.50	—	Riqueza por unidad de raíz de la abundancia
Aves	Shannon-Wiener, H′	3.31	Alta	Incertidumbre media al predecir la especie de un individuo tomado al azar
Aves	H′ máximo	3.37	—	Valor que alcanzaría H′ si todas las especies fueran igual de abundantes
Aves	Varianza de H′	0.00164	—	Precisión de H′; base del contraste de Hutcheson
Aves	Pielou, J′	0.98	Alta equidad	Proporción de la diversidad máxima efectivamente alcanzada
Aves	Simpson, λ	0.04	—	Probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie
Aves	Diversidad de Simpson, 1−λ	0.96	Alta	Complemento de la dominancia
Aves	Berger-Parker, d	0.07	Dominancia moderada	Peso de la especie más abundante
Aves	McIntosh, U	26.59	—	Distancia euclidiana de la comunidad en el espacio de especies
Aves	McIntosh, D	0.88	—	Equidad derivada de U
Aves	Brillouin, HB	2.97	—	Diversidad de una colección

Grupo	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
				completamente censada
Aves	Hill N_0	29.00	—	Riqueza; especies de cualquier abundancia
Aves	Hill N_1	27.31	—	Número efectivo de especies abundantes
Aves	Hill N_2	25.78	—	Número efectivo de especies muy abundantes

Fuente: índices calculados sobre los registros del levantamiento. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Shannon-Wiener alcanza **3.31 sobre un máximo de 3.37** y la equidad de Pielou resultante es **0.98**; la diversidad de Simpson es 0.96 y Berger-Parker 0.07. Los números de Hill sitúan en 27.31 las especies efectivamente abundantes y en 25.78 las muy abundantes, sobre 29 registradas.

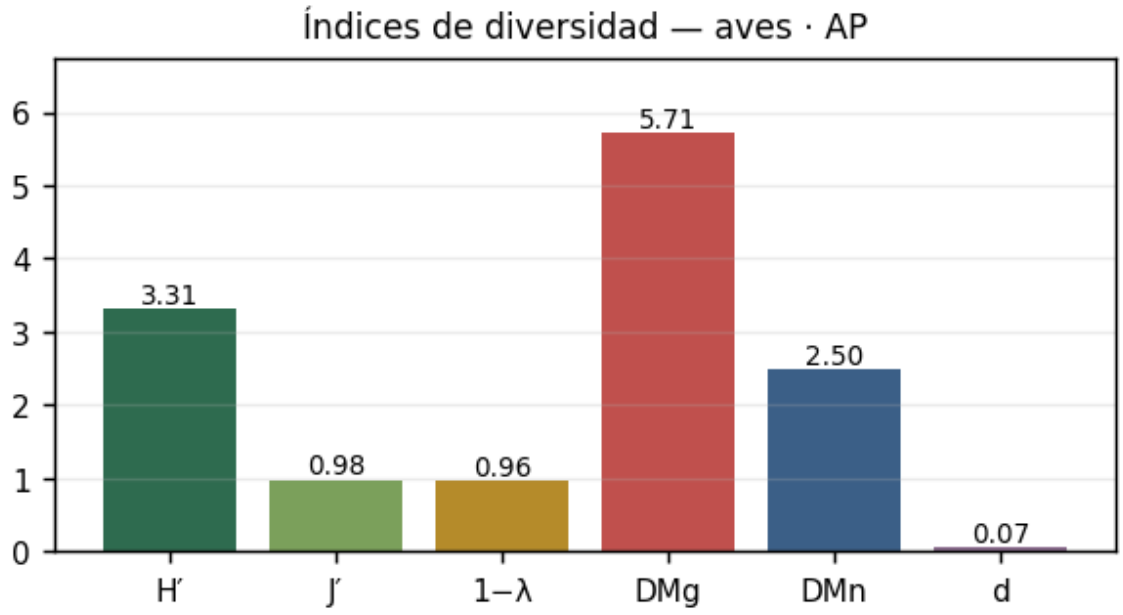


Figura 100. Índices principales de aves en el Área del Proyecto: H' = 3.31, J' = 0.98, 1−λ = 0.96, DMg = 5.71, DMn = 2.50 y d = 0.07. Fuente: levantamiento de fauna del estudio.

Puestos en una sola vista, los índices dejan ver si la comunidad reparte su abundancia o la concentra: una equidad de 0.98 junto a una dominancia de 0.07 describe un ensamble donde ninguna especie manda.

El valor de importancia de fauna suma densidad relativa y frecuencia relativa, sin componente de dominancia, y su rango es de 0 a 200 puntos.

Tabla 138. Valor de importancia de las aves del Área del Proyecto.

Grupo	Especie	Abundancia relativa, DR (%)	Frecuencia de registro, FR (%)	VIF	Jerarquía ecológica
Aves	*Tyrannus melancholicus*	5.93	5.50	11.43	Codominante
Aves	*Patagioenas flavirostris*	6.67	4.59	11.25	Codominante
Aves	*Ortalis wagleri*	4.44	5.50	9.95	Acompañante
Aves	*Zenaida asiatica*	5.93	3.67	9.60	Acompañante
Aves	*Columbina inca*	4.44	4.59	9.03	Acompañante
Aves	*Polioptila nigriceps*	4.44	4.59	9.03	Acompañante
Aves	*Haemorhous mexicanus*	3.70	3.67	7.37	Acompañante
Aves	*Saltator grandis*	3.70	3.67	7.37	Acompañante
Aves	*Zenaida macroura*	3.70	3.67	7.37	Acompañante
Aves	*Caracara plancus*	3.70	3.67	7.37	Acompañante
Aves	*Calocitta colliei*	4.44	2.75	7.20	Acompañante
Aves	*Glaucidium brasilianum*	2.96	3.67	6.63	Acompañante
Aves	*Amazilia rutila*	2.96	3.67	6.63	Acompañante
Aves	*Myiarchus nuttingi*	2.96	3.67	6.63	Acompañante
Aves	*Pheucticus chrysopeplus*	2.96	3.67	6.63	Acompañante
Aves	*Cardinalis cardinalis*	2.96	3.67	6.63	Acompañante
Aves	*Heliomaster constantii*	2.96	3.67	6.63	Acompañante
Aves	*Crotophaga sulcirostris*	2.96	3.67	6.63	Acompañante
Aves	*Columbina talpacoti*	3.70	2.75	6.46	Acompañante
Aves	*Pitangus sulphuratus*	3.70	2.75	6.46	Acompañante
Aves	*Icterus pustulatus*	2.96	2.75	5.72	Acompañante
Aves	*Trogon elegans*	2.96	2.75	5.72	Acompañante
Aves	*Myiozetetes similis*	2.96	2.75	5.72	Acompañante
Aves	*Coccyzus minor*	2.22	2.75	4.97	Acompañante

Grupo	Especie	Abundancia relativa, DR (%)	Frecuencia de registro, FR (%)	VIF	Jerarquía ecológica
Aves	*Buteo nitidus*	2.22	2.75	4.97	Acompañante
Aves	*Melanerpes uropygialis*	2.22	2.75	4.97	Acompañante
Aves	*Piaya cayana*	2.22	2.75	4.97	Acompañante
Aves	*Cynanthus latirostris*	1.48	1.83	3.32	Ocasional
Aves	*Dryobates scalaris*	1.48	1.83	3.32	Ocasional

Fuente: valor de importancia de fauna. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

El primer lugar corresponde a *Tyrannus melancholicus* con **11.43 puntos** —5.93 % de densidad relativa y 5.50 % de frecuencia—, seguida de *Patagioenas flavirostris* con 11.25 puntos y de *Ortalis wagleri* con 9.95 puntos. La diferencia entre una especie abundante y una importante está en la frecuencia: un taxón registrado muchas veces en una sola unidad de muestreo pesa menos que otro repartido por todas, porque el segundo usa el hábitat de forma más extendida.

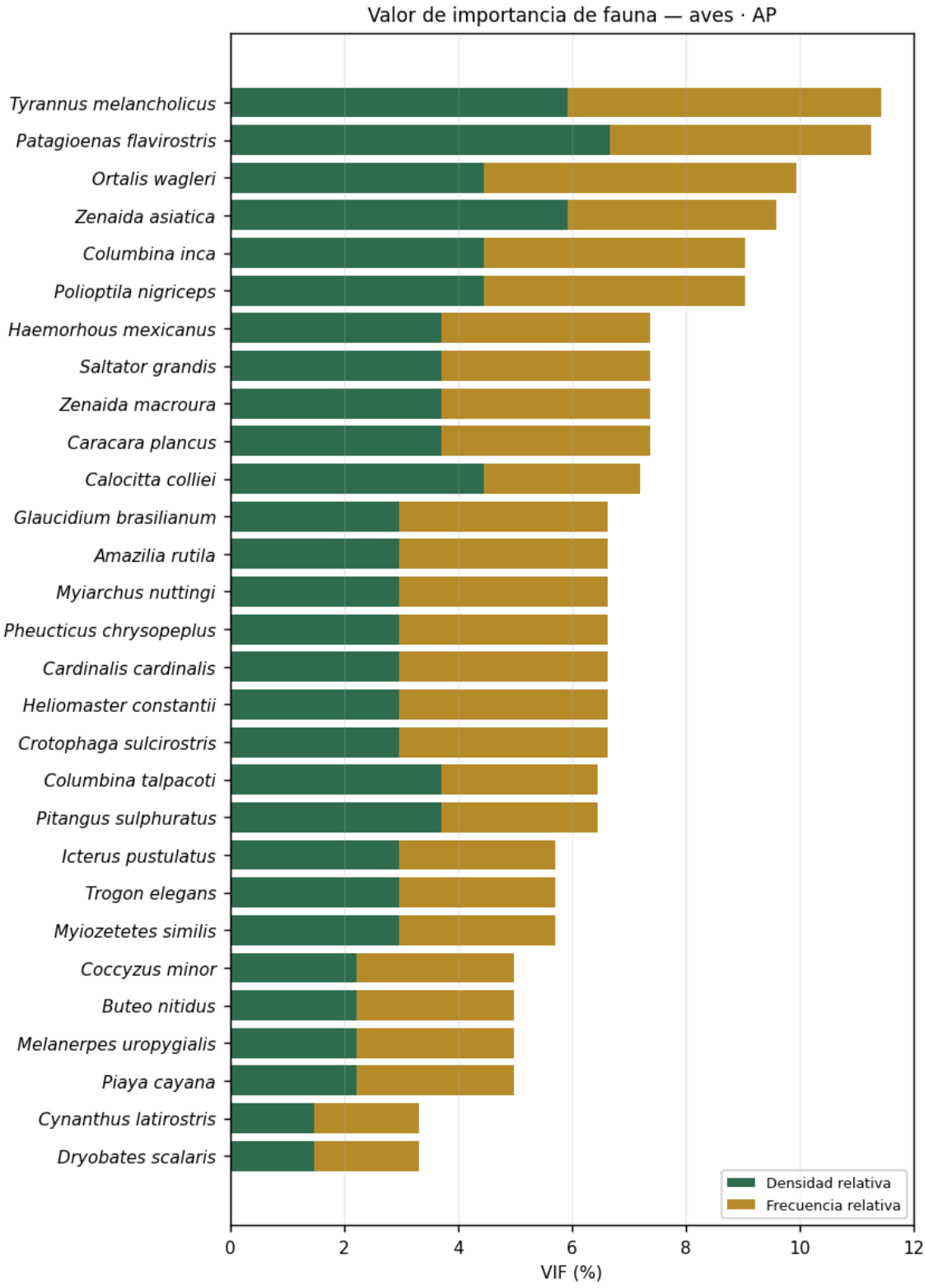

Valor de importancia de fauna — aves · AP
Tyrannus melancholicus
Patagioenas flavirostris
Ortalis wagleri
Zenaida asiatica
Columbina inca
Polioptila nigriceps
Haemorhous mexicanus
Saltator grandis
Zenaida macroura
Caracara plancus
Calocitta colliei
Glaucidium brasilianum
Amazilia rutila
Myiarchus nuttingi
Pheucticus chrysopeplus
Cardinalis cardinalis
Heliomaster constantii
Crotophaga sulcirostris
Columbina talpacoti
Pitangus sulphuratus
Icterus pustulatus
Trogon elegans
Myiozetetes similis
Coccyzus minor
Buteo nitidus
Melanerpes uropygialis
Piaya cayana
Cynanthus latirostris
Dryobates scalaris
Densidad relativa
Frecuencia relativa
0
2
4
6
8
10
12
VIF (%)

Figura 101. Valor de importancia de fauna por especie de aves en el Área del Proyecto, descompuesto en densidad y frecuencia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de fauna del estudio.

En las aves del Área del Proyecto ninguna barra domina: la mayor suma 11.43 de los 200 puntos que reparte el índice y la menor 3.32, de modo que las 29 especies ocupan una franja estrecha. Ese perfil confirma lo que anticipaba la equidad de 0.98 y significa que el servicio ecológico del grupo no depende de una especie clave, sino que se reparte entre muchas. Ninguna especie de este grupo tiene categoría declarada en la caracterización de campo; el estatus normativo verificado contra el Anexo Normativo III se reporta en el apartado III.4.

Mamíferos — Área del Proyecto

El levantamiento registró **3 especies de mamíferos y 11 individuos** en el Área del Proyecto. Su inventario se publica completo —una fila por cada especie del grupo— con la abundancia absoluta y relativa, la clase de abundancia y los atributos ecológicos declarados en la caracterización de campo.

Tabla 139. Abundancia por especie de los mamíferos del Área del Proyecto.

Grupo	Especie	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Observaciones ecológicas
Mamíferos	*Otospermophilus variegatus*	Ardillón de roca	5	45.45	Dominante	Granívora; Dispersión de semillas
Mamíferos	*Procyon lotor*	Mapache	4	36.36	Dominante	Omnívora; Trófica
Mamíferos	*Odocoileus virginianus*	Venado cola blanca	2	18.18	Abundante	Herbívora; Trófica / dispersión de semillas

Fuente: levantamiento de fauna del estudio, temporada seca. Anexo de campo del estudio.

La especie con más registros es *Otospermophilus variegatus*, con 5 individuos y 45.45 % del grupo —clase dominante—, seguida de *Procyon lotor* con 4 individuos y 36.36 % y de *Odocoileus virginianus* con 2 individuos y 18.18 %. Con 11 individuos repartidos entre 3 especies, el promedio es de 3.67 registros por especie, cifra que conviene tener presente al leer los índices: en un muestreo de esa magnitud, las diferencias de abundancia entre especies se resuelven con poca resolución.

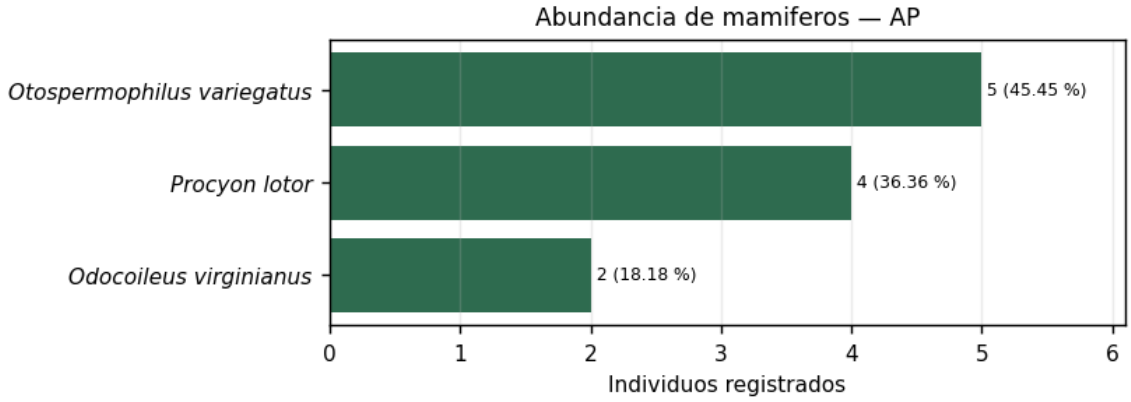


Figura 102. Abundancia absoluta y relativa de las especies de mamíferos en el Área del Proyecto. Fuente: levantamiento de fauna del estudio, temporada seca.

La gráfica muestra un perfil con una especie claramente destacada sobre las demás, que es exactamente lo que después cuantifica el índice de Berger-Parker con 0.45. Las especies con un solo registro o dos representan la cola de la distribución y son las que determinan el comportamiento de los estimadores de riqueza del apartado III.3.2.

La batería alfa completa del grupo en el Área del Proyecto es la siguiente.

Tabla 140. Índices de diversidad de los mamíferos del Área del Proyecto.

Grupo	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Mamíferos	Riqueza específica, S	3	—	Número de especies con densidad positiva en la unidad
Mamíferos	Abundancia total, N	11.00	—	Individuos registrados
Mamíferos	Margalef, DMg	0.83	Baja	Riqueza corregida por el tamaño de la muestra
Mamíferos	Menhinick, DMn	0.90	—	Riqueza por unidad de raíz de la abundancia
Mamíferos	Shannon-Wiener, H′	1.04	Baja	Incertidumbre media al predecir la especie de un individuo tomado al azar
Mamíferos	H′ máximo	1.10	—	Valor que alcanzaría H′ si todas las especies fueran igual de abundantes
Mamíferos	Varianza de H′	0.01821	—	Precisión de H′; base del contraste de Hutcheson
Mamíferos	Pielou, J′	0.94	Alta equidad	Proporción de la diversidad máxima efectivamente alcanzada
Mamíferos	Simpson, λ	0.37	—	Probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie
Mamíferos	Diversidad de Simpson, 1−λ	0.63	Media	Complemento de la dominancia
Mamíferos	Berger-Parker, d	0.45	Dominancia alta	Peso de la especie más abundante
Mamíferos	McIntosh, U	6.71	—	Distancia euclidiana de la comunidad en el espacio de especies
Mamíferos	McIntosh, D	0.56	—	Equidad derivada de U
Mamíferos	Brillouin, HB	0.80	—	Diversidad de una colección completamente censada

Grupo	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Mamíferos	Hill N_0	3.00	—	Riqueza; especies de cualquier abundancia
Mamíferos	Hill N_1	2.82	—	Número efectivo de especies abundantes
Mamíferos	Hill N_2	2.69	—	Número efectivo de especies muy abundantes

Fuente: índices calculados sobre los registros del levantamiento. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Shannon-Wiener alcanza **1.04 sobre un máximo de 1.10** y la equidad de Pielou resultante es **0.94**; la diversidad de Simpson es 0.63 y Berger-Parker 0.45. Los números de Hill sitúan en 2.82 las especies efectivamente abundantes y en 2.69 las muy abundantes, sobre 3 registradas. Con una riqueza de esta magnitud, los índices se declaran de lectura limitada: el máximo teórico de Shannon es bajo por construcción y cualquier desviación de la equidad perfecta produce valores reducidos que no describen una propiedad ecológica del grupo.

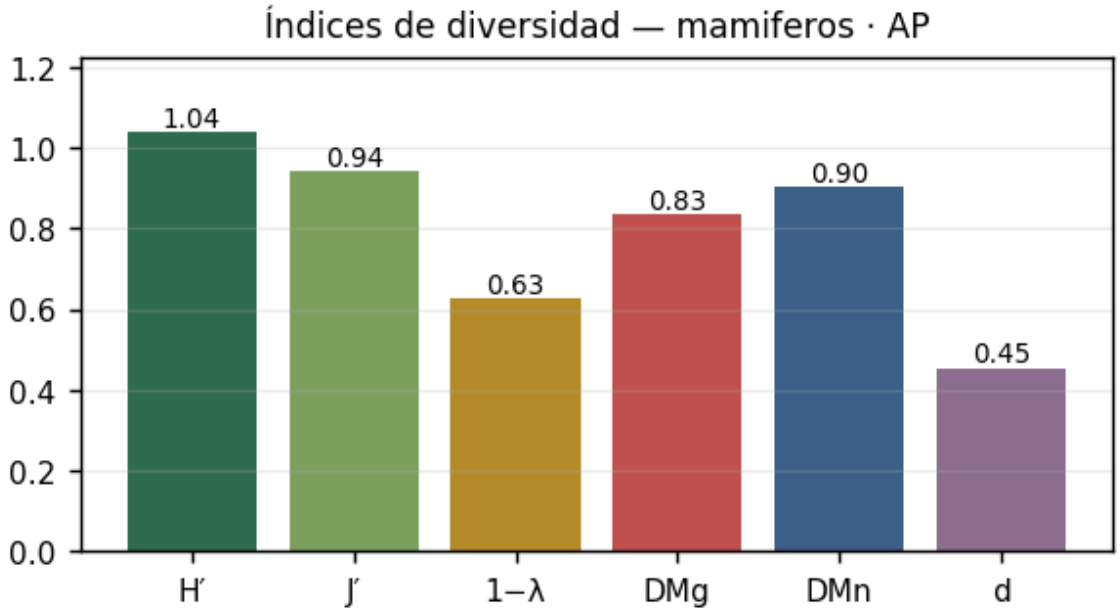


Figura 103. Índices principales de mamíferos en el Área del Proyecto: H' = 1.04, J' = 0.94, 1−λ = 0.63, DMg = 0.83, DMn = 0.90 y d = 0.45. Fuente: levantamiento de fauna del estudio.

Puestos en una sola vista, los índices del grupo apuntan en direcciones opuestas: la equidad de Pielou es alta, 0.94, pero el índice de Berger-Parker alcanza 0.45 y la propia tabla lo clasifica como dominancia alta, porque el ardillón de roca (*Otospermophilus variegatus*) reúne cerca de la mitad de los individuos. La contradicción aparente es el efecto de una riqueza de tres especies sobre índices diseñados para comunidades mayores, y es la razón por la que la lectura de este grupo se apoya en la abundancia observada y no en la batería.

El valor de importancia de fauna suma densidad relativa y frecuencia relativa, sin componente de dominancia, y su rango es de 0 a 200 puntos.

Tabla 141. Valor de importancia de los mamíferos del Área del Proyecto.

Grupo	Especie	Abundancia relativa, DR (%)	Frecuencia de registro, FR (%)	VIF	Jerarquía ecológica
Mamíferos	*Otospermophilus variegatus*	45.45	45.45	90.91	Dominante estructural
Mamíferos	*Procyon lotor*	36.36	36.36	72.73	Dominante estructural
Mamíferos	*Odocoileus virginianus*	18.18	18.18	36.36	Dominante estructural

Fuente: valor de importancia de fauna. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

El primer lugar corresponde a *Otospermophilus variegatus* con **90.91 puntos** —45.45 % de densidad relativa y 45.45 % de frecuencia—, seguida de *Procyon lotor* con 72.73 puntos y de *Odocoileus virginianus* con 36.36 puntos. La diferencia entre una especie abundante y una importante está en la frecuencia: un taxón registrado muchas veces en una sola unidad de muestreo pesa menos que otro repartido por todas, porque el segundo usa el hábitat de forma más extendida.

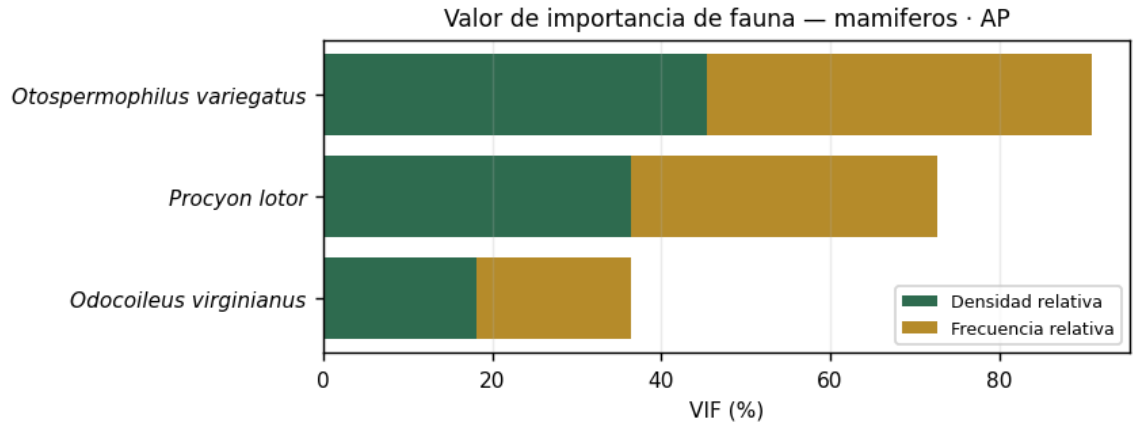


Figura 104. Valor de importancia de fauna por especie de mamíferos en el Área del Proyecto, descompuesto en densidad y frecuencia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de fauna del estudio.

Con tres especies, las barras del grupo reparten los 200 puntos del índice en un intervalo muy amplio, de 90.91 a 36.36. La figura no describe una jerarquía comunitaria sino el peso relativo de tres registros, y así debe leerse: el ardillón de roca (*Otospermophilus variegatus*) encabeza por abundancia y por frecuencia a la vez, con 45.45 % en ambos componentes. Ninguna especie de este grupo tiene categoría declarada en la caracterización de campo; el estatus normativo verificado contra el Anexo Normativo III se reporta en el apartado III.4.

Reptiles — Área del Proyecto

El levantamiento registró **4 especies de reptiles y 17 individuos** en el Área del Proyecto. Su inventario se publica completo —una fila por cada especie del grupo— con la abundancia absoluta y relativa, la clase de abundancia y los atributos ecológicos declarados en la caracterización de campo.

Tabla 142. Abundancia por especie de los reptiles del Área del Proyecto.

Grupo	Especie	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Observaciones ecológicas
Reptiles	*Sceloporus clarkii*	Lagartija espinosa de Clark	6	35.29	Dominante	Insectívora; Control de plagas
Reptiles	*Aspidoscelis costatus*	Huico llanero	4	23.53	Dominante	Insectívora; Control de plagas
Reptiles	*Ctenosaura pectinata*	Iguana negra (garrobo)	4	23.53	Dominante	Herbívora; Dispersión de semillas
Reptiles	*Urosaurus bicarinatus*	Lagartija de árbol bicarinada	3	17.65	Abundante	Insectívora; Control de plagas

Fuente: levantamiento de fauna del estudio, temporada seca. Anexo de campo del estudio.

La especie con más registros es *Sceloporus clarkii*, con 6 individuos y 35.29 % del grupo —clase dominante—, seguida de *Aspidoscelis costatus* con 4 individuos y 23.53 % y de *Ctenosaura pectinata* con 4 individuos y 23.53 %. Con 17 individuos repartidos entre 4 especies, el promedio es de 4.25 registros por especie, cifra que conviene tener presente al leer los índices: en un muestreo de esa magnitud, las diferencias de abundancia entre especies se resuelven con poca resolución.

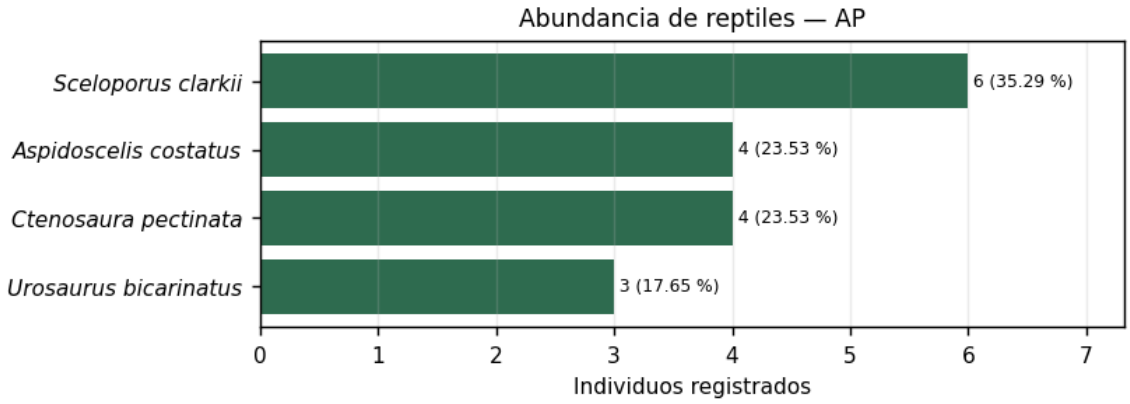


Figura 105. Abundancia absoluta y relativa de las especies de reptiles en el Área del Proyecto. Fuente: levantamiento de fauna del estudio, temporada seca.

La gráfica muestra un perfil con una especie claramente destacada sobre las demás, que es exactamente lo que después cuantifica el índice de Berger-Parker con 0.35. Las especies con un solo registro o dos representan la cola de la distribución y son las que determinan el comportamiento de los estimadores de riqueza del apartado III.3.2.

La batería alfa completa del grupo en el Área del Proyecto es la siguiente.

Tabla 143. Índices de diversidad de los reptiles del Área del Proyecto.

Grupo	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Reptiles	Riqueza específica, S	4	—	Número de especies con densidad positiva en la unidad
Reptiles	Abundancia total, N	17.00	—	Individuos registrados
Reptiles	Margalef, DMg	1.06	Baja	Riqueza corregida por el tamaño de la muestra
Reptiles	Menhinick, DMn	0.97	—	Riqueza por unidad de raíz de la abundancia
Reptiles	Shannon-Wiener, H′	1.35	Baja	Incertidumbre media al predecir la especie de un individuo tomado al azar
Reptiles	H′ máximo	1.39	—	Valor que alcanzaría H′ si todas las especies fueran igual de abundantes
Reptiles	Varianza de H′	0.00896	—	Precisión de H′; base del contraste de Hutcheson
Reptiles	Pielou, J′	0.98	Alta equidad	Proporción de la diversidad máxima efectivamente alcanzada
Reptiles	Simpson, λ	0.27	—	Probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie
Reptiles	Diversidad de Simpson, 1−λ	0.73	Media	Complemento de la dominancia
Reptiles	Berger-Parker, d	0.35	Dominancia moderada	Peso de la especie más abundante
Reptiles	McIntosh, U	8.77	—	Distancia euclidiana de la comunidad en el espacio de especies
Reptiles	McIntosh, D	0.64	—	Equidad derivada de U
Reptiles	Brillouin, HB	1.10	—	Diversidad de una colección

Grupo	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
				completamente censada
Reptiles	Hill N_0	4.00	—	Riqueza; especies de cualquier abundancia
Reptiles	Hill N_1	3.88	—	Número efectivo de especies abundantes
Reptiles	Hill N_2	3.75	—	Número efectivo de especies muy abundantes

Fuente: índices calculados sobre los registros del levantamiento. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Shannon-Wiener alcanza **1.35 sobre un máximo de 1.39** y la equidad de Pielou resultante es **0.98**; la diversidad de Simpson es 0.73 y Berger-Parker 0.35. Los números de Hill sitúan en 3.88 las especies efectivamente abundantes y en 3.75 las muy abundantes, sobre 4 registradas. Con una riqueza de esta magnitud, los índices se declaran de lectura limitada: el máximo teórico de Shannon es bajo por construcción y cualquier desviación de la equidad perfecta produce valores reducidos que no describen una propiedad ecológica del grupo.

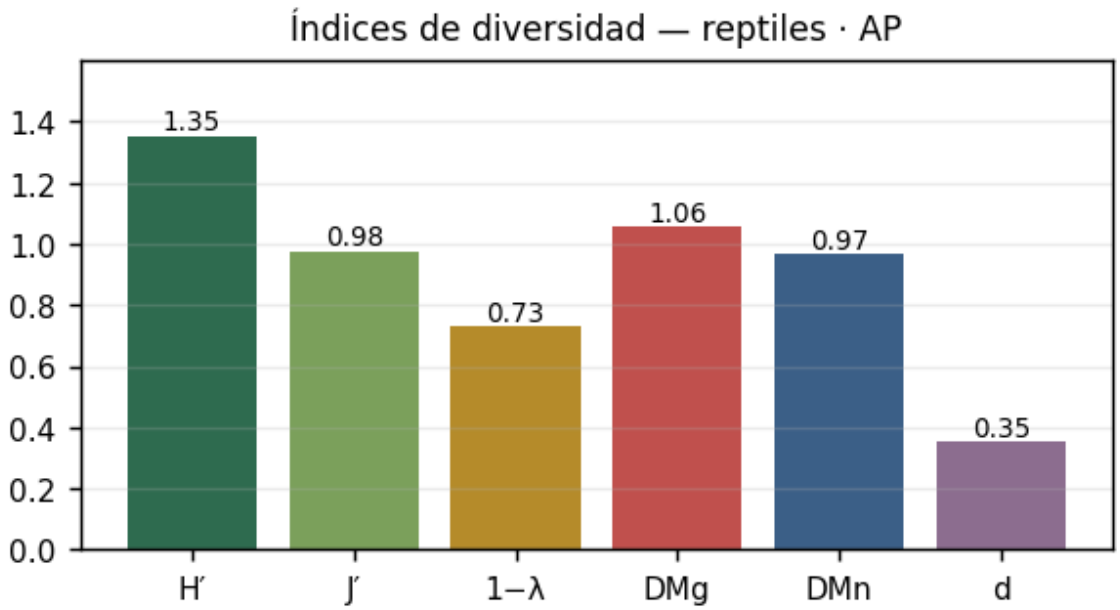


Figura 106. Índices principales de reptiles en el Área del Proyecto: H' = 1.35, J' = 0.98, 1−λ = 0.73, DMg = 1.06, DMn = 0.97 y d = 0.35. Fuente: levantamiento de fauna del estudio.

En reptiles los índices sí son coherentes entre sí: la equidad de Pielou de 0.98 y el índice de Berger-Parker de 0.35 —dominancia moderada según la propia tabla— describen cuatro especies con pesos semejantes: la más abundante, la lagartija espinosa de Clark (*Sceloporus clarkii*), reúne 0.35 de los individuos frente al 0.25 que le correspondería en un reparto perfecto. Es, junto con las aves, el ensamble mejor repartido del

predio, y esa uniformidad significa que la afectación no recae sobre una especie sobrerrepresentada sino sobre el conjunto del grupo.

El valor de importancia de fauna suma densidad relativa y frecuencia relativa, sin componente de dominancia, y su rango es de 0 a 200 puntos.

Tabla 144. Valor de importancia de los reptiles del Área del Proyecto.

Grupo	Especie	Abundancia relativa, DR (%)	Frecuencia de registro, FR (%)	VIF	Jerarquía ecológica
Reptiles	*Sceloporus clarkii*	35.29	35.29	70.59	Dominante estructural
Reptiles	*Aspidoscelis costatus*	23.53	23.53	47.06	Dominante estructural
Reptiles	*Ctenosaura pectinata*	23.53	23.53	47.06	Dominante estructural
Reptiles	*Urosaurus bicarinatus*	17.65	17.65	35.29	Dominante estructural

Fuente: valor de importancia de fauna. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

El primer lugar corresponde a *Sceloporus clarkii* con **70.59 puntos** —35.29 % de densidad relativa y 35.29 % de frecuencia—, seguida de *Aspidoscelis costatus* con 47.06 puntos y de *Ctenosaura pectinata* con 47.06 puntos. La diferencia entre una especie abundante y una importante está en la frecuencia: un taxón registrado muchas veces en una sola unidad de muestreo pesa menos que otro repartido por todas, porque el segundo usa el hábitat de forma más extendida.

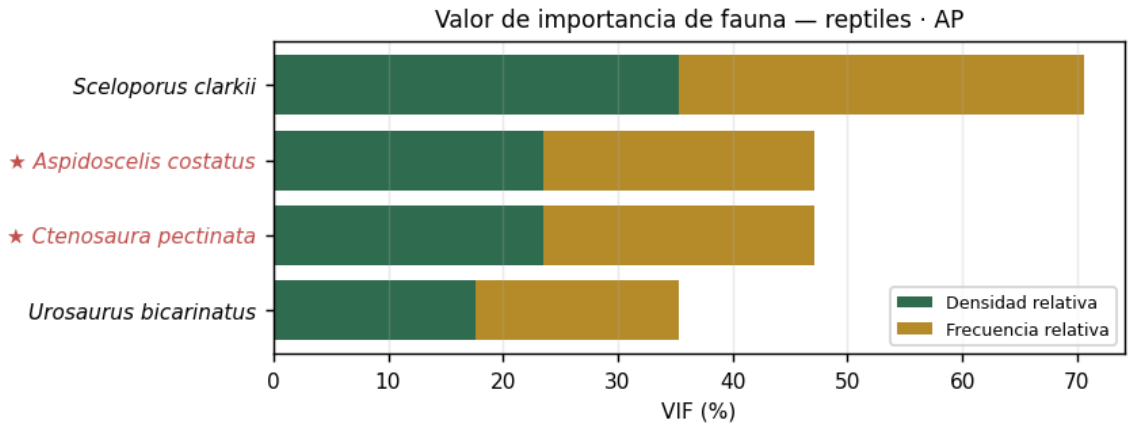


Figura 107. Valor de importancia de fauna por especie de reptiles en el Área del Proyecto, descompuesto en densidad y frecuencia relativas. Las especies incluidas en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se marcan con estrella roja. Fuente: levantamiento de fauna del estudio.

En reptiles las cuatro barras se ordenan entre 70.59 y 35.29 puntos, un intervalo estrecho que corresponde a la equidad de 0.98 del grupo: ninguna de las cuatro especies concentra la representación del ensamble, y el rescate debe dimensionarse para las cuatro por igual y no sólo para la más conspicua. La caracterización de campo señala 2 especies de este grupo con categoría declarada; el estatus normativo verificado contra el Anexo Normativo III se reporta en el apartado III.4.

III.5.6 Fauna del Área de Influencia

Aves — Área de Influencia

El levantamiento registró **37 especies de aves y 147 individuos** en el Área de Influencia. Su inventario se publica completo —una fila por cada especie del grupo— con la abundancia absoluta y relativa, la clase de abundancia y los atributos ecológicos declarados en la caracterización de campo.

Tabla 145. Abundancia por especie de las aves del Área de Influencia.

Grupo	Especie	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Observaciones ecológicas
Aves	*Calocitta colliei*	Urraca hermosa (urraca copetona del Pacífico)	14	9.52	Común	Omnívora; Dispersión de semillas
Aves	*Columbina inca*	Tortolita colilarga	13	8.84	Común	Granívora; Dispersión de semillas
Aves	*Zenaida asiatica*	Paloma alas blancas	10	6.80	Común	Granívora; Dispersión de semillas
Aves	*Icterus pustulatus*	Calandria dorso rayado	7	4.76	Escasa	Omnívora; Polinización
Aves	*Coragyps atratus*	Zopilote común	6	4.08	Escasa	Carnívora; Trófica
Aves	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	6	4.08	Escasa	Granívora; Dispersión de semillas
Aves	*Tyrannus melancholicus*	Tirano tropical	5	3.40	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Columbina talpacoti*	Tortolita rojiza	5	3.40	Escasa	Granívora; Dispersión de semillas
Aves	*Cynanthus latirostris*	Colibrí pico ancho	5	3.40	Escasa	Nectarívora; Polinización
Aves	*Amazilia rutila*	Colibrí canela	5	3.40	Escasa	Nectarívora; Polinización
Aves	*Coccyzus minor*	Cuclillo manglero	5	3.40	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Passer domesticus*	Gorrión doméstico	4	2.72	Escasa	Granívora; No relevante

Grupo	Especie	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Observaciones ecológicas
		(especie introducida)				(especie introducida)
Aves	*Aratinga canicularis*	Perico frente naranja	4	2.72	Escasa	Frugívora; Dispersión de semillas
Aves	*Saltator grandis*	Saltador gris mesoamericano	4	2.72	Escasa	Granívora-Frugívora; Dispersión de semillas
Aves	*Patagioenas flavirostris*	Paloma morada	4	2.72	Escasa	Granívora-Frugívora; Dispersión de semillas
Aves	*Haemorhous mexicanus*	Camachuelo mexicano	4	2.72	Escasa	Granívora; Dispersión de semillas
Aves	*Polioptila nigriceps*	Perlita sinaloense	4	2.72	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Pitangus sulphuratus*	Bienteveo Común	3	2.04	Escasa	Omnívora (insectos, frutos, pequeños vertebrados); Control de plagas
Aves	*Piaya cayana*	Cuclillo Canelo	3	2.04	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Heliomaster constantii*	Colibrí Picudo Occidental	3	2.04	Escasa	Nectarívora; Polinización
Aves	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	3	2.04	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Camptostoma imberbe*	Mosquerito lampiño	3	2.04	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Columbina passerina*	Tortolita coquita	3	2.04	Escasa	Granívora; Dispersión de semillas

Grupo	Especie	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Observaciones ecológicas
Aves	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	3	2.04	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Myiozetetes similis*	Luis gregario	3	2.04	Escasa	Insectívora-Frugívora; Control de plagas / dispersión de semillas
Aves	*Zenaida macroura*	Huilota Común	2	1.36	Escasa	Granívora; Dispersión de semillas
Aves	*Amazona finschi*	Loro corona lila	2	1.36	Escasa	Frugívora; Dispersión de semillas
Aves	*Actitis macularius*	Playero alzacolita	2	1.36	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Campephilus guatemalensis*	Carpintero pico plata	2	1.36	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Corvus sinaloae*	Cuervo sinaloense	2	1.36	Escasa	Omnívora; Dispersión de semillas
Aves	*Melanerpes uropygialis*	Carpintero del desierto	2	1.36	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Buteo nitidus*	Aguililla gris	1	0.68	Escasa	Carnívora; Trófica
Aves	*Cacicus melanicterus*	Cacique mexicano	1	0.68	Escasa	Omnívora; Dispersión de semillas
Aves	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	1	0.68	Escasa	Carnívora; Trófica
Aves	*Momotus mexicanus*	Momoto mexicano (pájaro reloj)	1	0.68	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Ortalis wagleri*	Chachalaca de Wagler	1	0.68	Escasa	Frugívora; Dispersión de semillas

Grupo	Especie	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Observaciones ecológicas
Aves	*Pheucticus chrysopeplus*	Picogordo amarillo	1	0.68	Escasa	Omnívora (semillas, frutos, insectos); Dispersión de semillas

Fuente: levantamiento de fauna del estudio, temporada seca. Anexo de campo del estudio.

La especie con más registros es *Calocitta colliei*, con 14 individuos y 9.52 % del grupo —clase común—, seguida de *Columbina inca* con 13 individuos y 8.84 % y de *Zenaida asiatica* con 10 individuos y 6.80 %. Con 147 individuos repartidos entre 37 especies, el promedio es de 3.97 registros por especie.

La gráfica —cuando exista— debería mostrar un perfil sin especie destacada, del mismo orden que el del Área del Proyecto: el índice de Berger-Parker es 0.10, apenas superior al 0.07 del predio.

La batería alfa completa del grupo en el Área de Influencia es la siguiente.

Tabla 146. Índices de diversidad de las aves del Área de Influencia.

Grupo	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Aves	Riqueza específica, S	37	—	Número de especies con densidad positiva en la unidad
Aves	Abundancia total, N	147.00	—	Individuos registrados
Aves	Margalef, DMg	7.21	Alta	Riqueza corregida por el tamaño de la muestra
Aves	Menhinick, DMn	3.05	—	Riqueza por unidad de raíz de la abundancia
Aves	Shannon-Wiener, H′	3.38	Alta	Incertidumbre media al predecir la especie de un individuo tomado al azar
Aves	H′ máximo	3.61	—	Valor que alcanzaría H′ si todas las especies fueran igual de abundantes
Aves	Varianza de H′	0.00400	—	Precisión de H′; base del contraste de Hutcheson
Aves	Pielou, J′	0.94	Alta equidad	Proporción de la diversidad máxima efectivamente alcanzada

Grupo	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Aves	Simpson, λ	0.04	—	Probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie
Aves	Diversidad de Simpson, 1−λ	0.96	Alta	Complemento de la dominancia
Aves	Berger-Parker, d	0.10	Dominancia moderada	Peso de la especie más abundante
Aves	McIntosh, U	30.15	—	Distancia euclidiana de la comunidad en el espacio de especies
Aves	McIntosh, D	0.87	—	Equidad derivada de U
Aves	Brillouin, HB	3.02	—	Diversidad de una colección completamente censada
Aves	Hill N_0	37.00	—	Riqueza; especies de cualquier abundancia
Aves	Hill N_1	29.39	—	Número efectivo de especies abundantes
Aves	Hill N_2	23.77	—	Número efectivo de especies muy abundantes

Fuente: índices calculados sobre los registros del levantamiento. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Shannon-Wiener alcanza **3.38 sobre un máximo de 3.61** y la equidad de Pielou resultante es **0.94**; la diversidad de Simpson es 0.96 y Berger-Parker 0.10. Los números de Hill sitúan en 29.39 las especies efectivamente abundantes y en 23.77 las muy abundantes, sobre 37 registradas.

El Área de Influencia registra ocho aves más que el Área del Proyecto (37 frente a 29) y doce individuos más (147 frente a 135), con una equidad apenas menor —0.94 frente a 0.98— y una dominancia apenas mayor —0.10 frente a 0.07—: la comunidad del Área de Influencia es más rica pero levemente menos uniforme, coherente con una franja que combina el borde del predio con rodales de mayor continuidad. Entre las especies del Área de Influencia figuran dos —el loro corona lila (*Amazona finschi*) y el carpintero pico plata (*Campephilus guatemalensis*)— con categoría en el Anexo Normativo III; el apartado III.4 reporta su determinación normativa completa.

El valor de importancia de fauna suma densidad relativa y frecuencia relativa, sin componente de dominancia, y su rango es de 0 a 200 puntos.

Tabla 147. Valor de importancia de las aves del Área de Influencia.

Grupo	Especie	Abundancia relativa, DR (%)	Frecuencia de registro, FR (%)	VIF	Jerarquía ecológica
Aves	*Calocitta colliei*	9.52	3.90	13.42	Codominante
Aves	*Columbina inca*	8.84	3.90	12.74	Codominante
Aves	*Zenaida asiatica*	6.80	2.60	9.40	Codominante
Aves	*Cardinalis cardinalis*	4.08	3.90	7.98	Acompañante
Aves	*Icterus pustulatus*	4.76	2.60	7.36	Acompañante
Aves	*Amazilia rutila*	3.40	3.90	7.30	Acompañante
Aves	*Cynanthus latirostris*	3.40	3.90	7.30	Acompañante
Aves	*Tyrannus melancholicus*	3.40	3.90	7.30	Acompañante
Aves	*Coccyzus minor*	3.40	3.90	7.30	Acompañante
Aves	*Coragyps atratus*	4.08	2.60	6.68	Acompañante
Aves	*Passer domesticus*	2.72	3.90	6.62	Acompañante
Aves	*Saltator grandis*	2.72	3.90	6.62	Acompañante
Aves	*Aratinga canicularis*	2.72	3.90	6.62	Acompañante
Aves	*Haemorhous mexicanus*	2.72	3.90	6.62	Acompañante
Aves	*Patagioenas flavirostris*	2.72	3.90	6.62	Acompañante
Aves	*Polioptila nigriceps*	2.72	3.90	6.62	Acompañante
Aves	*Columbina talpacoti*	3.40	2.60	6.00	Acompañante
Aves	*Piaya cayana*	2.04	3.90	5.94	Acompañante
Aves	*Pitangus sulphuratus*	2.04	2.60	4.64	Acompañante
Aves	*Heliomaster constantii*	2.04	2.60	4.64	Acompañante
Aves	*Myiozetetes similis*	2.04	2.60	4.64	Acompañante
Aves	*Camptostoma imberbe*	2.04	2.60	4.64	Acompañante
Aves	*Dryobates scalaris*	2.04	2.60	4.64	Acompañante
Aves	*Crotophaga sulcirostris*	2.04	2.60	4.64	Acompañante

Grupo	Especie	Abundancia relativa, DR (%)	Frecuencia de registro, FR (%)	VIF	Jerarquía ecológica
Aves	*Amazona finschi*	1.36	2.60	3.96	Acompañante
Aves	*Corvus sinaloae*	1.36	2.60	3.96	Acompañante
Aves	*Columbina passerina*	2.04	1.30	3.34	Acompañante
Aves	*Zenaida macroura*	1.36	1.30	2.66	Ocasional
Aves	*Actitis macularius*	1.36	1.30	2.66	Ocasional
Aves	*Campephilus guatemalensis*	1.36	1.30	2.66	Ocasional
Aves	*Melanerpes uropygialis*	1.36	1.30	2.66	Ocasional
Aves	*Buteo nitidus*	0.68	1.30	1.98	Ocasional
Aves	*Cacicus melanicterus*	0.68	1.30	1.98	Ocasional
Aves	*Glaucidium brasilianum*	0.68	1.30	1.98	Ocasional
Aves	*Momotus mexicanus*	0.68	1.30	1.98	Ocasional
Aves	*Ortalis wagleri*	0.68	1.30	1.98	Ocasional
Aves	*Pheucticus chrysopeplus*	0.68	1.30	1.98	Ocasional

Fuente: valor de importancia de fauna. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

El primer lugar corresponde a *Calocitta colliei* con **13.42 puntos** —9.52 % de densidad relativa y 3.90 % de frecuencia—, seguida de *Columbina inca* con 12.74 puntos y de *Zenaida asiatica* con 9.40 puntos.

La jerarquía ecológica de este cuadro sigue la misma convención de rango relativo al VIF medio del grupo (200/S) que ya aplican los cuadros del Área del Proyecto y la Región Ecológica —codominante por encima de 1.5 veces la media, ocasional por debajo de 0.5 veces—, no un umbral que el motor emita: es un criterio de redacción, no una cifra núcleo, y se marca así para que quede trazado. Dos especies de este grupo tienen categoría declarada en el Anexo Normativo III —el loro corona lila (*Amazona finschi*) y el carpintero pico plata (*Campephilus guatemalensis*)—; el estatus normativo verificado se reporta en el apartado III.4.

Mamíferos — Área de Influencia

El levantamiento registró **6 especies de mamíferos y 20 individuos** en el Área de Influencia. Su inventario se publica completo —una fila por cada especie del grupo— con la abundancia absoluta y relativa, la clase de abundancia y los atributos ecológicos declarados en la caracterización de campo.

Tabla 148. Abundancia por especie de los mamíferos del Área de Influencia.

Grupo	Especie	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Observaciones ecológicas
Mamíferos	*Otospermophilus variegatus*	Ardillón de roca	6	30.00	Dominante	Granívora; Dispersión de semillas
Mamíferos	*Lepus alleni*	Liebre antílope	4	20.00	Abundante	Herbívora; Trófica
Mamíferos	*Odocoileus virginianus*	Venado cola blanca	4	20.00	Abundante	Herbívora; Trófica / dispersión de semillas
Mamíferos	*Procyon lotor*	Mapache	3	15.00	Abundante	Omnívora; Trófica
Mamíferos	*Lynx rufus*	Gato montés	2	10.00	Abundante	Carnívora; Trófica
Mamíferos	*Canis latrans*	Coyote	1	5.00	Común	Omnívora; Trófica

Fuente: levantamiento de fauna del estudio, temporada seca. Anexo de campo del estudio.

La especie con más registros es *Otospermophilus variegatus*, con 6 individuos y 30.00 % del grupo —clase dominante—, seguida de *Lepus alleni* y *Odocoileus virginianus*, ambas con 4 individuos y 20.00 %. Con 20 individuos repartidos entre 6 especies, el promedio es de 3.33 registros por especie.

La batería alfa completa del grupo en el Área de Influencia es la siguiente.

Tabla 149. Índices de diversidad de los mamíferos del Área de Influencia.

Grupo	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Mamíferos	Riqueza específica, S	6	—	Número de especies con densidad positiva en la unidad
Mamíferos	Abundancia total, N	20.00	—	Individuos registrados
Mamíferos	Margalef, DMg	1.67	Baja	Riqueza corregida por el tamaño de la muestra
Mamíferos	Menhinick, DMn	1.34	—	Riqueza por unidad de raíz de la abundancia
Mamíferos	Shannon-Wiener, H′	1.67	Baja	Incertidumbre media al predecir la especie de un individuo tomado al azar
Mamíferos	H′ máximo	1.79	—	Valor que alcanzaría H′ si todas las especies

Grupo	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
				fueran igual de abundantes
Mamíferos	Varianza de H′	0.02000	—	Precisión de H′; base del contraste de Hutcheson
Mamíferos	Pielou, J′	0.93	Alta equidad	Proporción de la diversidad máxima efectivamente alcanzada
Mamíferos	Simpson, λ	0.21	—	Probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie
Mamíferos	Diversidad de Simpson, 1−λ	0.79	Media	Complemento de la dominancia
Mamíferos	Berger-Parker, d	0.30	Dominancia moderada	Peso de la especie más abundante
Mamíferos	McIntosh, U	9.06	—	Distancia euclidiana de la comunidad en el espacio de especies
Mamíferos	McIntosh, D	0.70	—	Equidad derivada de U
Mamíferos	Brillouin, HB	1.35	—	Diversidad de una colección completamente censada
Mamíferos	Hill N_0	6.00	—	Riqueza; especies de cualquier abundancia
Mamíferos	Hill N_1	5.31	—	Número efectivo de especies abundantes
Mamíferos	Hill N_2	4.88	—	Número efectivo de especies muy abundantes

Fuente: índices calculados sobre los registros del levantamiento. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Shannon-Wiener alcanza **1.67 sobre un máximo de 1.79** y la equidad de Pielou resultante es **0.93**; la diversidad de Simpson es 0.79 y Berger-Parker 0.30. Los números de Hill sitúan en 5.31 las especies efectivamente abundantes y en 4.88 las muy abundantes, sobre 6 registradas.

El Área de Influencia duplica la riqueza de mamíferos del predio —6 especies frente a 3— y casi duplica su abundancia —20 individuos frente a 11—, con la incorporación de tres carnívoros y herbívoros de mayor requerimiento de espacio: el coyote (*Canis latrans*), el gato montés (*Lynx rufus*) y la liebre antílope (*Lepus*

alleni), ninguno de los cuales se registró en el predio. El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), que sí está en el predio, alcanza aquí su mayor abundancia relativa después del ardillón de roca. Ninguna especie de este grupo tiene categoría declarada en el Anexo Normativo III.

El valor de importancia de fauna suma densidad relativa y frecuencia relativa, sin componente de dominancia, y su rango es de 0 a 200 puntos.

Tabla 150. Valor de importancia de los mamíferos del Área de Influencia.

Grupo	Especie	Abundancia relativa, DR (%)	Frecuencia de registro, FR (%)	VIF	Jerarquía ecológica
Mamíferos	*Otospermophilus variegatus*	30.00	20.00	50.00	Acompañante
Mamíferos	*Lepus alleni*	20.00	20.00	40.00	Acompañante
Mamíferos	*Odocoileus virginianus*	20.00	20.00	40.00	Acompañante
Mamíferos	*Procyon lotor*	15.00	20.00	35.00	Acompañante
Mamíferos	*Lynx rufus*	10.00	13.33	23.33	Acompañante
Mamíferos	*Canis latrans*	5.00	6.67	11.67	Ocasional

Fuente: valor de importancia de fauna. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

El primer lugar corresponde a *Otospermophilus variegatus* con **50.00 puntos** —30.00 % de densidad relativa y 20.00 % de frecuencia—, seguida de *Lepus alleni* y *Odocoileus virginianus*, ambas con 40.00 puntos.

Con seis especies el reparto ya no admite la etiqueta «dominante estructural» que usan los cuadros de tres o cuatro especies del predio: aplicando la misma convención de rango relativo al VIF medio, cinco especies quedan en «Acompañante» y sólo el coyote, el registro más escaso, en «Ocasional». Ninguna especie concentra el ensamble. Ninguna especie de este grupo tiene categoría declarada en el Anexo Normativo III.

Reptiles — Área de Influencia

El levantamiento registró **11 especies de reptiles y 28 individuos** en el Área de Influencia. Su inventario se publica completo —una fila por cada especie del grupo— con la abundancia absoluta y relativa, la clase de abundancia y los atributos ecológicos declarados en la caracterización de campo.

Tabla 151. Abundancia por especie de los reptiles del Área de Influencia.

Grupo	Especie	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Observaciones ecológicas
Reptiles	*Iguana iguana*	Iguana verde	5	17.86	Abundante	Herbívora; Dispersión de semillas
Reptiles	*Sceloporus clarkii*	Lagartija espinosa de Clark	4	14.29	Abundante	Insectívora; Control de plagas
Reptiles	*Anolis nebulosus*	Anolis nublado	3	10.71	Abundante	Insectívora; Control de plagas

Grupo	Especie	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Observaciones ecológicas
Reptiles	*Urosaurus bicarinatus*	Lagartija de árbol bicarinada	3	10.71	Abundante	Insectívora; Control de plagas
Reptiles	*Aspidoscelis costatus*	Huico llanero	3	10.71	Abundante	Insectívora; Control de plagas
Reptiles	*Ctenosaura pectinata*	Iguana negra (garrobo)	3	10.71	Abundante	Herbívora; Dispersión de semillas
Reptiles	*Coleonyx variegatus*	Geco bandeado del oeste	2	7.14	Común	Insectívora; Control de plagas
Reptiles	*Hemidactylus frenatus*	Geco casero (especie introducida)	2	7.14	Común	Insectívora; Control de plagas
Reptiles	*Drymarchon melanurus*	Culebra chirriadora colinegra	1	3.57	Escasa	Carnívora; Trófica
Reptiles	*Kinosternon integrum*	Tortuga casquito mexicana	1	3.57	Escasa	Omnívora; Trófica
Reptiles	*Trachemys ornata*	Jicotea del Pacífico	1	3.57	Escasa	Omnívora; Trófica

Fuente: levantamiento de fauna del estudio, temporada seca. Anexo de campo del estudio.

La especie con más registros es *Iguana iguana*, con 5 individuos y 17.86 % del grupo —clase abundante—, seguida de *Sceloporus clarkii* con 4 individuos y 14.29 %. Con 28 individuos repartidos entre 11 especies, el promedio es de 2.55 registros por especie.

La batería alfa completa del grupo en el Área de Influencia es la siguiente.

Tabla 152. Índices de diversidad de los reptiles del Área de Influencia.

Grupo	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Reptiles	Riqueza específica, S	11	—	Número de especies con densidad positiva en la unidad
Reptiles	Abundancia total, N	28.00	—	Individuos registrados
Reptiles	Margalef, DMg	3.00	Media	Riqueza corregida por el tamaño de la muestra
Reptiles	Menhinick, DMn	2.08	—	Riqueza por unidad de raíz de la abundancia

Grupo	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Reptiles	Shannon-Wiener, H′	2.28	Media	Incertidumbre media al predecir la especie de un individuo tomado al azar
Reptiles	H′ máximo	2.40	—	Valor que alcanzaría H′ si todas las especies fueran igual de abundantes
Reptiles	Varianza de H′	0.01000	—	Precisión de H′; base del contraste de Hutcheson
Reptiles	Pielou, J′	0.95	Alta equidad	Proporción de la diversidad máxima efectivamente alcanzada
Reptiles	Simpson, λ	0.11	—	Probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie
Reptiles	Diversidad de Simpson, 1−λ	0.89	Alta	Complemento de la dominancia
Reptiles	Berger-Parker, d	0.18	Dominancia moderada	Peso de la especie más abundante
Reptiles	McIntosh, U	9.38	—	Distancia euclidiana de la comunidad en el espacio de especies
Reptiles	McIntosh, D	0.82	—	Equidad derivada de U
Reptiles	Brillouin, HB	1.83	—	Diversidad de una colección completamente censada
Reptiles	Hill N_0	11.00	—	Riqueza; especies de cualquier abundancia
Reptiles	Hill N_1	9.75	—	Número efectivo de especies abundantes
Reptiles	Hill N_2	8.91	—	Número efectivo de especies muy abundantes

Fuente: índices calculados sobre los registros del levantamiento. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Shannon-Wiener alcanza **2.28 sobre un máximo de 2.40** y la equidad de Pielou resultante es **0.95**; la diversidad de Simpson es 0.89 y Berger-Parker 0.18. Los números de Hill sitúan en 9.75 las especies efectivamente abundantes y en 8.91 las muy abundantes, sobre 11 registradas.

El Área de Influencia casi triplica la riqueza de reptiles del predio —11 especies frente a 4— con una equidad igualmente alta, 0.95 frente a 0.98: el ensamble crece sin concentrarse en pocas especies. De las cuatro especies con categoría normativa del predio —el geco bandeado del oeste, la iguana verde, la tortuga casquito mexicana y la iguana negra—, las cuatro se registran también en el Área de Influencia; el apartado III.4 detalla su determinación.

El valor de importancia de fauna suma densidad relativa y frecuencia relativa, sin componente de dominancia, y su rango es de 0 a 200 puntos.

Tabla 153. Valor de importancia de los reptiles del Área de Influencia.

Grupo	Especie	Abundancia relativa, DR (%)	Frecuencia de registro, FR (%)	VIF	Jerarquía ecológica
Reptiles	*Iguana iguana*	17.86	15.00	32.86	Codominante
Reptiles	*Sceloporus clarkii*	14.29	15.00	29.29	Codominante
Reptiles	*Anolis nebulosus*	10.71	10.00	20.71	Acompañante
Reptiles	*Urosaurus bicarinatus*	10.71	10.00	20.71	Acompañante
Reptiles	*Aspidoscelis costatus*	10.71	10.00	20.71	Acompañante
Reptiles	*Ctenosaura pectinata*	10.71	10.00	20.71	Acompañante
Reptiles	*Hemidactylus frenatus*	7.14	10.00	17.14	Acompañante
Reptiles	*Coleonyx variegatus*	7.14	5.00	12.14	Acompañante
Reptiles	*Drymarchon melanurus*	3.57	5.00	8.57	Ocasional
Reptiles	*Kinosternon integrum*	3.57	5.00	8.57	Ocasional
Reptiles	*Trachemys ornata*	3.57	5.00	8.57	Ocasional

Fuente: valor de importancia de fauna. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

El primer lugar corresponde a *Iguana iguana* con **32.86 puntos** —17.86 % de densidad relativa y 15.00 % de frecuencia—, seguida de *Sceloporus clarkii* con 29.29 puntos.

Las once especies se ordenan entre 32.86 y 8.57 puntos sin un salto brusco entre posiciones, lo que confirma la equidad de 0.95 del grupo. La caracterización de campo señala 4 especies de este grupo con categoría declarada; el estatus normativo verificado contra el Anexo Normativo III se reporta en el apartado III.4.

III.5.7 Fauna de la Región Ecológica

Aves — Región Ecológica

El levantamiento registró **39 especies de aves y 155 individuos** en la Región Ecológica. Su inventario se publica completo —una fila por cada especie del grupo— con la abundancia absoluta y relativa, la clase de abundancia y los atributos ecológicos declarados en la caracterización de campo.

Tabla 154. Abundancia por especie de las aves de la Región Ecológica.

Grupo	Especie	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Observaciones ecológicas
Aves	*Melanerpes uropygialis*	Carpintero del desierto	11	7.10	Común	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije alas blancas	11	7.10	Común	Herbívora; Dispersión de semillas
Aves	*Zenaida asiatica*	Paloma alas blancas	9	5.81	Común	Granívora; Dispersión de semillas
Aves	*Cyanocorax beecheii*	Chara pinta	8	5.16	Común	Omnívora; Dispersión de semillas
Aves	*Cacicus melanicterus*	Cacique mexicano	8	5.16	Común	Omnívora; Dispersión de semillas
Aves	*Icterus pustulatus*	Calandria dorso rayado	8	5.16	Común	Omnívora; Polinización
Aves	*Forpus cyanopygius*	Perico mexicano (catarina)	8	5.16	Común	Frugívora; Dispersión de semillas
Aves	*Trogon elegans*	Coa elegante	7	4.52	Escasa	Frugívora; Dispersión de semillas
Aves	*Amazona finschi*	Loro corona lila	7	4.52	Escasa	Frugívora; Dispersión de semillas
Aves	*Ortalis wagleri*	Chachalaca de Wagler	7	4.52	Escasa	Frugívora; Dispersión de semillas
Aves	*Columbina passerina*	Tortolita coquita	7	4.52	Escasa	Granívora; Dispersión de semillas

Grupo	Especie	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Observaciones ecológicas
Aves	*Corvus sinaloae*	Cuervo sinaloense	6	3.87	Escasa	Omnívora; Dispersión de semillas
Aves	*Aratinga canicularis*	Perico frente naranja	5	3.23	Escasa	Frugívora; Dispersión de semillas
Aves	*Toxostoma curvirostre*	Cuitlacoche pico curvo	5	3.23	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Calocitta colliei*	Urraca hermosa (urraca copetona del Pacífico)	4	2.58	Escasa	Omnívora; Dispersión de semillas
Aves	*Zenaida macroura*	Huilota Común	4	2.58	Escasa	Granívora; Dispersión de semillas
Aves	*Momotus mexicanus*	Momoto mexicano (pájaro reloj)	3	1.94	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Tyrannus melancholicus*	Tirano tropical	3	1.94	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	3	1.94	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Columbina talpacoti*	Tortolita rojiza	3	1.94	Escasa	Granívora; Dispersión de semillas
Aves	*Pitangus sulphuratus*	Bienteveo Común	2	1.29	Escasa	Omnívora (insectos, frutos, pequeños vertebrados); Control de plagas
Aves	*Actitis macularius*	Playero alzacolita	2	1.29	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Buteo nitidus*	Aguililla gris	2	1.29	Escasa	Carnívora; Trófica

Grupo	Especie	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Observaciones ecológicas
Aves	*Campephilus guatemalensis*	Carpintero pico plata	2	1.29	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Patagioenas flavirostris*	Paloma morada	2	1.29	Escasa	Granívora-Frugívora; Dispersión de semillas
Aves	*Piaya cayana*	Cuclillo Canelo	2	1.29	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Myiarchus nuttingi*	Papamoscas Huí	2	1.29	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Myiozetetes similis*	Luis gregario	2	1.29	Escasa	Insectívora-Frugívora; Control de plagas / dispersión de semillas
Aves	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	2	1.29	Escasa	Carnívora; Trófica
Aves	*Amazilia rutila*	Colibrí canela	1	0.65	Escasa	Nectarívora; Polinización
Aves	*Coragyps atratus*	Zopilote común	1	0.65	Escasa	Carnívora; Trófica
Aves	*Haemorhous mexicanus*	Camachuelo mexicano	1	0.65	Escasa	Granívora; Dispersión de semillas
Aves	*Camptostoma imberbe*	Mosquerito lampiño	1	0.65	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	1	0.65	Escasa	Granívora; Dispersión de semillas
Aves	*Coccyzus minor*	Cuclillo manglero	1	0.65	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Heliomaster constantii*	Colibrí Picudo Occidental	1	0.65	Escasa	Nectarívora; Polinización

Grupo	Especie	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Observaciones ecológicas
Aves	*Pheucticus chrysopeplus*	Picogordo amarillo	1	0.65	Escasa	Omnívora (semillas, frutos, insectos); Dispersión de semillas
Aves	*Polioptila nigriceps*	Perlita sinaloense	1	0.65	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Aves	*Saltator grandis*	Saltador gris mesoamericano	1	0.65	Escasa	Granívora-Frugívora; Dispersión de semillas

Fuente: levantamiento de fauna del estudio, temporada seca. Anexo de campo del estudio.

Las especies con más registros son *Melanerpes uropygialis* y *Dendrocygna autumnalis*, ambas con 11 individuos y 7.10 % del grupo —clase común—, seguidas de *Zenaida asiatica* con 9 individuos y 5.81 %. Con 155 individuos repartidos entre 39 especies, el promedio es de 3.97 registros por especie.

La gráfica —una vez regenerada— debería mostrar un perfil sin especie destacada: el índice de Berger-Parker es 0.07, idéntico al del Área del Proyecto.

La batería alfa completa del grupo en la Región Ecológica es la siguiente.

Tabla 155. Índices de diversidad de las aves de la Región Ecológica.

Grupo	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Aves	Riqueza específica, S	39	—	Número de especies con densidad positiva en la unidad
Aves	Abundancia total, N	155.00	—	Individuos registrados
Aves	Margalef, DMg	7.53	Alta	Riqueza corregida por el tamaño de la muestra
Aves	Menhinick, DMn	3.13	—	Riqueza por unidad de raíz de la abundancia
Aves	Shannon-Wiener, H′	3.38	Alta	Incertidumbre media al predecir la especie de un individuo tomado al azar
Aves	H′ máximo	3.66	—	Valor que alcanzaría H′ si todas las especies fueran igual de abundantes

Grupo	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Aves	Varianza de H′	0.00400	—	Precisión de H′; base del contraste de Hutcheson
Aves	Pielou, J′	0.92	Alta equidad	Proporción de la diversidad máxima efectivamente alcanzada
Aves	Simpson, λ	0.04	—	Probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie
Aves	Diversidad de Simpson, 1−λ	0.96	Alta	Complemento de la dominancia
Aves	Berger-Parker, d	0.07	Dominancia moderada	Peso de la especie más abundante
Aves	McIntosh, U	31.22	—	Distancia euclidiana de la comunidad en el espacio de especies
Aves	McIntosh, D	0.87	—	Equidad derivada de U
Aves	Brillouin, HB	3.03	—	Diversidad de una colección completamente censada
Aves	Hill N_0	39.00	—	Riqueza; especies de cualquier abundancia
Aves	Hill N_1	29.50	—	Número efectivo de especies abundantes
Aves	Hill N_2	24.64	—	Número efectivo de especies muy abundantes

Fuente: índices calculados sobre los registros del levantamiento. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Shannon-Wiener alcanza **3.38 sobre un máximo de 3.66** y la equidad de Pielou resultante es **0.92**; la diversidad de Simpson es 0.96 y Berger-Parker 0.07. Los números de Hill sitúan en 29.50 las especies efectivamente abundantes y en 24.64 las muy abundantes, sobre 39 registradas.

Separada del Área de Influencia, la Región Ecológica sigue siendo la escala más rica en aves —39 especies, diez más que el predio— pero su equidad, 0.92, es la más baja de las tres escalas (0.98 en el Área del Proyecto, 0.94 en el Área de Influencia): el reparto de individuos entre especies es un poco menos uniforme aquí que en las otras dos, aunque la diferencia es pequeña y el índice de Berger-Parker —0.07— sigue describiendo un ensamble sin dominancia real. La Región Ecológica reúne nueve especies con categoría en el Anexo Normativo III: cuatro de ellas —el loro corona lila, el carpintero pico plata, la chara pinta y el perico

mexicano— se detallan en el apartado III.4, que reporta además cuáles de ellas se registran también en el Área de Influencia.

El valor de importancia de fauna suma densidad relativa y frecuencia relativa, sin componente de dominancia, y su rango es de 0 a 200 puntos.

Tabla 156. Valor de importancia de las aves de la Región Ecológica.

Grupo	Especie	Abundancia relativa, DR (%)	Frecuencia de registro, FR (%)	VIF	Jerarquía ecológica
Aves	*Melanerpes uropygialis*	7.10	5.13	12.22	Codominante
Aves	*Dendrocygna autumnalis*	7.10	3.85	10.94	Codominante
Aves	*Zenaida asiatica*	5.81	3.85	9.65	Codominante
Aves	*Ortalis wagleri*	4.52	5.13	9.64	Codominante
Aves	*Cacicus melanicterus*	5.16	3.85	9.01	Codominante
Aves	*Cyanocorax beecheii*	5.16	3.85	9.01	Codominante
Aves	*Trogon elegans*	4.52	3.85	8.36	Codominante
Aves	*Columbina passerina*	4.52	3.85	8.36	Codominante
Aves	*Toxostoma curvirostre*	3.23	5.13	8.35	Codominante
Aves	*Forpus cyanopygius*	5.16	2.56	7.73	Codominante
Aves	*Icterus pustulatus*	5.16	2.56	7.73	Codominante
Aves	*Amazona finschi*	4.52	2.56	7.08	Acompañante
Aves	*Corvus sinaloae*	3.87	2.56	6.44	Acompañante
Aves	*Calocitta colliei*	2.58	3.85	6.43	Acompañante
Aves	*Zenaida macroura*	2.58	3.85	6.43	Acompañante
Aves	*Aratinga canicularis*	3.23	2.56	5.79	Acompañante
Aves	*Momotus mexicanus*	1.94	2.56	4.50	Acompañante
Aves	*Columbina talpacoti*	1.94	2.56	4.50	Acompañante
Aves	*Dryobates scalaris*	1.94	2.56	4.50	Acompañante
Aves	*Campephilus guatemalensis*	1.29	2.56	3.85	Acompañante

Grupo	Especie	Abundancia relativa, DR (%)	Frecuencia de registro, FR (%)	VIF	Jerarquía ecológica
Aves	*Buteo nitidus*	1.29	2.56	3.85	Acompañante
Aves	*Actitis macularius*	1.29	2.56	3.85	Acompañante
Aves	*Glaucidium brasilianum*	1.29	2.56	3.85	Acompañante
Aves	*Myiozetetes similis*	1.29	2.56	3.85	Acompañante
Aves	*Myiarchus nuttingi*	1.29	2.56	3.85	Acompañante
Aves	*Tyrannus melancholicus*	1.94	1.28	3.22	Acompañante
Aves	*Pitangus sulphuratus*	1.29	1.28	2.57	Ocasional
Aves	*Piaya cayana*	1.29	1.28	2.57	Ocasional
Aves	*Patagioenas flavirostris*	1.29	1.28	2.57	Ocasional
Aves	*Amazilia rutila*	0.65	1.28	1.93	Ocasional
Aves	*Coragyps atratus*	0.65	1.28	1.93	Ocasional
Aves	*Haemorhous mexicanus*	0.65	1.28	1.93	Ocasional
Aves	*Camptostoma imberbe*	0.65	1.28	1.93	Ocasional
Aves	*Cardinalis cardinalis*	0.65	1.28	1.93	Ocasional
Aves	*Coccyzus minor*	0.65	1.28	1.93	Ocasional
Aves	*Heliomaster constantii*	0.65	1.28	1.93	Ocasional
Aves	*Pheucticus chrysopeplus*	0.65	1.28	1.93	Ocasional
Aves	*Polioptila nigriceps*	0.65	1.28	1.93	Ocasional
Aves	*Saltator grandis*	0.65	1.28	1.93	Ocasional

Fuente: valor de importancia de fauna. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

El primer lugar corresponde a *Melanerpes uropygialis* con **12.22 puntos** —7.10 % de densidad relativa y 5.13 % de frecuencia—, seguido de *Dendrocygna autumnalis* con 10.94 puntos y de *Zenaida asiatica* con 9.65 puntos.

Once especies alcanzan la jerarquía «Codominante» en la Región Ecológica, frente a dos en el Área del Proyecto y tres en el Área de Influencia: el ensamble regional reparte su valor de importancia entre un número mayor de especies con peso comparable, coherente con ser la escala de mayor riqueza. La jerarquía sigue la misma convención de rango relativo al VIF medio del grupo que se declaró en el apartado III.5.7. La

caracterización de campo señala nueve especies de este grupo con categoría declarada; el estatus normativo verificado contra el Anexo Normativo III se reporta en el apartado III.4.

Mamíferos — Región Ecológica

El levantamiento registró **6 especies de mamíferos y 17 individuos** en la Región Ecológica. Su inventario se publica completo —una fila por cada especie del grupo— con la abundancia absoluta y relativa, la clase de abundancia y los atributos ecológicos declarados en la caracterización de campo.

Tabla 157. Abundancia por especie de los mamíferos de la Región Ecológica.

Grupo	Especie	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Observaciones ecológicas
Mamíferos	*Leptonycteris yerbabuenae*	Murciélago magueyero menor	7	41.18	Dominante	Nectarívora; Polinización
Mamíferos	*Canis latrans*	Coyote	3	17.65	Abundante	Omnívora; Trófica
Mamíferos	*Otospermophilus variegatus*	Ardillón de roca	3	17.65	Abundante	Granívora; Dispersión de semillas
Mamíferos	*Lepus alleni*	Liebre antílope	2	11.76	Abundante	Herbívora; Trófica
Mamíferos	*Lynx rufus*	Gato montés	1	5.88	Común	Carnívora; Trófica
Mamíferos	*Procyon lotor*	Mapache	1	5.88	Común	Omnívora; Trófica

Fuente: levantamiento de fauna del estudio, temporada seca. Anexo de campo del estudio.

La especie con más registros es el murciélago magueyero menor (*Leptonycteris yerbabuenae*), con 7 individuos y 41.18 % del grupo —clase dominante—, seguido de *Canis latrans* y *Otospermophilus variegatus*, ambos con 3 individuos y 17.65 %. Con 17 individuos repartidos entre 6 especies, el promedio es de 2.83 registros por especie.

La batería alfa completa del grupo en la Región Ecológica es la siguiente.

Tabla 158. Índices de diversidad de los mamíferos de la Región Ecológica.

Grupo	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Mamíferos	Riqueza específica, S	6	—	Número de especies con densidad positiva en la unidad
Mamíferos	Abundancia total, N	17.00	—	Individuos registrados
Mamíferos	Margalef, DMg	1.76	Baja	Riqueza corregida por el tamaño de la muestra

Grupo	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Mamíferos	Menhinick, DMn	1.46	—	Riqueza por unidad de raíz de la abundancia
Mamíferos	Shannon-Wiener, H′	1.56	Baja	Incertidumbre media al predecir la especie de un individuo tomado al azar
Mamíferos	H′ máximo	1.79	—	Valor que alcanzaría H′ si todas las especies fueran igual de abundantes
Mamíferos	Varianza de H′	0.03000	—	Precisión de H′; base del contraste de Hutcheson
Mamíferos	Pielou, J′	0.87	Alta equidad	Proporción de la diversidad máxima efectivamente alcanzada
Mamíferos	Simpson, λ	0.25	—	Probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie
Mamíferos	Diversidad de Simpson, 1−λ	0.75	Media	Complemento de la dominancia
Mamíferos	Berger-Parker, d	0.41	Dominancia alta	Peso de la especie más abundante
Mamíferos	McIntosh, U	8.54	—	Distancia euclidiana de la comunidad en el espacio de especies
Mamíferos	McIntosh, D	0.66	—	Equidad derivada de U
Mamíferos	Brillouin, HB	1.22	—	Diversidad de una colección completamente censada
Mamíferos	Hill N_0	6.00	—	Riqueza; especies de cualquier abundancia
Mamíferos	Hill N_1	4.77	—	Número efectivo de especies abundantes

Grupo	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Mamíferos	Hill N_2	3.96	—	Número efectivo de especies muy abundantes

Fuente: índices calculados sobre los registros del levantamiento. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Shannon-Wiener alcanza **1.56 sobre un máximo de 1.79** y la equidad de Pielou resultante es **0.87**; la diversidad de Simpson es 0.75 y Berger-Parker 0.41. Los números de Hill sitúan en 4.77 las especies efectivamente abundantes y en 3.96 las muy abundantes, sobre 6 registradas.

Separada del Área de Influencia, la Región Ecológica conserva la misma riqueza de mamíferos que el Área de Influencia —6 especies— pero con una dominancia mucho mayor: Berger-Parker sube a 0.41, «dominancia alta», por el peso del murciélago magueyero menor (*Leptonycteris yerbabuenae*), que por sí solo reúne 41.18 % de los individuos. Es el único de los seis mamíferos exclusivo de esta escala: no se registró ni en el Área del Proyecto ni en el Área de Influencia, y su condición de polinizador de cactáceas columnares se desarrolla en el apartado III.6.

El valor de importancia de fauna suma densidad relativa y frecuencia relativa, sin componente de dominancia, y su rango es de 0 a 200 puntos.

Tabla 159. Valor de importancia de los mamíferos de la Región Ecológica.

Grupo	Especie	Abundancia relativa, DR (%)	Frecuencia de registro, FR (%)	VIF	Jerarquía ecológica
Mamíferos	*Leptonycteris yerbabuenae*	41.18	30.77	71.95	Codominante
Mamíferos	*Canis latrans*	17.65	23.08	40.72	Acompañante
Mamíferos	*Otospermophilus variegatus*	17.65	15.38	33.03	Acompañante
Mamíferos	*Lepus alleni*	11.76	15.38	27.15	Acompañante
Mamíferos	*Lynx rufus*	5.88	7.69	13.57	Ocasional
Mamíferos	*Procyon lotor*	5.88	7.69	13.57	Ocasional

Fuente: valor de importancia de fauna. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

El primer lugar corresponde al murciélago magueyero menor (*Leptonycteris yerbabuenae*) con **71.95 puntos** —41.18 % de densidad relativa y 30.77 % de frecuencia—, muy por delante de *Canis latrans* con 40.72 puntos.

El murciélago magueyero menor es la única especie «Codominante» del cuadro, con un VIF más del doble del siguiente lugar: la jerarquía confirma, desde la frecuencia y la densidad relativas, lo que ya mostraba la abundancia —esta es la especie que estructura el ensamble de mamíferos de la Región Ecológica—. La caracterización de campo señala una especie de este grupo con categoría declarada; el estatus normativo verificado contra el Anexo Normativo III se reporta en el apartado III.4.

Reptiles — Región Ecológica

El levantamiento registró **12 especies de reptiles y 33 individuos** en la Región Ecológica. Su inventario se publica completo —una fila por cada especie del grupo— con la abundancia absoluta y relativa, la clase de abundancia y los atributos ecológicos declarados en la caracterización de campo.

Tabla 160. Abundancia por especie de los reptiles de la Región Ecológica.

Grupo	Especie	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Clase de abundancia	Observaciones ecológicas
Reptiles	*Holbrookia elegans*	Lagartija arenera elegante	5	15.15	Abundante	Insectívora; Control de plagas
Reptiles	*Urosaurus bicarinatus*	Lagartija de árbol bicarinada	4	12.12	Abundante	Insectívora; Control de plagas
Reptiles	*Trachemys ornata*	Jicotea del Pacífico	4	12.12	Abundante	Omnívora; Trófica
Reptiles	*Anolis nebulosus*	Anolis nublado	3	9.09	Común	Insectívora; Control de plagas
Reptiles	*Hemidactylus frenatus*	Geco casero (especie introducida)	3	9.09	Común	Insectívora; Control de plagas
Reptiles	*Ctenosaura pectinata*	Iguana negra (garrobo)	3	9.09	Común	Herbívora; Dispersión de semillas
Reptiles	*Aspidoscelis costatus*	Huico llanero	3	9.09	Común	Insectívora; Control de plagas
Reptiles	*Drymarchon melanurus*	Culebra chirriadora colinegra	3	9.09	Común	Carnívora; Trófica
Reptiles	*Coleonyx variegatus*	Geco bandeado del oeste	2	6.06	Común	Insectívora; Control de plagas
Reptiles	*Iguana iguana*	Iguana verde	1	3.03	Escasa	Herbívora; Dispersión de semillas
Reptiles	*Sceloporus clarkii*	Lagartija espinosa de Clark	1	3.03	Escasa	Insectívora; Control de plagas
Reptiles	*Kinosternon integrum*	Tortuga casquito mexicana	1	3.03	Escasa	Omnívora; Trófica

Fuente: levantamiento de fauna del estudio, temporada seca. Anexo de campo del estudio.

La especie con más registros es la lagartija arenera elegante (*Holbrookia elegans*), con 5 individuos y 15.15 % del grupo —clase abundante—, seguida de *Urosaurus bicarinatus* y *Trachemys ornata*, ambas con 4 individuos y 12.12 %. Con 33 individuos repartidos entre 12 especies, el promedio es de 2.75 registros por especie.

La batería alfa completa del grupo en la Región Ecológica es la siguiente.

Tabla 161. Índices de diversidad de los reptiles de la Región Ecológica.

Grupo	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Reptiles	Riqueza específica, S	12	—	Número de especies con densidad positiva en la unidad
Reptiles	Abundancia total, N	33.00	—	Individuos registrados
Reptiles	Margalef, DMg	3.15	Media	Riqueza corregida por el tamaño de la muestra
Reptiles	Menhinick, DMn	2.09	—	Riqueza por unidad de raíz de la abundancia
Reptiles	Shannon-Wiener, H′	2.38	Media	Incertidumbre media al predecir la especie de un individuo tomado al azar
Reptiles	H′ máximo	2.48	—	Valor que alcanzaría H′ si todas las especies fueran igual de abundantes
Reptiles	Varianza de H′	0.01000	—	Precisión de H′; base del contraste de Hutcheson
Reptiles	Pielou, J′	0.96	Alta equidad	Proporción de la diversidad máxima efectivamente alcanzada
Reptiles	Simpson, λ	0.10	—	Probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie
Reptiles	Diversidad de Simpson, 1−λ	0.90	Alta	Complemento de la dominancia
Reptiles	Berger-Parker, d	0.15	Dominancia moderada	Peso de la especie más abundante

Grupo	Índice	Valor	Clasificación	Interpretación ecológica
Reptiles	McIntosh, U	10.44	—	Distancia euclidiana de la comunidad en el espacio de especies
Reptiles	McIntosh, D	0.83	—	Equidad derivada de U
Reptiles	Brillouin, HB	1.95	—	Diversidad de una colección completamente censada
Reptiles	Hill N_0	12.00	—	Riqueza; especies de cualquier abundancia
Reptiles	Hill N_1	10.75	—	Número efectivo de especies abundantes
Reptiles	Hill N_2	9.99	—	Número efectivo de especies muy abundantes

Fuente: índices calculados sobre los registros del levantamiento. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Shannon-Wiener alcanza **2.38 sobre un máximo de 2.48** y la equidad de Pielou resultante es **0.96**; la diversidad de Simpson es 0.90 y Berger-Parker 0.15. Los números de Hill sitúan en 10.75 las especies efectivamente abundantes y en 9.99 las muy abundantes, sobre 12 registradas.

La riqueza de reptiles no cambia al separar el Área de Influencia —12 especies en ambos cálculos— porque las once especies del Área de Influencia son, salvo una excepción, un subconjunto de las de la Región Ecológica; la que sí es exclusiva de esta escala es la lagartija arenera elegante (*Holbrookia elegans*), que además encabeza la abundancia del grupo con 15.15 %. La equidad, 0.96, es la más alta de las tres escalas para este grupo. La caracterización de campo señala seis especies de este grupo con categoría declarada; el estatus normativo verificado contra el Anexo Normativo III se reporta en el apartado III.4.

El valor de importancia de fauna suma densidad relativa y frecuencia relativa, sin componente de dominancia, y su rango es de 0 a 200 puntos.

Tabla 162. Valor de importancia de los reptiles de la Región Ecológica.

Grupo	Especie	Abundancia relativa, DR (%)	Frecuencia de registro, FR (%)	VIF	Jerarquía ecológica
Reptiles	*Holbrookia elegans*	15.15	12.00	27.15	Codominante
Reptiles	*Urosaurus bicarinatus*	12.12	12.00	24.12	Acompañante
Reptiles	*Trachemys ornata*	12.12	12.00	24.12	Acompañante
Reptiles	*Aspidoscelis costatus*	9.09	12.00	21.09	Acompañante
Reptiles	*Hemidactylus frenatus*	9.09	8.00	17.09	Acompañante

Grupo	Especie	Abundancia relativa, DR (%)	Frecuencia de registro, FR (%)	VIF	Jerarquía ecológica
Reptiles	*Ctenosaura pectinata*	9.09	8.00	17.09	Acompañante
Reptiles	*Anolis nebulosus*	9.09	8.00	17.09	Acompañante
Reptiles	*Drymarchon melanurus*	9.09	8.00	17.09	Acompañante
Reptiles	*Coleonyx variegatus*	6.06	8.00	14.06	Acompañante
Reptiles	*Iguana iguana*	3.03	4.00	7.03	Ocasional
Reptiles	*Sceloporus clarkii*	3.03	4.00	7.03	Ocasional
Reptiles	*Kinosternon integrum*	3.03	4.00	7.03	Ocasional

Fuente: valor de importancia de fauna. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

El primer lugar corresponde a la lagartija arenera elegante (*Holbrookia elegans*) con **27.15 puntos** —15.15 % de densidad relativa y 12.00 % de frecuencia—, seguida de *Urosaurus bicarinatus* y *Trachemys ornata*, ambas con 24.12 puntos.

Con doce especies, las barras de reptiles se ordenan entre 27.15 y 7.03 puntos sin que ninguna concentre el ensamble, coherente con la equidad de 0.96 del grupo. La caracterización de campo señala seis especies de este grupo con categoría declarada; el estatus normativo verificado contra el Anexo Normativo III se reporta en el apartado III.4.

III.5.8 Estacionalidad, gremios tróficos e importancia ecológica de la fauna

Estacionalidad

La composición estacional de cada grupo determina qué fracción de la comunidad está presente todo el año y cuál depende de movimientos migratorios. La distinción tiene consecuencia directa sobre la evaluación: la fracción residente ocupa el predio de forma permanente y la afectación que recibe es continua, mientras que la migratoria lo utiliza por temporadas y su exposición depende del calendario de obra. El reporte se hace especie por especie y abre con las aves del Área del Proyecto, el grupo más rico de los tres, con 29 especies y 135 individuos registrados.

Tabla 163. Estacionalidad de las aves del Área del Proyecto.

Grupo	Especie	Nombre común	Estacionalidad	Individuos	Porcentaje del grupo (%)
Aves	*Patagioenas flavirostris*	Paloma morada	R	9	6.67
Aves	*Zenaida asiatica*	Paloma alas blancas	R; MI	8	5.93
Aves	*Tyrannus melancholicus*	Tirano tropical	R; MI	8	5.93

Grupo	Especie	Nombre común	Estacionalidad	Individuos	Porcentaje del grupo (%)
Aves	*Columbina inca*	Tortolita colilarga	R	6	4.44
Aves	*Calocitta colliei*	Urraca hermosa (urraca copetona del Pacífico)	R	6	4.44
Aves	*Ortalis wagleri*	Chachalaca de Wagler	R	6	4.44
Aves	*Polioptila nigriceps*	Perlita sinaloense	R	6	4.44
Aves	*Pitangus sulphuratus*	Bienteveo Común	R	5	3.70
Aves	*Saltator grandis*	Saltador gris mesoamericano	R	5	3.70
Aves	*Zenaida macroura*	Huilota Común	R; MI	5	3.70
Aves	*Caracara plancus*	Caracara común	R	5	3.70
Aves	*Columbina talpacoti*	Tortolita rojiza	R	5	3.70
Aves	*Haemorhous mexicanus*	Camachuelo mexicano	R	5	3.70
Aves	*Icterus pustulatus*	Calandria dorso rayado	R	4	2.96
Aves	*Pheucticus chrysopeplus*	Picogordo amarillo	R	4	2.96
Aves	*Myiarchus nuttingi*	Papamoscas Huí	R	4	2.96
Aves	*Myiozetetes similis*	Luis gregario	R	4	2.96
Aves	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	R	4	2.96
Aves	*Amazilia rutila*	Colibrí canela	R	4	2.96
Aves	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	R	4	2.96
Aves	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	R	4	2.96
Aves	*Trogon elegans*	Coa elegante	R	4	2.96
Aves	*Heliomaster constantii*	Colibrí Picudo Occidental	R	4	2.96
Aves	*Coccyzus minor*	Cuclillo manglero	R	3	2.22
Aves	*Buteo nitidus*	Aguililla gris	R	3	2.22

Grupo	Especie	Nombre común	Estacionalidad	Individuos	Porcentaje del grupo (%)
Aves	*Melanerpes uropygialis*	Carpintero del desierto	R	3	2.22
Aves	*Piaya cayana*	Cuclillo Canelo	R	3	2.22
Aves	*Cynanthus latirostris*	Colibrí pico ancho	R	2	1.48
Aves	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	R	2	1.48

Fuente: caracterización de campo del levantamiento; claves R, residente; MI, migratoria invernal; T, transitoria.

En el Área del Proyecto las 29 especies de aves registradas tienen población residente: 26 lo son de forma estricta y 3 —la paloma alas blancas (*Zenaida asiatica*), el tirano tropical (*Tyrannus melancholicus*) y la huilota común (*Zenaida macroura*)— suman además población migratoria invernal. La comunidad detectada corresponde por tanto a la fracción permanente del ensamble y no a un pulso migratorio.

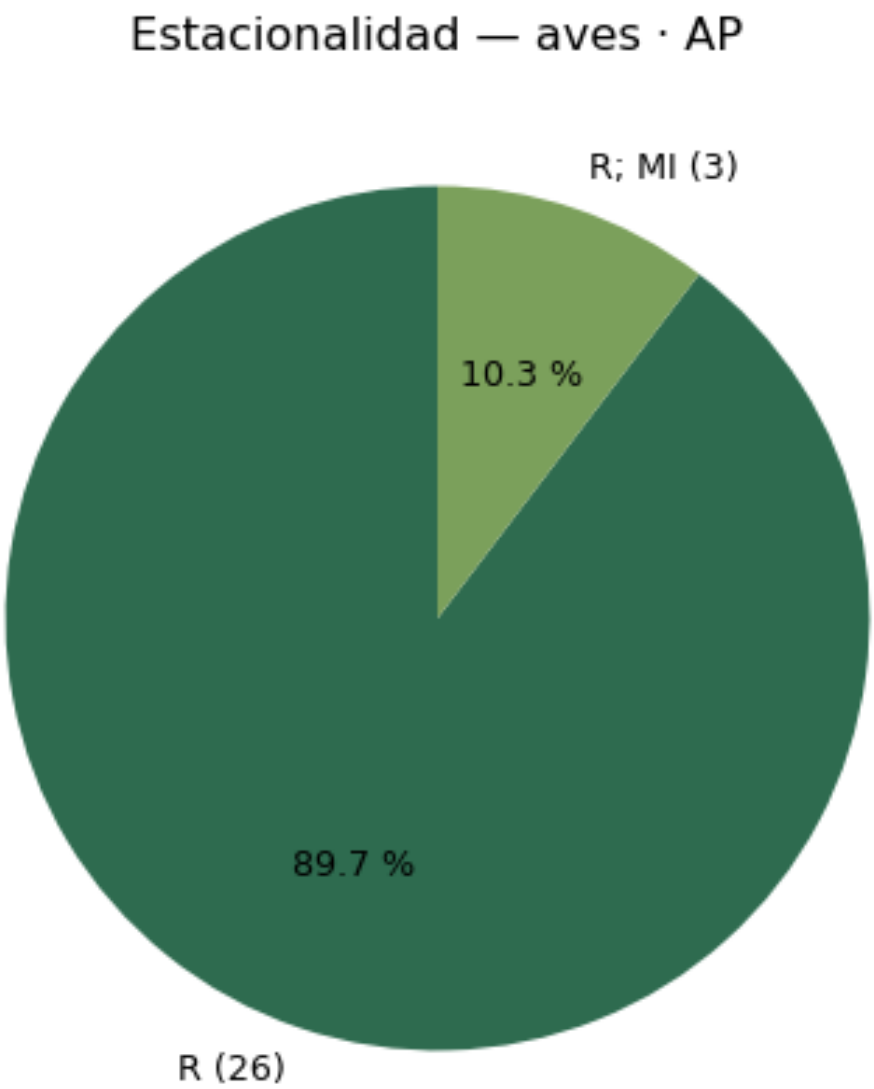


Figura 108. Composición de las aves del Área del Proyecto por categoría de estacionalidad. Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

La gráfica reparte el ensamble en 89.7 % de especies estrictamente residentes y 10.3 % con población migratoria invernal, es decir, en una comunidad dominada por la fracción permanente. Esa homogeneidad simplifica la lectura de los índices del apartado III.5.5, porque prácticamente ninguna de las especies que los alimentan es un visitante ocasional cuya presencia inflaría la riqueza registrada, y sostiene la pertinencia del ahuyentamiento previo al desmonte: las medidas se dirigen a poblaciones que ocupan el predio durante todo el año.

En el Área de Influencia el levantamiento registró **37 especies de aves y 147 individuos**.

Tabla 164. Estacionalidad de las aves del Área de Influencia.

Grupo	Especie	Nombre común	Estacionalidad	Individuos	Porcentaje del grupo (%)
Aves	*Calocitta colliei*	Urraca hermosa (urraca copetona del Pacífico)	R	14	9.52
Aves	*Columbina inca*	Tortolita colilarga	R	13	8.84
Aves	*Zenaida asiatica*	Paloma alas blancas	R; MI	10	6.80
Aves	*Icterus pustulatus*	Calandria dorso rayado	R	7	4.76
Aves	*Coragyps atratus*	Zopilote común	R	6	4.08
Aves	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	R	6	4.08
Aves	*Tyrannus melancholicus*	Tirano tropical	R; MI	5	3.40
Aves	*Columbina talpacoti*	Tortolita rojiza	R	5	3.40
Aves	*Cynanthus latirostris*	Colibrí pico ancho	R	5	3.40
Aves	*Amazilia rutila*	Colibrí canela	R	5	3.40
Aves	*Coccyzus minor*	Cuclillo manglero	R	5	3.40
Aves	*Passer domesticus*	Gorrión doméstico (especie introducida)	R	4	2.72
Aves	*Aratinga canicularis*	Perico frente naranja	R	4	2.72
Aves	*Saltator grandis*	Saltador gris mesoamericano	R	4	2.72
Aves	*Patagioenas flavirostris*	Paloma morada	R	4	2.72
Aves	*Haemorhous mexicanus*	Camachuelo mexicano	R	4	2.72
Aves	*Polioptila nigriceps*	Perlita sinaloense	R	4	2.72
Aves	*Pitangus sulphuratus*	Bienteveo Común	R	3	2.04
Aves	*Piaya cayana*	Cuclillo Canelo	R	3	2.04
Aves	*Heliomaster constantii*	Colibrí Picudo Occidental	R	3	2.04

Grupo	Especie	Nombre común	Estacionalidad	Individuos	Porcentaje del grupo (%)
Aves	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	R	3	2.04
Aves	*Camptostoma imberbe*	Mosquerito lampiño	R	3	2.04
Aves	*Columbina passerina*	Tortolita coquita	R	3	2.04
Aves	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	R	3	2.04
Aves	*Myiozetetes similis*	Luis gregario	R	3	2.04
Aves	*Zenaida macroura*	Huilota Común	R; MI	2	1.36
Aves	*Amazona finschi*	Loro corona lila	R	2	1.36
Aves	*Actitis macularius*	Playero alzacolita	MI; T	2	1.36
Aves	*Campephilus guatemalensis*	Carpintero pico plata	R	2	1.36
Aves	*Corvus sinaloae*	Cuervo sinaloense	R	2	1.36
Aves	*Melanerpes uropygialis*	Carpintero del desierto	R	2	1.36
Aves	*Buteo nitidus*	Aguililla gris	R	1	0.68
Aves	*Cacicus melanicterus*	Cacique mexicano	R	1	0.68
Aves	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	R	1	0.68
Aves	*Momotus mexicanus*	Momoto mexicano (pájaro reloj)	R	1	0.68
Aves	*Ortalis wagleri*	Chachalaca de Wagler	R	1	0.68
Aves	*Pheucticus chrysopeplus*	Picogordo amarillo	R	1	0.68

Fuente: caracterización de campo del levantamiento; claves R, residente; MI, migratoria invernal; T, transitoria.

En el Área de Influencia, **33 de las 37 especies de aves son estrictamente residentes, 3 son residentes con población migratoria invernal y 1 —el playero alzacolita (*Actitis macularius*)— es migratoria invernal y transitoria**, la misma especie que aporta ese componente en la Región Ecológica: es un ave de orilla de cuerpo de agua, y su presencia en ambas escalas y no en el Área del Proyecto es consistente con la ausencia de cuerpos de agua dentro del predio.

En la Región Ecológica, sobre su propio esfuerzo de muestreo, el levantamiento registró **39 especies de aves y 155 individuos**.

Tabla 165. Estacionalidad de las aves de la Región Ecológica.

Grupo	Especie	Nombre común	Estacionalidad	Individuos	Porcentaje del grupo (%)
Aves	*Melanerpes uropygialis*	Carpintero del desierto	R	11	7.10
Aves	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije alas blancas	R	11	7.10
Aves	*Zenaida asiatica*	Paloma alas blancas	R; MI	9	5.81
Aves	*Cyanocorax beecheii*	Chara pinta	R	8	5.16
Aves	*Cacicus melanicterus*	Cacique mexicano	R	8	5.16
Aves	*Icterus pustulatus*	Calandria dorso rayado	R	8	5.16
Aves	*Forpus cyanopygius*	Perico mexicano (catarina)	R	8	5.16
Aves	*Trogon elegans*	Coa elegante	R	7	4.52
Aves	*Amazona finschi*	Loro corona lila	R	7	4.52
Aves	*Ortalis wagleri*	Chachalaca de Wagler	R	7	4.52
Aves	*Columbina passerina*	Tortolita coquita	R	7	4.52
Aves	*Corvus sinaloae*	Cuervo sinaloense	R	6	3.87
Aves	*Aratinga canicularis*	Perico frente naranja	R	5	3.23
Aves	*Toxostoma curvirostre*	Cuitlacoche pico curvo	R	5	3.23
Aves	*Calocitta colliei*	Urraca hermosa (urraca copetona del Pacífico)	R	4	2.58
Aves	*Zenaida macroura*	Huilota Común	R; MI	4	2.58
Aves	*Momotus mexicanus*	Momoto mexicano (pájaro reloj)	R	3	1.94
Aves	*Tyrannus melancholicus*	Tirano tropical	R; MI	3	1.94
Aves	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	R	3	1.94

Grupo	Especie	Nombre común	Estacionalidad	Individuos	Porcentaje del grupo (%)
Aves	*Columbina talpacoti*	Tortolita rojiza	R	3	1.94
Aves	*Pitangus sulphuratus*	Bienteveo Común	R	2	1.29
Aves	*Actitis macularius*	Playero alzacolita	MI; T	2	1.29
Aves	*Buteo nitidus*	Aguililla gris	R	2	1.29
Aves	*Campephilus guatemalensis*	Carpintero pico plata	R	2	1.29
Aves	*Patagioenas flavirostris*	Paloma morada	R	2	1.29
Aves	*Piaya cayana*	Cuclillo Canelo	R	2	1.29
Aves	*Myiarchus nuttingi*	Papamoscas Huí	R	2	1.29
Aves	*Myiozetetes similis*	Luis gregario	R	2	1.29
Aves	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	R	2	1.29
Aves	*Amazilia rutila*	Colibrí canela	R	1	0.65
Aves	*Coragyps atratus*	Zopilote común	R	1	0.65
Aves	*Haemorhous mexicanus*	Camachuelo mexicano	R	1	0.65
Aves	*Camptostoma imberbe*	Mosquerito lampiño	R	1	0.65
Aves	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	R	1	0.65
Aves	*Coccyzus minor*	Cuclillo manglero	R	1	0.65
Aves	*Heliomaster constantii*	Colibrí Picudo Occidental	R	1	0.65
Aves	*Pheucticus chrysopeplus*	Picogordo amarillo	R	1	0.65
Aves	*Polioptila nigriceps*	Perlita sinaloense	R	1	0.65
Aves	*Saltator grandis*	Saltador gris mesoamericano	R	1	0.65

Fuente: caracterización de campo del levantamiento; claves R, residente; MI, migratoria invernal; T, transitoria.

En la Región Ecológica, **35 de las 39 especies de aves son estrictamente residentes, 3 son residentes con población migratoria invernal y 1 es migratoria invernal y transitoria**. El predominio residente es igualmente claro en las tres escalas, y el pequeño componente migratorio detectado corresponde a especies que la temporada seca sí permite registrar.

El sector migratorio que las tres escalas comparten es minoritario, y esa proporción acota lo que puede afirmarse: **el levantamiento describe la comunidad faunística residente de la temporada seca.** El componente migratorio de verano —que en las selvas secas del Pacífico incluye varias especies de aves reproductoras estivales— no está representado, conforme al alcance temporal declarado en el apartado III.3.1.

Tabla 166. Estacionalidad de los mamíferos del Área del Proyecto.

Grupo	Especie	Nombre común	Estacionalidad	Individuos	Porcentaje del grupo (%)
Mamíferos	*Otospermophilus variegatus*	Ardillón de roca	R	5	45.45
Mamíferos	*Procyon lotor*	Mapache	R	4	36.36
Mamíferos	*Odocoileus virginianus*	Venado cola blanca	R	2	18.18

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

En el Área del Proyecto el grupo se reduce a tres especies residentes —el ardillón de roca (*Otospermophilus variegatus*), con 45.45 % de los individuos; el mapache (*Procyon lotor*), con 36.36 %, y el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), con 18.18 %—. Ninguna de las tres es exclusiva del predio y las tres disponen de hábitat continuo en la cuenca, condición que hace del ahuyentamiento previo al desmonte una medida suficiente para el grupo.

Tabla 167. Estacionalidad de los mamíferos del Área de Influencia.

Grupo	Especie	Nombre común	Estacionalidad	Individuos	Porcentaje del grupo (%)
Mamíferos	*Otospermophilus variegatus*	Ardillón de roca	R	6	30.00
Mamíferos	*Lepus alleni*	Liebre antílope	R	4	20.00
Mamíferos	*Odocoileus virginianus*	Venado cola blanca	R	4	20.00
Mamíferos	*Procyon lotor*	Mapache	R	3	15.00
Mamíferos	*Lynx rufus*	Gato montés	R	2	10.00
Mamíferos	*Canis latrans*	Coyote	R	1	5.00

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

En el Área de Influencia el grupo alcanza seis especies, todas residentes: el ardillón de roca (*Otospermophilus variegatus*) vuelve a encabezar la abundancia, con 30.00 % de los individuos, y se incorporan la liebre antílope (*Lepus alleni*) y el gato montés (*Lynx rufus*), ausentes del predio pero también ausentes de la lista de la Región Ecológica separada de su propio esfuerzo —el venado cola blanca sí está en ambas—.

Tabla 168. Estacionalidad de los mamíferos de la Región Ecológica.

Grupo	Especie	Nombre común	Estacionalidad	Individuos	Porcentaje del grupo (%)
Mamíferos	*Leptonycteris yerbabuenae*	Murciélago magueyero menor	MI	7	41.18

Grupo	Especie	Nombre común	Estacionalidad	Individuos	Porcentaje del grupo (%)
Mamíferos	*Canis latrans*	Coyote	R	3	17.65
Mamíferos	*Otospermophilus variegatus*	Ardillón de roca	R	3	17.65
Mamíferos	*Lepus alleni*	Liebre antílope	R	2	11.76
Mamíferos	*Lynx rufus*	Gato montés	R	1	5.88
Mamíferos	*Procyon lotor*	Mapache	R	1	5.88

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

En la Región Ecológica, sobre su propio esfuerzo, el grupo alcanza igualmente seis especies, pero el ardillón de roca deja de encabezar la abundancia: la única excepción a la condición residente, el murciélago magueyero menor (*Leptonycteris yerbabuenae*), que realiza movimientos migratorios estacionales asociados a la floración de cactáceas y agaves, concentra aquí 41.18 % de los individuos —un dato que conecta directamente con la presencia de cactáceas columnares documentada en el estrato de otras formas de vida—
.

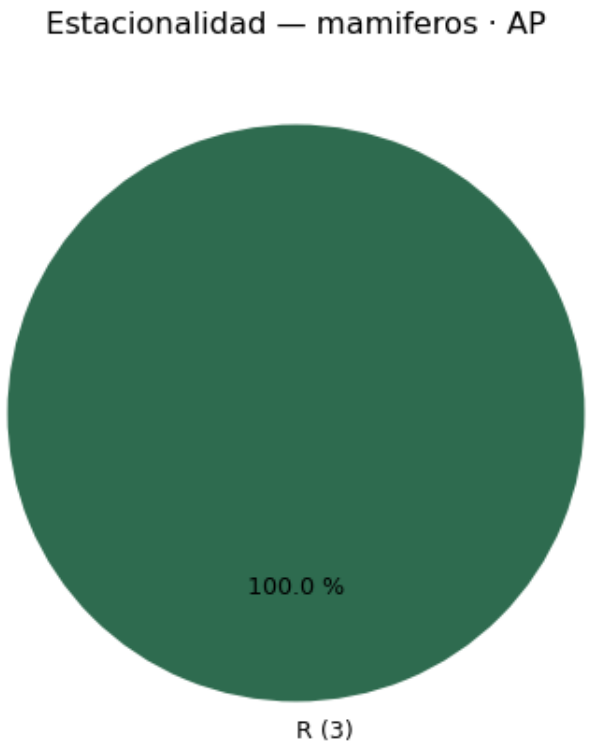


Figura 109. Composición de los mamíferos del Área del Proyecto por categoría de estacionalidad. Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

El gráfico se resuelve en una sola categoría —residente, 100.0 % de las tres especies—, y esa uniformidad refleja la baja riqueza del grupo en esta escala más que una propiedad ecológica del ensamble: con tres

especies no hay reparto estacional que describir. Para la evaluación significa que el ensamble de mamíferos del predio carece de componente estacional que module la afectación, y que el momento en que se ejecute el desmonte no cambia su exposición.

La fracción migratoria que aparece en la Región Ecológica corresponde a una sola especie, y su relevancia no está en su peso numérico sino en su función: es el polinizador de las cactáceas columnares que estructuran el estrato de otras formas de vida del rodal regional.

Tabla 169. Estacionalidad de los reptiles del Área del Proyecto.

Grupo	Especie	Nombre común	Estacionalidad	Individuos	Porcentaje del grupo (%)
Reptiles	*Sceloporus clarkii*	Lagartija espinosa de Clark	R	6	35.29
Reptiles	*Aspidoscelis costatus*	Huico llanero	R	4	23.53
Reptiles	*Ctenosaura pectinata*	Iguana negra (garrobo)	R	4	23.53
Reptiles	*Urosaurus bicarinatus*	Lagartija de árbol bicarinada	R	3	17.65

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

Las cuatro especies de reptiles del Área del Proyecto son residentes, con la lagartija espinosa de Clark (*Sceloporus clarkii*) como la más abundante —35.29 % de los 17 individuos registrados—, seguida del huico llanero (*Aspidoscelis costatus*) y de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) con 23.53 % cada una, y de la lagartija de árbol bicarinada (*Urosaurus bicarinatus*) con 17.65 %. Un ensamble sin fracción migratoria no puede evadir la obra por sí mismo, y eso es lo que convierte al rescate y reubicación en la medida pertinente para este grupo.

Tabla 170. Estacionalidad de los reptiles del Área de Influencia.

Grupo	Especie	Nombre común	Estacionalidad	Individuos	Porcentaje del grupo (%)
Reptiles	*Iguana iguana*	Iguana verde	R	5	17.86
Reptiles	*Sceloporus clarkii*	Lagartija espinosa de Clark	R	4	14.29
Reptiles	*Anolis nebulosus*	Anolis nublado	R	3	10.71
Reptiles	*Urosaurus bicarinatus*	Lagartija de árbol bicarinada	R	3	10.71
Reptiles	*Aspidoscelis costatus*	Huico llanero	R	3	10.71
Reptiles	*Ctenosaura pectinata*	Iguana negra (garrobo)	R	3	10.71
Reptiles	*Coleonyx variegatus*	Geco bandeado del oeste	R	2	7.14

Grupo	Especie	Nombre común	Estacionalidad	Individuos	Porcentaje del grupo (%)
Reptiles	*Hemidactylus frenatus*	Geco casero (especie introducida)	R	2	7.14
Reptiles	*Drymarchon melanurus*	Culebra chirriadora colinegra	R	1	3.57
Reptiles	*Kinosternon integrum*	Tortuga casquito mexicana	R	1	3.57
Reptiles	*Trachemys ornata*	Jicotea del Pacífico	R	1	3.57

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

En el Área de Influencia el grupo casi triplica la riqueza del predio —11 especies, todas residentes— e incorpora ya las dos tortugas de hábito acuático —la jicotea del Pacífico (*Trachemys ornata*) y la tortuga casquito mexicana (*Kinosternon integrum*)— que el predio no contiene.

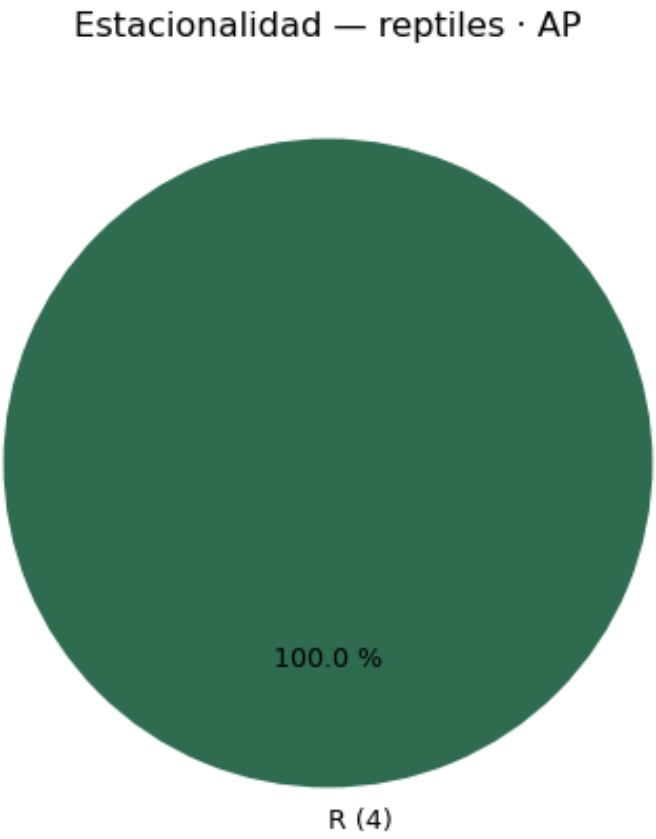


Figura 110. Composición de los reptiles del Área del Proyecto por categoría de estacionalidad. Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

La condición residente del grupo tiene una implicación operativa directa: **los reptiles no pueden desplazarse por su cuenta a distancias comparables a las de las aves**, de modo que son el grupo sobre el que las medidas de rescate y reubicación tienen mayor pertinencia.

Tabla 171. Estacionalidad de los reptiles de la Región Ecológica.

Grupo	Especie	Nombre común	Estacionalidad	Individuos	Porcentaje del grupo (%)
Reptiles	*Holbrookia elegans*	Lagartija arenera elegante	R	5	15.15
Reptiles	*Urosaurus bicarinatus*	Lagartija de árbol bicarinada	R	4	12.12
Reptiles	*Trachemys ornata*	Jicotea del Pacífico	R	4	12.12
Reptiles	*Anolis nebulosus*	Anolis nublado	R	3	9.09
Reptiles	*Hemidactylus frenatus*	Geco casero (especie introducida)	R	3	9.09
Reptiles	*Ctenosaura pectinata*	Iguana negra (garrobo)	R	3	9.09
Reptiles	*Aspidoscelis costatus*	Huico llanero	R	3	9.09
Reptiles	*Drymarchon melanurus*	Culebra chirriadora colinegra	R	3	9.09
Reptiles	*Coleonyx variegatus*	Geco bandeado del oeste	R	2	6.06
Reptiles	*Iguana iguana*	Iguana verde	R	1	3.03
Reptiles	*Sceloporus clarkii*	Lagartija espinosa de Clark	R	1	3.03
Reptiles	*Kinosternon integrum*	Tortuga casquito mexicana	R	1	3.03

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

En la Región Ecológica, sobre su propio esfuerzo, el grupo alcanza igualmente doce especies —la misma riqueza que el cálculo fusionado publicaba, porque las del Área de Influencia son en este grupo un subconjunto de las suyas—, también residentes en su totalidad. El reparto de abundancias es más equilibrado que en el predio —ninguna especie supera 15.15 % de los 33 individuos— e incorpora, además de las dos tortugas ya presentes en el Área de Influencia, una especie exclusiva de esta escala: la lagartija arenera elegante (*Holbrookia elegans*), que encabeza la abundancia del grupo.

La coincidencia entre las tres escalas confirma que la condición residente es una propiedad del grupo en esta región y no un efecto de la escala muestreada.

Gremios tróficos

Tabla 172. Gremios tróficos de las aves del Área del Proyecto.

Grupo	Gremio trófico	Número de especies	Porcentaje (%)	Especies representativas
Aves	Insectívora	8	27.59	*Coccyzus minor*, *Crotophaga sulcirostris*, *Dryobates scalaris*
Aves	Granívora	6	20.69	*Cardinalis cardinalis*, *Columbina inca*, *Columbina talpacoti*
Aves	Nectarívora	3	10.34	*Amazilia rutila*, *Cynanthus latirostris*, *Heliomaster constantii*
Aves	Omnívora	2	6.90	*Calocitta colliei*, *Icterus pustulatus*
Aves	Frugívora	2	6.90	*Ortalis wagleri*, *Trogon elegans*
Aves	Carnívora	2	6.90	*Buteo nitidus*, *Glaucidium brasilianum*
Aves	Granívora-Frugívora	2	6.90	*Patagioenas flavirostris*, *Saltator grandis*
Aves	Carnívora-Carroñera	1	3.45	*Caracara plancus*
Aves	Insectívora-Frugívora	1	3.45	*Myiozetetes similis*
Aves	Omnívora (insectos, frutos, pequeños vertebrados)	1	3.45	*Pitangus sulphuratus*
Aves	Omnívora (semillas, frutos, insectos)	1	3.45	*Pheucticus chrysopeplus*

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

El ensamble de aves del Área del Proyecto cubre el espectro trófico completo en once categorías alimentarias, con insectívoros, granívoros, frugívoros, omnívoros, nectarívoros y carnívoros representados. **La presencia simultánea de consumidores primarios, secundarios y de depredadores indica que la comunidad sostiene una cadena de al menos tres niveles**, condición que no se cumple en ecosistemas fuertemente simplificados.

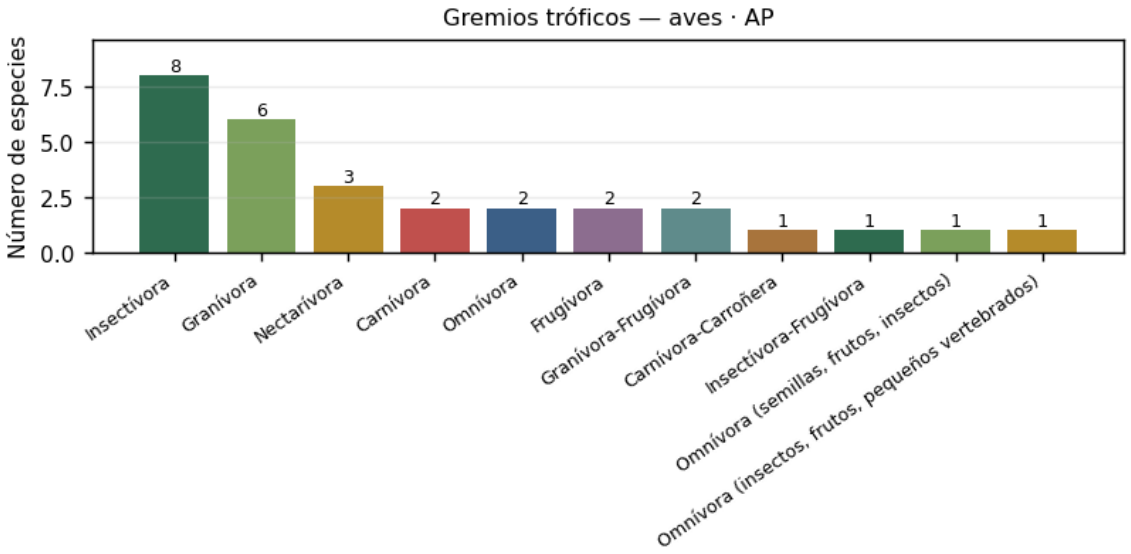


Figura 111. Número de especies de aves por gremio trófico en el Área del Proyecto. Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

Los insectívoros encabezan el reparto con 8 de las 29 especies, 27.59 %, seguidos de los granívoros con 6 y 20.69 %. El predominio de los insectívoros es el patrón esperable en una selva seca durante la estación de menor disponibilidad de frutos, y la presencia de nectarívoros —3 especies, 10.34 %— conecta con la floración de cactáceas y de leguminosas que caracteriza esa temporada. Que el gremio mejor representado sea el que consume artrópodos indica además que el predio sostiene la base de invertebrados de la que ese gremio depende.

Tabla 173. Gremios tróficos de las aves del Área de Influencia.

Grupo	Gremio trófico	Número de especies	Porcentaje (%)	Especies representativas
Aves	Insectívora	11	29.73	*Actitis macularius*, *Campephilus guatemalensis*, *Camptostoma imberbe*
Aves	Granívora	8	21.62	*Cardinalis cardinalis*, *Columbina inca*, *Columbina passerina*
Aves	Omnívora	4	10.81	*Cacicus melanicterus*, *Calocitta colliei*, *Corvus sinaloae*
Aves	Carnívora	3	8.11	*Buteo nitidus*, *Coragyps atratus*, *Glaucidium brasilianum*

Grupo	Gremio trófico	Número de especies	Porcentaje (%)	Especies representativas
Aves	Frugívora	3	8.11	*Amazona finschi*, *Aratinga canicularis*, *Ortalis wagleri*
Aves	Nectarívora	3	8.11	*Amazilia rutila*, *Cynanthus latirostris*, *Heliomaster constantii*
Aves	Granívora-Frugívora	2	5.41	*Patagioenas flavirostris*, *Saltator grandis*
Aves	Insectívora-Frugívora	1	2.70	*Myiozetetes similis*
Aves	Omnívora (insectos, frutos, pequeños vertebrados)	1	2.70	*Pitangus sulphuratus*
Aves	Omnívora (semillas, frutos, insectos)	1	2.70	*Pheucticus chrysopeplus*

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

En el Área de Influencia se representan **diez categorías alimentarias** —una menos que en el Área del Proyecto y la Región Ecológica, porque esta escala no registra ningún ave carnívora-carroñera ni herbívora—, con los insectívoros como gremio dominante —11 de 37 especies, 29.73 %—, seguidos de los granívoros con 8.

Tabla 174. Gremios tróficos de las aves de la Región Ecológica.

Grupo	Gremio trófico	Número de especies	Porcentaje (%)	Especies representativas
Aves	Insectívora	12	30.77	*Actitis macularius*, *Campephilus guatemalensis*, *Camptostoma imberbe*
Aves	Granívora	6	15.38	*Cardinalis cardinalis*, *Columbina passerina*, *Columbina talpacoti*
Aves	Frugívora	5	12.82	*Amazona finschi*, *Aratinga canicularis*, *Forpus cyanopygius*
Aves	Omnívora	5	12.82	*Cacicus melanicterus*, *Calocitta colliei*, *Corvus sinaloae*
Aves	Carnívora	3	7.69	*Buteo nitidus*, *Coragyps atratus*, *Glaucidium brasilianum*

Grupo	Gremio trófico	Número de especies	Porcentaje (%)	Especies representativas
Aves	Granívora-Frugívora	2	5.13	*Patagioenas flavirostris*, *Saltator grandis*
Aves	Nectarívora	2	5.13	*Amazilia rutila*, *Heliomaster constantii*
Aves	Herbívora	1	2.56	*Dendrocygna autumnalis*
Aves	Insectívora-Frugívora	1	2.56	*Myiozetetes similis*
Aves	Omnívora (insectos, frutos, pequeños vertebrados)	1	2.56	*Pitangus sulphuratus*
Aves	Omnívora (semillas, frutos, insectos)	1	2.56	*Pheucticus chrysopeplus*

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

En la Región Ecológica, sobre su propio esfuerzo, se representan **once categorías alimentarias**, con los insectívoros como gremio dominante —12 de 39 especies—, seguidos de los granívoros con 6, y de frugívoros y omnívoros con 5 cada uno.

Las tres escalas comparten el mismo gremio dominante —insectívoro— y el mismo segundo lugar —granívoro—, y difieren en los extremos: el Área del Proyecto es la única con el gremio carnívoro-carroñero (el caracara común, *Caracara plancus*), y la Región Ecológica la única con el gremio herbívoro (el pijije alas blancas, *Dendrocygna autumnalis*); el Área de Influencia no suma ningún gremio que las otras dos no tengan. Lo que separa a las tres no es tanto el número de gremios —diez en el Área de Influencia, once en las otras dos— como cuántas especies sostiene cada uno: los insectívoros pasan de 8 en el predio a 11 en el Área de Influencia y 12 en la Región Ecológica, con un crecimiento parejo entre las dos escalas de contexto. Esa profundidad de plantel es la que da al entorno del predio redundancia funcional y la que permite sostener que tanto la franja inmediata como la cuenca conservan las especies necesarias para recolonizar una superficie restaurada.

Tabla 175. Gremios tróficos de los mamíferos del Área del Proyecto.

Grupo	Gremio trófico	Número de especies	Porcentaje (%)	Especies representativas
Mamíferos	Granívora	1	33.33	*Otospermophilus variegatus*
Mamíferos	Herbívora	1	33.33	*Odocoileus virginianus*
Mamíferos	Omnívora	1	33.33	*Procyon lotor*

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

En el Área del Proyecto los tres mamíferos registrados ocupan tres gremios distintos —granívoro, herbívoro y omnívoro, con 33.33 % cada uno—, de manera que el grupo no tiene dentro del predio ninguna función alimentaria duplicada y la pérdida de cualquiera de las tres dejaría una categoría trófica sin representante local.

Tabla 176. Gremios tróficos de los mamíferos del Área de Influencia.

Grupo	Gremio trófico	Número de especies	Porcentaje (%)	Especies representativas
Mamíferos	Herbívora	2	33.33	*Lepus alleni*, *Odocoileus virginianus*
Mamíferos	Omnívora	2	33.33	*Canis latrans*, *Procyon lotor*
Mamíferos	Carnívora	1	16.67	*Lynx rufus*
Mamíferos	Granívora	1	16.67	*Otospermophilus variegatus*

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

Los mamíferos, pese a su baja riqueza, cubren cuatro gremios en el Área de Influencia —herbívoro, omnívoro, carnívoro y granívoro—, uno más que en el Área del Proyecto. La diferencia la aportan las dos especies exclusivas de esta escala frente al predio: la liebre antílope (*Lepus alleni*), que se suma al gremio herbívoro, y el gato montés (*Lynx rufus*), que aporta el gremio carnívoro.

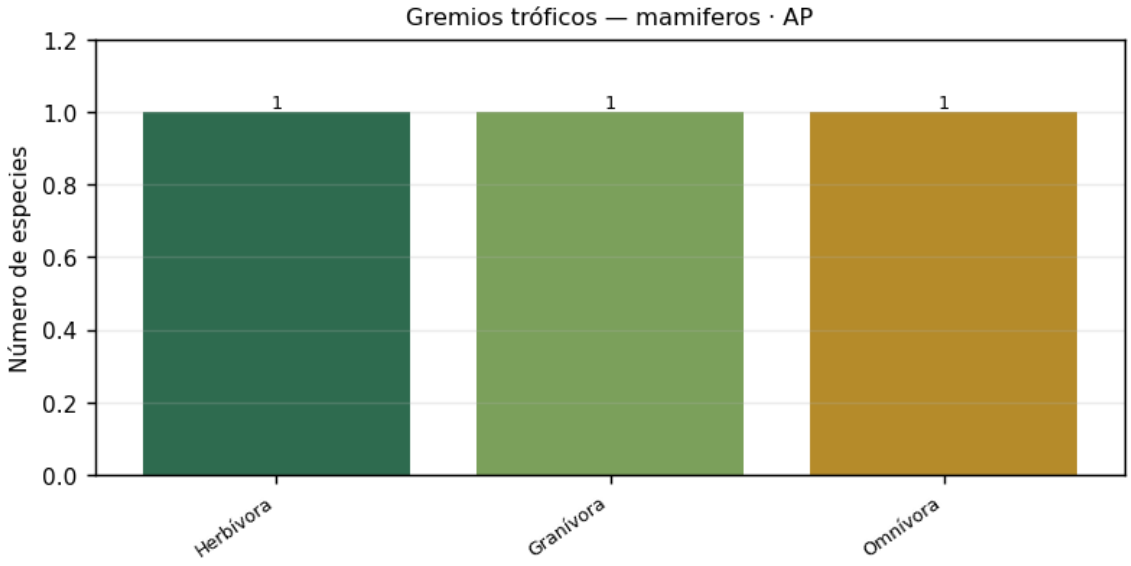


Figura 112. Número de especies de mamíferos por gremio trófico en el Área del Proyecto. Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

Con tres especies repartidas en tres gremios —una por categoría—, el gráfico no describe una estructura trófica sino un inventario, y así debe leerse: no hay redundancia que permita afirmar que la pérdida de una especie quede compensada por otra del mismo gremio. Es la misma reserva con que el apartado III.5.5 califica los índices de diversidad del grupo, cuya riqueza en esta escala es de tres especies.

Tabla 177. Gremios tróficos de los mamíferos de la Región Ecológica.

Grupo	Gremio trófico	Número de especies	Porcentaje (%)	Especies representativas
Mamíferos	Omnívora	2	33.33	*Canis latrans*, *Procyon lotor*
Mamíferos	Carnívora	1	16.67	*Lynx rufus*
Mamíferos	Granívora	1	16.67	*Otospermophilus variegatus*
Mamíferos	Herbívora	1	16.67	*Lepus alleni*
Mamíferos	Nectarívora	1	16.67	*Leptonycteris yerbabuenae*

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

En la Región Ecológica, sobre su propio esfuerzo, el grupo cubre **cinco gremios** —omnívoro, carnívoro, granívoro, herbívoro y nectarívoro—, uno más que en el Área de Influencia y dos más que en el Área del Proyecto. El gremio adicional frente a las otras dos escalas es el nectarívoro, que aporta en solitario el murciélago magueyero menor (*Leptonycteris yerbabuenae*), única especie migratoria del grupo en cualquier escala.

La aparición del gremio nectarívoro en la Región Ecológica es la traducción trófica de una especie que ni el predio ni su franja inmediata registran. El rodal regional reparte sus seis especies en cinco gremios, con el omnívoro como único duplicado —dos especies—, de modo que allí existe una redundancia funcional mínima que ni el predio ni el Área de Influencia alcanzan, y es esa redundancia, sumada al servicio de polinización exclusivo del murciélago, la que sostiene la capacidad de la cuenca para repoblar el predio una vez concluida la obra.

Tabla 178. Gremios tróficos de los reptiles del Área del Proyecto.

Grupo	Gremio trófico	Número de especies	Porcentaje (%)	Especies representativas
Reptiles	Insectívora	3	75.00	*Aspidoscelis costatus*, *Sceloporus clarkii*, *Urosaurus bicarinatus*
Reptiles	Herbívora	1	25.00	*Ctenosaura pectinata*

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

En el Área del Proyecto el grupo se reparte en dos gremios: insectívoro, con tres de las cuatro especies —75.00 %—, y herbívoro, con la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), 25.00 %. La cadena trófica del grupo queda trunca en el consumidor de invertebrados, sin depredador de vertebrados que la cierre.

Tabla 179. Gremios tróficos de los reptiles del Área de Influencia.

Grupo	Gremio trófico	Número de especies	Porcentaje (%)	Especies representativas
Reptiles	Insectívora	6	54.55	*Anolis nebulosus*, *Aspidoscelis costatus*, *Coleonyx variegatus*

Grupo	Gremio trófico	Número de especies	Porcentaje (%)	Especies representativas
Reptiles	Herbívora	2	18.18	*Ctenosaura pectinata*, *Iguana iguana*
Reptiles	Omnívora	2	18.18	*Kinosternon integrum*, *Trachemys ornata*
Reptiles	Carnívora	1	9.09	*Drymarchon melanurus*

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

En el Área de Influencia los reptiles ya presentan los cuatro gremios que la Región Ecológica documenta —insectívoro, herbívoro, omnívoro y carnívoro—, con presencia de las dos tortugas de hábito acuático que le aportan el gremio omnívoro y de la culebra chirriadora colinegra (*Drymarchon melanurus*), único carnívoro del grupo en cualquier escala.

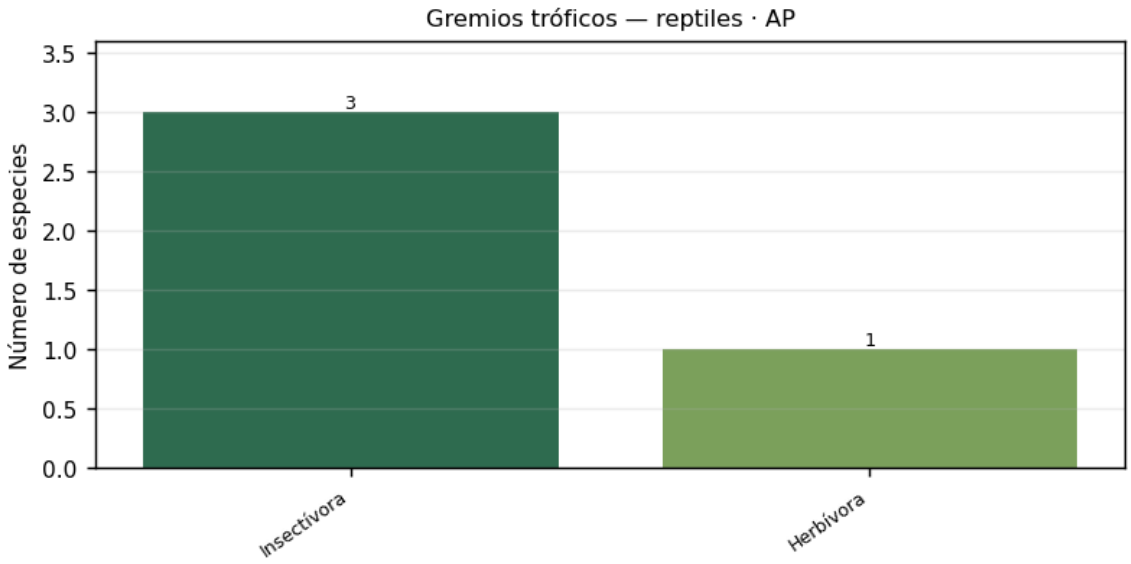


Figura 113. Número de especies de reptiles por gremio trófico en el Área del Proyecto. Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

El dominio insectívoro es funcionalmente relevante: **este gremio es el principal regulador de poblaciones de artrópodos en el sotobosque**, y su permanencia depende de que subsista estructura de refugio a nivel del suelo. Con tres de las cuatro especies del predio en ese gremio, el servicio descansa sobre un plantel estrecho, y la remoción de hojarasca, rocas y troncos caídos que acompaña al despalme es la acción que más directamente lo compromete; de ahí que el rescate y la reubicación de reptiles deban ejecutarse antes del despalme y no después.

Tabla 180. Gremios tróficos de los reptiles de la Región Ecológica.

Grupo	Gremio trófico	Número de especies	Porcentaje (%)	Especies representativas
Reptiles	Insectívora	7	58.33	*Anolis nebulosus*, *Aspidoscelis costatus*, *Coleonyx variegatus*
Reptiles	Herbívora	2	16.67	*Ctenosaura pectinata*, *Iguana iguana*
Reptiles	Omnívora	2	16.67	*Kinosternon integrum*, *Trachemys ornata*
Reptiles	Carnívora	1	8.33	*Drymarchon melanurus*

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

En la Región Ecológica, sobre su propio esfuerzo, el reparto por gremios es idéntico al del Área de Influencia —los cuatro mismos gremios, con las mismas siete, dos, dos y una especies— porque las especies exclusivas de esta escala frente al Área de Influencia, la lagartija arenera elegante (*Holbrookia elegans*), es también insectívora y no desplaza el reparto proporcional.

Los reptiles están dominados por insectívoros en las tres escalas, con presencia de herbívoros —la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en las tres, y la iguana verde (*Iguana iguana*) en el Área de Influencia y la Región Ecológica— y de carnívoros y omnívoros sólo a partir del Área de Influencia. La incorporación del gremio carnívoro —la culebra chirriadora colinegra (*Drymarchon melanurus*)— cierra la cadena trófica del grupo, que en el predio queda trunca en el nivel insectívoro.

Importancia ecológica y abundancia regional

Tabla 181. Importancia ecológica y abundancia regional de la fauna del Área del Proyecto.

Grupo	Especie	Importancia ecológica	Abundancia en la región	Distribución vertical	Sociabilidad
Aves	*Amazilia rutila*	Polinización	Media	Aérea	Solitaria
Aves	*Buteo nitidus*	Trófica	Baja	Aérea	Solitaria
Aves	*Calocitta colliei*	Dispersión de semillas	Media	Aérea	Gregaria
Aves	*Caracara plancus*	Trófica / control de carroña	Media	Aérea	Solitaria
Aves	*Cardinalis cardinalis*	Dispersión de semillas	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Coccyzus minor*	Control de plagas	Baja	Arbórea	Solitaria
Aves	*Columbina inca*	Dispersión de semillas	Alta	Aérea	Gregaria
Aves	*Columbina talpacoti*	Dispersión de semillas	Alta	Aérea	Gregaria

Grupo	Especie	Importancia ecológica	Abundancia en la región	Distribución vertical	Sociabilidad
Aves	*Crotophaga sulcirostris*	Control de plagas	Alta	Terrestre	Gregaria
Aves	*Cynanthus latirostris*	Polinización	Alta	Aérea	Solitaria
Aves	*Dryobates scalaris*	Control de plagas	Alta	Arbórea	Solitaria
Aves	*Glaucidium brasilianum*	Trófica	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Haemorhous mexicanus*	Dispersión de semillas	Alta	Aérea	Gregaria
Aves	*Heliomaster constantii*	Polinización	Baja	Aérea	Solitaria
Aves	*Icterus pustulatus*	Polinización	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Melanerpes uropygialis*	Control de plagas	Alta	Arbórea	Solitaria
Aves	*Myiarchus nuttingi*	Control de plagas	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Myiozetetes similis*	Control de plagas / dispersión de semillas	Media	Aérea	Gregaria
Aves	*Ortalis wagleri*	Dispersión de semillas	Media	Arbórea	Gregaria
Aves	*Patagioenas flavirostris*	Dispersión de semillas	Media	Aérea	Gregaria
Aves	*Pheucticus chrysopeplus*	Dispersión de semillas	Baja	Arbórea	Solitaria
Aves	*Piaya cayana*	Control de plagas	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Pitangus sulphuratus*	Control de plagas	Alta	Aérea	Solitaria
Aves	*Polioptila nigriceps*	Control de plagas	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Saltator grandis*	Dispersión de semillas	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Trogon elegans*	Dispersión de semillas	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Tyrannus melancholicus*	Control de plagas	Alta	Aérea	Solitaria
Aves	*Zenaida asiatica*	Dispersión de semillas	Alta	Aérea	Gregaria

Grupo	Especie	Importancia ecológica	Abundancia en la región	Distribución vertical	Sociabilidad
Aves	*Zenaida macroura*	Dispersión de semillas	Alta	Aérea	Gregaria

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

Las funciones que la comunidad de aves del Área del Proyecto desempeña se concentran en la dispersión de semillas y el control de plagas, con presencia de polinizadores. **La regeneración natural de la selva baja caducifolia depende de la dispersión zoócora**, y el estrato de regeneración documentado en el apartado III.5.1 es su resultado observable.

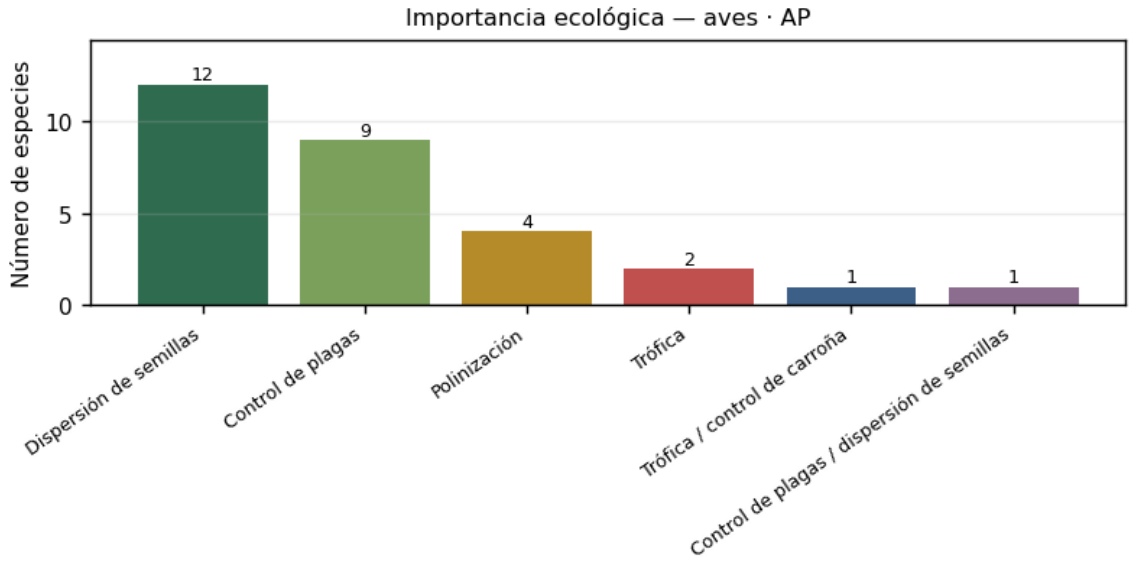


Figura 114. Número de especies de aves por función ecológica declarada en el Área del Proyecto. Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

La dispersión de semillas es la función mejor representada, con 12 de las 29 especies, seguida del control de plagas con 9 y de la polinización con 4. El peso de la barra de dispersión de semillas es el dato que conecta a la fauna con la viabilidad de la restauración: sin dispersores, la recolonización de una superficie restaurada depende exclusivamente de la siembra dirigida. Que doce especies presten ese servicio en el propio predio es, por tanto, un activo del proyecto y no sólo un rasgo de la línea base.

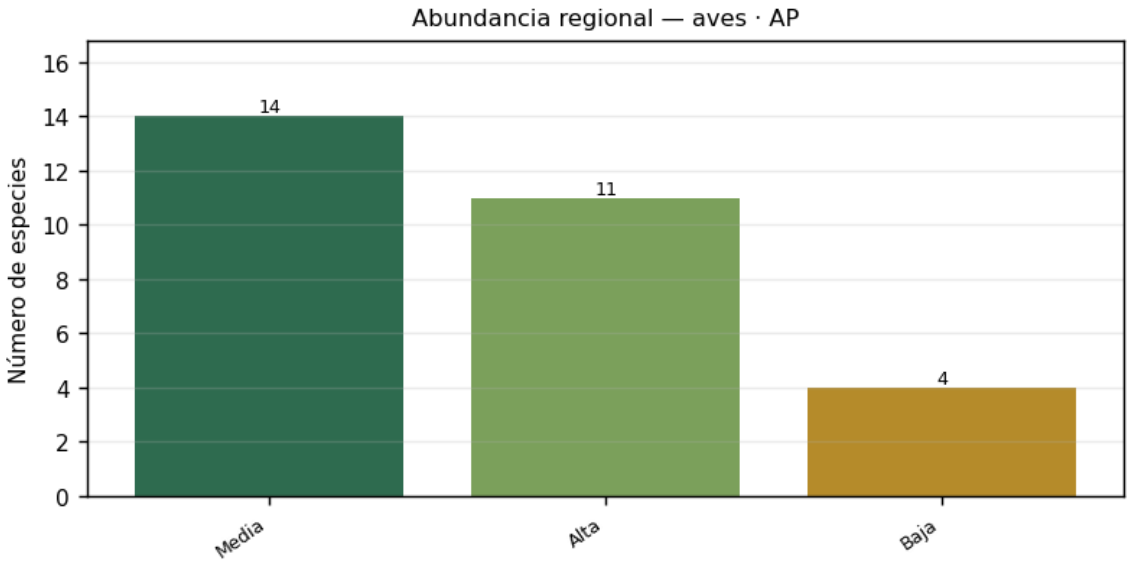


Figura 115. Número de especies de aves por categoría de abundancia regional declarada en el Área del Proyecto. Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

En el Área del Proyecto 14 especies de aves son de abundancia regional media, 11 de abundancia alta y 4 de abundancia baja. Las especies de abundancia regional baja son las que concentran el riesgo de conservación, y su proporción dentro del ensamble es el indicador que permite anticipar cuáles requieren atención específica en las medidas del proyecto. Que sólo 4 de las 29 caigan en esa categoría indica que el ensamble del predio se compone en su mayor parte de especies frecuentes en la cuenca, para las que el hábitat receptor está asegurado; sobre esas cuatro es donde el programa de ahuyentamiento debe extremar el cuidado.

Tabla 182. Importancia ecológica y abundancia regional de la fauna del Área de Influencia.

Grupo	Especie	Importancia ecológica	Abundancia en la región	Distribución vertical	Sociabilidad
Aves	*Actitis macularius*	Control de plagas	Media	Terrestre	Solitaria
Aves	*Amazilia rutila*	Polinización	Media	Aérea	Solitaria
Aves	*Amazona finschi*	Dispersión de semillas	Baja	Aérea	Gregaria
Aves	*Aratinga canicularis*	Dispersión de semillas	Media	Aérea	Gregaria
Aves	*Buteo nitidus*	Trófica	Baja	Aérea	Solitaria
Aves	*Cacicus melanicterus*	Dispersión de semillas	Media	Aérea	Gregaria
Aves	*Calocitta colliei*	Dispersión de semillas	Media	Aérea	Gregaria

Grupo	Especie	Importancia ecológica	Abundancia en la región	Distribución vertical	Sociabilidad
Aves	*Campephilus guatemalensis*	Control de plagas	Baja	Arbórea	Solitaria
Aves	*Camptostoma imberbe*	Control de plagas	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Cardinalis cardinalis*	Dispersión de semillas	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Coccyzus minor*	Control de plagas	Baja	Arbórea	Solitaria
Aves	*Columbina inca*	Dispersión de semillas	Alta	Aérea	Gregaria
Aves	*Columbina passerina*	Dispersión de semillas	Alta	Aérea	Gregaria
Aves	*Columbina talpacoti*	Dispersión de semillas	Alta	Aérea	Gregaria
Aves	*Coragyps atratus*	Trófica	Alta	Aérea	Gregaria
Aves	*Corvus sinaloae*	Dispersión de semillas	Media	Aérea	Gregaria
Aves	*Crotophaga sulcirostris*	Control de plagas	Alta	Terrestre	Gregaria
Aves	*Cynanthus latirostris*	Polinización	Alta	Aérea	Solitaria
Aves	*Dryobates scalaris*	Control de plagas	Alta	Arbórea	Solitaria
Aves	*Glaucidium brasilianum*	Trófica	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Haemorhous mexicanus*	Dispersión de semillas	Alta	Aérea	Gregaria
Aves	*Heliomaster constantii*	Polinización	Baja	Aérea	Solitaria
Aves	*Icterus pustulatus*	Polinización	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Melanerpes uropygialis*	Control de plagas	Alta	Arbórea	Solitaria
Aves	*Momotus mexicanus*	Control de plagas	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Myiozetetes similis*	Control de plagas / dispersión de semillas	Media	Aérea	Gregaria

Grupo	Especie	Importancia ecológica	Abundancia en la región	Distribución vertical	Sociabilidad
Aves	*Ortalis wagleri*	Dispersión de semillas	Media	Arbórea	Gregaria
Aves	*Passer domesticus*	No relevante (especie introducida)	Alta	Aérea	Gregaria
Aves	*Patagioenas flavirostris*	Dispersión de semillas	Media	Aérea	Gregaria
Aves	*Pheucticus chrysopeplus*	Dispersión de semillas	Baja	Arbórea	Solitaria
Aves	*Piaya cayana*	Control de plagas	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Pitangus sulphuratus*	Control de plagas	Alta	Aérea	Solitaria
Aves	*Polioptila nigriceps*	Control de plagas	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Saltator grandis*	Dispersión de semillas	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Tyrannus melancholicus*	Control de plagas	Alta	Aérea	Solitaria
Aves	*Zenaida asiatica*	Dispersión de semillas	Alta	Aérea	Gregaria
Aves	*Zenaida macroura*	Dispersión de semillas	Alta	Aérea	Gregaria

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

En el Área de Influencia, **16 de las 37 especies de aves cumplen función de dispersión de semillas, 12 función de control de insectos y 4 función polinizadora**; se suma además una especie —el gorrión doméstico (*Passer domesticus*)— cuya función se declara «no relevante» por tratarse de una especie introducida.

De las 37 especies del Área de Influencia, 17 son de abundancia regional media, 14 de abundancia alta y 6 de abundancia baja: una proporción de especies escasas —6 de 37, 16.22 %— cercana a la de la Región Ecológica (7 de 39, 17.95 %), y por encima de la del Área del Proyecto (4 de 29, 13.79 %). El predio no concentra las aves de menor abundancia regional; si algo, las dos escalas de contexto las alojan en mayor proporción.

Tabla 183. Importancia ecológica y abundancia regional de la fauna de la Región Ecológica.

Grupo	Especie	Importancia ecológica	Abundancia en la región	Distribución vertical	Sociabilidad
Aves	*Actitis macularius*	Control de plagas	Media	Terrestre	Solitaria
Aves	*Amazilia rutila*	Polinización	Media	Aérea	Solitaria

Grupo	Especie	Importancia ecológica	Abundancia en la región	Distribución vertical	Sociabilidad
Aves	*Amazona finschi*	Dispersión de semillas	Baja	Aérea	Gregaria
Aves	*Aratinga canicularis*	Dispersión de semillas	Media	Aérea	Gregaria
Aves	*Buteo nitidus*	Trófica	Baja	Aérea	Solitaria
Aves	*Cacicus melanicterus*	Dispersión de semillas	Media	Aérea	Gregaria
Aves	*Calocitta colliei*	Dispersión de semillas	Media	Aérea	Gregaria
Aves	*Campephilus guatemalensis*	Control de plagas	Baja	Arbórea	Solitaria
Aves	*Camptostoma imberbe*	Control de plagas	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Cardinalis cardinalis*	Dispersión de semillas	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Coccyzus minor*	Control de plagas	Baja	Arbórea	Solitaria
Aves	*Columbina passerina*	Dispersión de semillas	Alta	Aérea	Gregaria
Aves	*Columbina talpacoti*	Dispersión de semillas	Alta	Aérea	Gregaria
Aves	*Coragyps atratus*	Trófica	Alta	Aérea	Gregaria
Aves	*Corvus sinaloae*	Dispersión de semillas	Media	Aérea	Gregaria
Aves	*Cyanocorax beecheii*	Dispersión de semillas	Baja	Aérea	Gregaria
Aves	*Dendrocygna autumnalis*	Dispersión de semillas	Media	Aérea	Gregaria
Aves	*Dryobates scalaris*	Control de plagas	Alta	Arbórea	Solitaria
Aves	*Forpus cyanopygius*	Dispersión de semillas	Media	Aérea	Gregaria
Aves	*Glaucidium brasilianum*	Trófica	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Haemorhous mexicanus*	Dispersión de semillas	Alta	Aérea	Gregaria
Aves	*Heliomaster constantii*	Polinización	Baja	Aérea	Solitaria

Grupo	Especie	Importancia ecológica	Abundancia en la región	Distribución vertical	Sociabilidad
Aves	*Icterus pustulatus*	Polinización	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Melanerpes uropygialis*	Control de plagas	Alta	Arbórea	Solitaria
Aves	*Momotus mexicanus*	Control de plagas	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Myiarchus nuttingi*	Control de plagas	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Myiozetetes similis*	Control de plagas / dispersión de semillas	Media	Aérea	Gregaria
Aves	*Ortalis wagleri*	Dispersión de semillas	Media	Arbórea	Gregaria
Aves	*Patagioenas flavirostris*	Dispersión de semillas	Media	Aérea	Gregaria
Aves	*Pheucticus chrysopeplus*	Dispersión de semillas	Baja	Arbórea	Solitaria
Aves	*Piaya cayana*	Control de plagas	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Pitangus sulphuratus*	Control de plagas	Alta	Aérea	Solitaria
Aves	*Polioptila nigriceps*	Control de plagas	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Saltator grandis*	Dispersión de semillas	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Toxostoma curvirostre*	Control de plagas	Media	Terrestre	Solitaria
Aves	*Trogon elegans*	Dispersión de semillas	Media	Arbórea	Solitaria
Aves	*Tyrannus melancholicus*	Control de plagas	Alta	Aérea	Solitaria
Aves	*Zenaida asiatica*	Dispersión de semillas	Alta	Aérea	Gregaria
Aves	*Zenaida macroura*	Dispersión de semillas	Alta	Aérea	Gregaria

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

En la Región Ecológica, sobre su propio esfuerzo, **19 de las 39 especies de aves cumplen función de dispersión de semillas, 13 función de control de insectos y 3 función polinizadora**. Una comunidad con diecinueve especies dispersoras es el mecanismo que sostiene el reclutamiento de las especies arbóreas del rodal.

La comparación entre las tres escalas muestra que el servicio de dispersión no sólo está presente en las tres sino que las dos de contexto lo sostienen con un plantel de especies mayor que el predio, lo que da redundancia funcional al proceso.

De las 39 especies, **22 son de abundancia regional media, 10 de abundancia alta y 7 de abundancia baja**. Estas últimas coinciden en buena medida con las incluidas en el Anexo Normativo III que identifica el apartado III.4. La proporción de especies escasas es semejante en las tres escalas —7 de 39 en la Región Ecológica, 7 de 37 en el Área de Influencia y 4 de 29 en el Área del Proyecto—, de modo que el predio ni concentra ni excluye a las aves de menor abundancia regional: las alberga en menor proporción que las dos escalas de contexto, y sobre esas cuatro es donde el programa de ahuyentamiento debe extremar el cuidado.

Tabla 184. Importancia ecológica y abundancia regional de los mamíferos del Área del Proyecto.

Grupo	Especie	Importancia ecológica	Abundancia en la región	Distribución vertical	Sociabilidad
Mamíferos	*Odocoileus virginianus*	Trófica / dispersión de semillas	Media	Terrestre	Gregaria (grupos familiares pequeños)
Mamíferos	*Otospermophilus variegatus*	Dispersión de semillas	Alta	Terrestre	Gregaria
Mamíferos	*Procyon lotor*	Trófica	Media	Terrestre	Solitaria

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

En el Área del Proyecto los tres mamíferos declaran tres funciones sin traslape —función trófica y de dispersión el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), dispersión de semillas el ardillón de roca (*Otospermophilus variegatus*) y función trófica el mapache (*Procyon lotor*)— y los tres son de distribución terrestre. Es un ensamble de suelo, y por tanto el que más directamente resiente el despalme.

Tabla 185. Importancia ecológica y abundancia regional de los mamíferos del Área de Influencia.

Grupo	Especie	Importancia ecológica	Abundancia en la región	Distribución vertical	Sociabilidad
Mamíferos	*Canis latrans*	Trófica	Media	Terrestre	Solitaria
Mamíferos	*Lepus alleni*	Trófica	Media	Terrestre	Solitaria
Mamíferos	*Lynx rufus*	Trófica	Baja	Terrestre	Solitaria
Mamíferos	*Odocoileus virginianus*	Trófica / dispersión de semillas	Media	Terrestre	Gregaria (grupos familiares pequeños)
Mamíferos	*Otospermophilus variegatus*	Dispersión de semillas	Alta	Terrestre	Gregaria
Mamíferos	*Procyon lotor*	Trófica	Media	Terrestre	Solitaria

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

En el Área de Influencia los seis mamíferos son, sin excepción, de distribución terrestre: cuatro cumplen función trófica —el coyote (*Canis latrans*), la liebre antílope (*Lepus alleni*), el gato montés (*Lynx rufus*) y, junto con la dispersión de semillas, el venado cola blanca— y uno, el ardillón de roca, dispersa semillas en solitario.

Tabla 186. Importancia ecológica y abundancia regional de los mamíferos de la Región Ecológica.

Grupo	Especie	Importancia ecológica	Abundancia en la región	Distribución vertical	Sociabilidad
Mamíferos	*Canis latrans*	Trófica	Media	Terrestre	Solitaria
Mamíferos	*Leptonycteris yerbabuenae*	Polinización	Media	Aérea	Gregaria
Mamíferos	*Lepus alleni*	Trófica	Media	Terrestre	Solitaria
Mamíferos	*Lynx rufus*	Trófica	Baja	Terrestre	Solitaria
Mamíferos	*Otospermophilus variegatus*	Dispersión de semillas	Alta	Terrestre	Gregaria
Mamíferos	*Procyon lotor*	Trófica	Media	Terrestre	Solitaria

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

En la Región Ecológica, sobre su propio esfuerzo, los mamíferos aportan función trófica, dispersión de semillas y —de forma exclusiva de esta escala— polinización, gracias al murciélago magueyero menor (*Leptonycteris yerbabuenae*), único mamífero de distribución aérea del estudio.

El rodal regional añade, sobre lo que ya aporta el Área de Influencia, la polinización de cactáceas columnares, función que ni el predio ni su franja inmediata registran pese a que las cactáceas sí están presentes en las tres escalas. Cuatro de las seis especies regionales cumplen función trófica y una la dispersión de semillas, frente a la misma proporción en el Área de Influencia; la diferencia entre las dos escalas de contexto no es de reparto funcional sino de una función adicional —la polinización— que sólo la Región Ecológica sostiene. Esa asimetría es un argumento a favor de que la superficie de compensación se ubique en continuidad con los rodales que sostienen esa función, y no aislada de ellos.

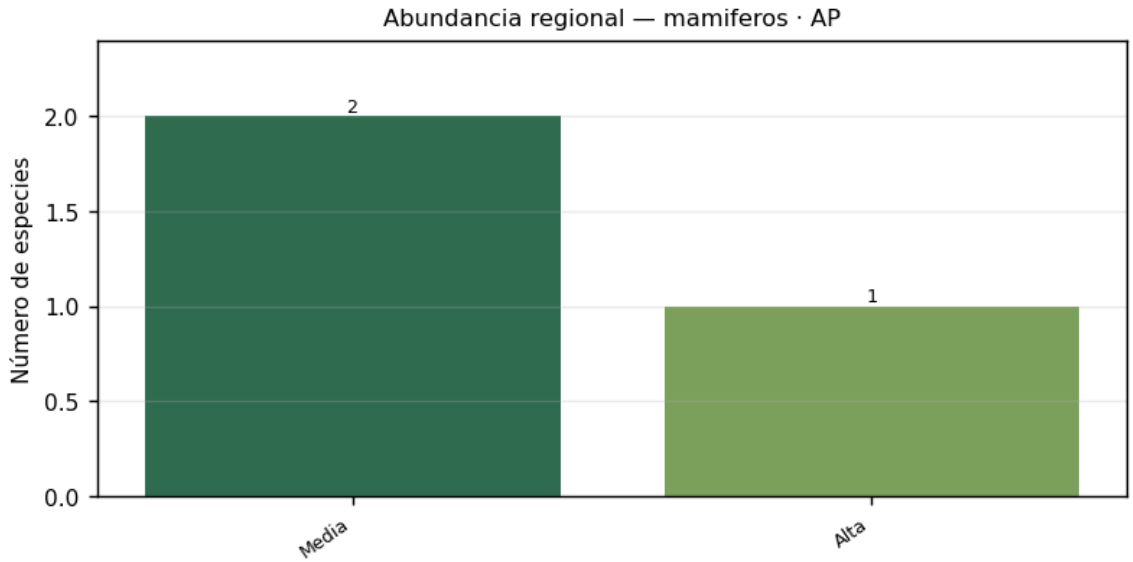


Figura 116. Número de especies de mamíferos por categoría de abundancia regional declarada en el Área del Proyecto. Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

Las tres especies del predio son de abundancia regional media o alta —alta el ardillón de roca (*Otospermophilus variegatus*); media el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y el mapache (*Procyon lotor*)—, es decir, ninguna es rara en el contexto de la cuenca. La afectación del predio no compromete por tanto la permanencia regional de ninguna de ellas, y el ahuyentamiento previo al desmonte las desplaza hacia hábitat ocupado por poblaciones de su misma especie, no hacia territorio vacío.

Sobre su propio esfuerzo, la Región Ecológica reparte sus seis especies en cuatro de abundancia media, una de abundancia alta y una de abundancia baja —esta última el gato montés (*Lynx rufus*), depredador tope del grupo y el de mayor requerimiento de área—; el Área de Influencia reparte las suyas en cuatro de abundancia media, una alta y una baja —el mismo gato montés—. El depredador de mayor talla es, en las dos escalas de contexto, la especie de menor abundancia regional, y ninguna de las dos lo registra dentro del Área del Proyecto: coherente con la superficie del polígono —13.4689 ha— y con su posición de borde, el predio ofrece hábitat de paso, no territorio de residencia para un carnívoro de esa talla.

Tabla 187. Importancia ecológica y abundancia regional de los reptiles del Área del Proyecto.

Grupo	Especie	Importancia ecológica	Abundancia en la región	Distribución vertical	Sociabilidad
Reptiles	*Aspidoscelis costatus*	Control de plagas	Alta	Terrestre	Solitaria
Reptiles	*Ctenosaura pectinata*	Dispersión de semillas	Media	Arbórea	Gregaria
Reptiles	*Sceloporus clarkii*	Control de plagas	Alta	Arbórea	Solitaria
Reptiles	*Urosaurus bicarinatus*	Control de plagas	Alta	Arbórea	Solitaria

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

En el Área del Proyecto tres de las cuatro especies de reptiles prestan el control de plagas y la cuarta, la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), la dispersión de semillas; tres son de abundancia regional alta y ninguna es de distribución acuática, lo que confirma que el predio no ofrece el hábitat de las tortugas registradas en las otras dos escalas.

Tabla 188. Importancia ecológica y abundancia regional de los reptiles del Área de Influencia.

Grupo	Especie	Importancia ecológica	Abundancia en la región	Distribución vertical	Sociabilidad
Reptiles	*Anolis nebulosus*	Control de plagas	Alta	Arbórea	Solitaria
Reptiles	*Aspidoscelis costatus*	Control de plagas	Alta	Terrestre	Solitaria
Reptiles	*Coleonyx variegatus*	Control de plagas	Media	Terrestre	Solitaria
Reptiles	*Ctenosaura pectinata*	Dispersión de semillas	Media	Arbórea	Gregaria
Reptiles	*Drymarchon melanurus*	Trófica	Baja	Terrestre	Solitaria

Grupo	Especie	Importancia ecológica	Abundancia en la región	Distribución vertical	Sociabilidad
Reptiles	*Hemidactylus frenatus*	Control de plagas	Alta	Terrestre	Solitaria
Reptiles	*Iguana iguana*	Dispersión de semillas	Media	Arbórea	Gregaria
Reptiles	*Kinosternon integrum*	Trófica	Media	Acuática	Solitaria
Reptiles	*Sceloporus clarkii*	Control de plagas	Alta	Arbórea	Solitaria
Reptiles	*Trachemys ornata*	Trófica	Baja	Acuática	Gregaria
Reptiles	*Urosaurus bicarinatus*	Control de plagas	Alta	Arbórea	Solitaria

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

En el Área de Influencia los reptiles ya aportan control de plagas, dispersión de semillas y función trófica —esta última a través de la culebra chirriadora colinegra (*Drymarchon melanurus*) y de las dos tortugas—, la misma composición funcional que reporta la Región Ecológica.

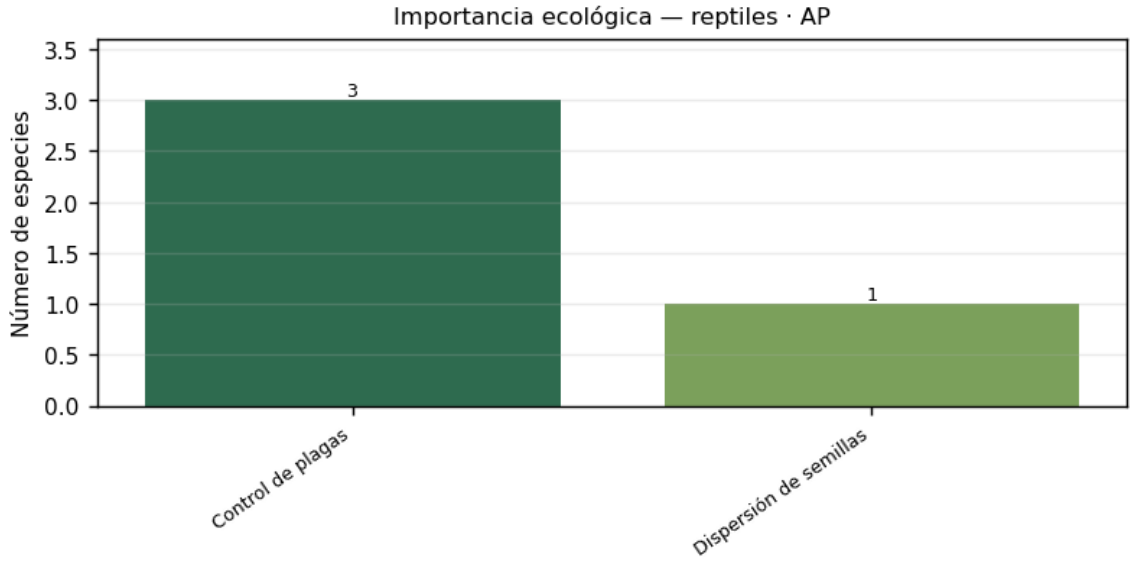


Figura 117. Número de especies de reptiles por función ecológica declarada en el Área del Proyecto. Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

El control de plagas domina el ensamble, función que se ejerce sobre poblaciones de artrópodos del sotobosque y que depende de que subsista microhábitat a nivel de suelo. Tres de las cuatro especies del predio prestan esa función y la cuarta, la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), aporta dispersión de semillas. La dependencia del microhábitat —hojarasca, rocas y troncos caídos— es lo que hace de este el grupo más expuesto al despalme y, a la vez, el que mejor responde a una medida de rescate ejecutada antes de él.

Tabla 189. Importancia ecológica y abundancia regional de los reptiles de la Región Ecológica.

Grupo	Especie	Importancia ecológica	Abundancia en la región	Distribución vertical	Sociabilidad
Reptiles	*Anolis nebulosus*	Control de plagas	Alta	Arbórea	Solitaria
Reptiles	*Aspidoscelis costatus*	Control de plagas	Alta	Terrestre	Solitaria
Reptiles	*Coleonyx variegatus*	Control de plagas	Media	Terrestre	Solitaria
Reptiles	*Ctenosaura pectinata*	Dispersión de semillas	Media	Arbórea	Gregaria
Reptiles	*Drymarchon melanurus*	Trófica	Baja	Terrestre	Solitaria
Reptiles	*Hemidactylus frenatus*	Control de plagas	Alta	Terrestre	Solitaria
Reptiles	*Holbrookia elegans*	Control de plagas	Media	Terrestre	Solitaria
Reptiles	*Iguana iguana*	Dispersión de semillas	Media	Arbórea	Gregaria
Reptiles	*Kinosternon integrum*	Trófica	Media	Acuática	Solitaria
Reptiles	*Sceloporus clarkii*	Control de plagas	Alta	Arbórea	Solitaria
Reptiles	*Trachemys ornata*	Trófica	Baja	Acuática	Gregaria
Reptiles	*Urosaurus bicarinatus*	Control de plagas	Alta	Arbórea	Solitaria

Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

En la Región Ecológica, sobre su propio esfuerzo, la única especie adicional frente al Área de Influencia —la lagartija arenera elegante (*Holbrookia elegans*)— presta también control de plagas, de modo que la composición funcional del grupo es idéntica en las dos escalas de contexto.

El rodal regional y su franja inmediata comparten la función de depredación de vertebrados —ausente del predio—, lo que completa la cadena trófica del grupo en ambas escalas de contexto y no sólo en la más distante.

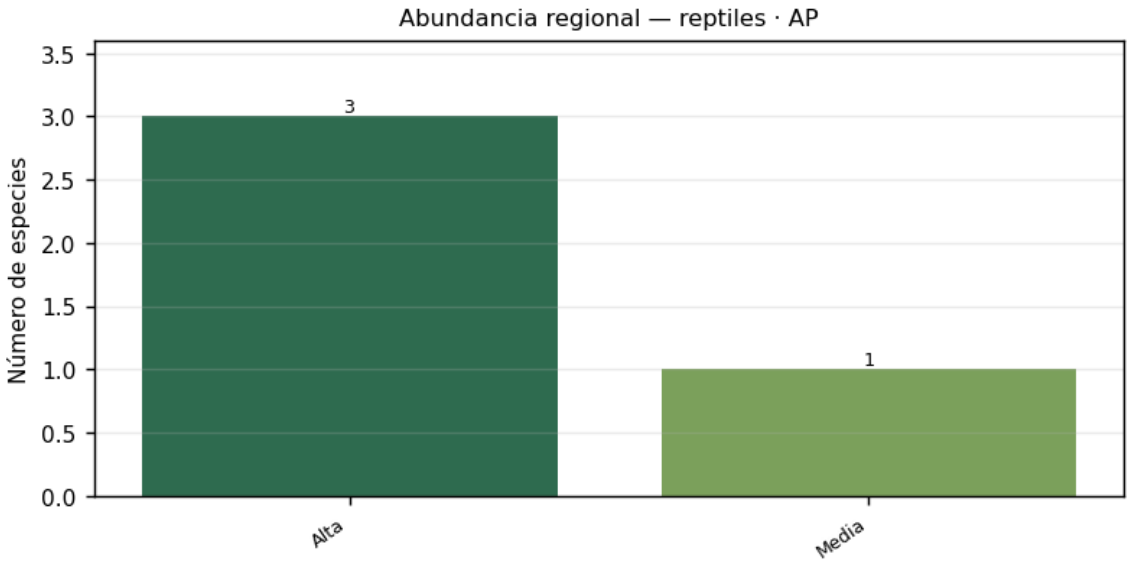


Figura 118. Número de especies de reptiles por categoría de abundancia regional declarada en el Área del Proyecto. Fuente: caracterización de campo del levantamiento.

Tres de las cuatro especies del predio son de abundancia regional alta y una, la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), de abundancia media, lo que indica que ninguna depende exclusivamente de esta superficie para su permanencia en la cuenca. El dato sustenta el destino de reubicación: los individuos rescatados se liberan en rodales donde su especie ya es frecuente, condición que el apartado III.5.7 documenta para las cuatro.

III.5.9 Síntesis comparativa de la fauna

La batería completa por grupo y escala se consolida en tres cuadros —Área del Proyecto, Área de Influencia y Región Ecológica—, con la especie de mayor valor de importancia, la completitud del inventario y el número de especies del Anexo Normativo III. La completitud no baja de 67.08 % en ninguna de las nueve combinaciones de grupo y escala cuando se exige a cada escala su propio esfuerzo; el apartado III.3.2 documenta por qué la completitud de la Región Ecológica que aquí se publica corresponde al esfuerzo fusionado con el Área de Influencia —la regla de diseño recomendada para el módulo con que se calculó esta fauna—, mientras que la del Área de Influencia corresponde a su propio esfuerzo, de solo tres alineamientos, y por eso es la más baja de las tres escalas en dos de los tres grupos.

Tabla 190. Síntesis de los índices de diversidad de fauna del Área del Proyecto por grupo.

Grupo	S	N	DMg	DMn	H′	Var H′	J′	λ	1−λ	d	D	HB	N_0	N_1	N_2	VIF dominante	Completitud (%)	Especies en riesgo	Diagnóstico ecológico
Aves	29	135	5.71	2.50	3.31	0.00164	0.98	0.04	0.96	0.07	0.88	2.97	29.00	27.31	25.78	*Tyrannus melancholicus* (11.43)	83.49	0	Comunidad rica y equitativa, sin dominancia marcada

Grupo	S	N	DMg	DMn	H′	Var H′	J′	λ	1−λ	d	D	HB	N_0	N_1	N_2	VIF dominante	Completitud (%)	Especies en riesgo	Diagnóstico ecológico
Mamíferos	3	11	0.83	0.90	1.04	0.01821	0.94	0.37	0.63	0.45	0.56	0.80	3.00	2.82	2.69	*Otospermophilus variegatus* (90.91)	84.18	0	Riqueza muy baja; los índices se leen con reserva
Reptiles	4	17	1.06	0.97	1.35	0.00896	0.98	0.27	0.73	0.35	0.64	1.10	4.00	3.88	3.75	*Sceloporus clarkii* (70.59)	86.38	1	Comunidad de diversidad media con reparto relativamente equilibrado

Fuente: índices calculados sobre los registros del levantamiento; completitud según el ajuste de Clench sobre el esfuerzo propio del Área del Proyecto; especies en riesgo conforme al Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 a nivel de especie. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

En el Área del Proyecto las aves aportan 29 de las 36 especies de fauna registradas y la única especie del Anexo Normativo III es un reptil. Los tres grupos comparten equidades muy altas —de 0.94 a 0.98— y ninguno presenta dominancia: la especie de mayor valor de importancia entre las aves, el tirano tropical (*Tyrannus melancholicus*), reúne 11.43 de los 200 puntos que el índice reparte.

Tabla 191. Síntesis de los índices de diversidad de fauna del Área de Influencia por grupo.

Grupo	S	N	DMg	DMn	H′	Var H′	J′	λ	1−λ	d	D	HB	N_0	N_1	N_2	VIF dominante	Completitud (%)	Especies en riesgo	Diagnóstico ecológico
Aves	37	147	7.21	3.05	3.38	0.00400	0.94	0.04	0.96	0.10	0.87	3.02	37.00	29.39	23.77	*Calocitta colliei* (13.42)	78.14	2	Comunidad rica y equitativa, sin dominancia marcada
Mamíferos	6	20	1.67	1.34	1.67	0.02000	0.93	0.21	0.79	0.30	0.70	1.35	6.00	5.31	4.88	*Otospermophilus variegatus* (50.00)	90.16	0	Comunidad de diversidad media con reparto relativamente equilibrado
Reptiles	11	28	3.00	2.08	2.28	0.01000	0.95	0.11	0.89	0.18	0.82	1.83	11.00	9.75	8.91	*Iguana iguana* (32.86)	67.08	4	Comunidad diversa con reparto equilibrado

Fuente: índices calculados sobre los registros del levantamiento; completitud según el ajuste de Clench sobre el esfuerzo propio del Área de Influencia (tres alineamientos: la más baja de las tres escalas en aves y reptiles, por el tamaño de muestra); especies en riesgo conforme al Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 a nivel de especie. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

El Área de Influencia es la escala intermedia en riqueza y diversidad de los tres grupos, con valores más cercanos a los de la Región Ecológica que a los del predio: 37 especies de aves frente a 39 y 29, H′ = 3.38 idéntico al de la Región Ecológica y muy por encima del 3.31 del predio. Su completitud propia, sin embargo, es la más baja de las tres escalas en aves y reptiles —78.14 % y 67.08 %—, consecuencia directa de basarse en solo tres alineamientos; el Área del Proyecto, con seis o siete, y la Región Ecológica, cuya completitud aquí publicada usa el esfuerzo fusionado con el propio Área de Influencia, no comparten esa limitación.

Tabla 192. Síntesis de los índices de diversidad de fauna de la Región Ecológica por grupo.

Grupo	S	N	DMg	DMn	H′	Var H′	J′	λ	1−λ	d	D	HB	N_0	N_1	N_2	VIF dominante	Completitud (%)	Especies en riesgo	Diagnóstico ecológico
Aves	39	155	7.53	3.13	3.38	0.00400	0.92	0.04	0.96	0.07	0.87	3.03	39.00	29.50	24.64	*Melanerpes uropygialis* (12.22)	82.16	4	Comunidad rica y equitativa, sin dominancia marcada
Mamíferos	6	17	1.76	1.46	1.56	0.03000	0.87	0.25	0.75	0.41	0.66	1.22	6.00	4.77	3.96	*Leptonycteris yerbabuenae* (71.95)	85.27	1	Comunidad de diversidad media, con una especie dominante
Reptiles	12	33	3.15	2.09	2.38	0.01000	0.96	0.10	0.90	0.15	0.83	1.95	12.00	10.75	9.99	*Holbrookia elegans* (27.15)	83.51	4	Comunidad diversa con dominancia moderada

Fuente: índices calculados sobre los registros del levantamiento; completitud según el ajuste de Clench sobre el esfuerzo fusionado Área de Influencia + Región Ecológica (siete alineamientos), conforme a la alternativa recomendada en el apartado III.3.2; especies en riesgo conforme al Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 a nivel de especie. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Las aves son el grupo más rico y más diverso en las tres escalas, con 29, 37 y 39 especies y valores de Shannon-Wiener de 3.31, 3.38 y 3.38. Los reptiles ocupan el segundo lugar en diversidad de las dos escalas de contexto —H′ = 2.28 y 2.38— pese a su menor riqueza, gracias a equidades de 0.95 y 0.96. Los mamíferos son el grupo de menor riqueza en las tres escalas, aunque en la Región Ecológica dejan de ser también el de menor dominancia: el murciélago magueyero menor concentra 41.18 % de sus individuos. **La equidad es alta en las nueve combinaciones**, entre 0.87 y 0.98, con la única excepción relativa de los mamíferos de la Región Ecológica: ningún grupo faunístico presenta dominancia fuerte de una sola especie.

La Región Ecológica y el Área de Influencia superan al Área del Proyecto en riqueza en los tres grupos, y entre ellas la diferencia es pequeña: 37 y 39 aves frente a 29, 6 y 6 mamíferos frente a 3, 11 y 12 reptiles frente a 4. La diferencia proporcional frente al predio es mayor en reptiles y mamíferos —grupos de menor

movilidad y mayor dependencia de la estructura del hábitat— que en aves, cuya capacidad de desplazamiento les permite usar el predio aunque no residan exclusivamente en él.

La ventaja de las dos escalas de contexto en diversidad sigue el mismo orden que en riqueza, lo que confirma que la diferencia frente al predio es de número de especies y no de reparto de abundancias. En cifras, H′ pasa de 3.31 en el predio a 3.38 en el Área de Influencia y la Región Ecológica en aves —una diferencia mínima entre las dos escalas de contexto—, de 1.04 a 1.67 y 1.56 en mamíferos, y de 1.35 a 2.28 y 2.38 en reptiles: la brecha frente al predio es estrecha en el grupo más móvil y amplia en los dos de menor movilidad, que son los que dependen de la estructura del hábitat y no pueden compensar su pérdida desplazándose.

La equidad se mantiene por encima de 0.87 en las nueve combinaciones, es decir, **no hay diferencia apreciable entre escalas en cómo se reparte la abundancia**, salvo el matiz ya señalado en los mamíferos de la Región Ecológica. Es en lo esencial el mismo resultado que arrojó la flora en sus estratos leñosos, y apunta a la misma conclusión: comunidades del mismo tipo en distinto grado de conservación.

La coherencia entre Simpson, Shannon-Wiener y Pielou en los nueve casos descarta que las diferencias observadas dependan de la métrica elegida. La diversidad de Simpson va de 0.63 en los mamíferos del predio a 0.96 en las aves de las dos escalas de contexto y ordena a los grupos de forma consistente con Shannon-Wiener en las nueve combinaciones. Que tres índices construidos sobre supuestos distintos coincidan permite fundar el diagnóstico del apartado III.7 en el conjunto de la batería y no en un índice aislado.

Tabla 193. Diversidad alfa media por unidad de muestreo de fauna, por escala y grupo.

Escala	Grupo	Unidades comparadas	Riqueza media por unidad (α)	Jaccard medio	Sørensen medio	βW
AP	Aves	7	15.57	0.33	0.49	0.86
AP	Mamíferos	6	1.83	0.46	0.57	0.64
AP	Reptiles	7	2.43	0.41	0.54	0.65
AI	Aves	3	25.67	0.54	0.70	0.44
AI	Mamíferos	3	5.00	0.77	0.87	0.20
AI	Reptiles	3	6.67	0.39	0.55	0.65
RE	Aves	4	19.50	0.32	0.47	1.00
RE	Mamíferos	4	3.25	0.41	0.56	0.85
RE	Reptiles	4	6.25	0.30	0.44	0.92

Fuente: diversidad beta entre unidades de muestreo dentro de cada grupo y escala, sobre el esfuerzo propio de cada una (tres alineamientos en el Área de Influencia, cuatro en la Región Ecológica, seis o siete en el Área del Proyecto).

El recambio interno entre unidades de muestreo es más bajo —mayor similitud— en el Área de Influencia que en las otras dos escalas para aves y mamíferos, con Jaccard y Sørensen más altos y βW más bajo: con solo tres alineamientos, un ensamble homogéneo se percibe como más similar entre unidades que uno muestreado sobre un esfuerzo mayor, que tiene más oportunidad de registrar el recambio real del rodal. La Región Ecológica, con su propio esfuerzo de cuatro alineamientos, muestra el recambio más alto de las tres escalas en aves —βW = 1.00— y en reptiles —βW = 0.92—, coherente con ser la unidad de mayor riqueza y heterogeneidad. El patrón confirma lo mismo que el apartado III.3.2: la Región Ecológica y el Área de Influencia, tomadas cada una sobre su propio esfuerzo de tres o cuatro alineamientos, no alcanzan la solidez

estadística del predio, y las lecturas de beta intra-escala en estas dos deben tomarse como una primera aproximación, no como una medida cerrada.

Tabla 194. Diversidad beta de fauna entre escalas, por grupo.

Grupo	Comparación	S contexto	S foco	Compartidas	γ	Jaccard	Sørensen	Bray-Curtis	Complementariedad	βW	β de Lande	βSIM	βSNE	Patrón
Aves	RE → AP	39	29	25	43	0.58	0.74	0.43	0.42	0.26	9.00	0.14	0.13	recambio (turnover)
Aves	RE → AI	39	37	33	43	0.77	0.87	0.47	0.23	0.13	5.00	0.11	0.02	recambio (turnover)
Aves	AI → AP	37	29	26	40	0.65	0.79	0.62	0.35	0.21	7.00	0.10	0.11	anidamiento
Mamíferos	RE → AP	6	3	2	7	0.29	0.44	0.24	0.71	0.56	2.50	0.33	0.22	recambio (turnover)
Mamíferos	RE → AI	6	6	5	7	0.71	0.83	0.46	0.29	0.17	1.00	0.17	0.00	recambio (turnover)
Mamíferos	AI → AP	6	3	3	6	0.50	0.67	0.63	0.50	0.33	1.50	0.00	0.33	anidamiento
Reptiles	RE → AP	12	4	4	12	0.33	0.50	0.33	0.67	0.50	4.00	0.00	0.50	anidamiento
Reptiles	RE → AI	12	11	11	12	0.92	0.96	0.67	0.08	0.04	0.50	0.00	0.04	anidamiento
Reptiles	AI → AP	11	4	4	11	0.36	0.53	0.46	0.64	0.47	3.50	0.00	0.47	anidamiento

Fuente: diversidad beta entre las tres escalas por grupo faunístico; partición de Baselga y componente aditivo de Lande. El par se expresa siempre contexto → foco, con la escala mayor como contexto.

La partición de Baselga muestra recambio entre las dos escalas de contexto y anidamiento del Área del Proyecto dentro de ambas, en los tres grupos. El par Área de Influencia → Área del Proyecto es anidamiento puro en mamíferos y reptiles —βSIM = 0.00— y casi puro en aves —βSIM = 0.10 frente a βSNE = 0.11—: las especies del predio son, salvo una excepción por grupo, un subconjunto de las del Área de Influencia. La única excepción en aves es el caracara común (*Caracara plancus*), registrado en el predio y ausente de las otras dos escalas; en mamíferos y reptiles no hay ninguna especie exclusiva del Área del Proyecto frente al Área de Influencia. Entre la Región Ecológica y el Área de Influencia, en cambio, el patrón es de recambio en los tres grupos —el par que comparte más especies (Sørensen 0.96 en reptiles, 0.87 en aves y mamíferos) también es, salvo en reptiles, el que más difiere en composición relativa a su tamaño—, coherente con ser dos escalas de contexto distintas y no una anidada en la otra.

La matriz confirma que los tres grupos comparten una fracción sustancial de su composición entre las tres escalas. **El proyecto no interviene sobre un ensamble faunístico exclusivo**, y las especies que lo ocupan disponen de hábitat continuo en la cuenca y en la franja que la rodea. Vista sobre el conjunto de las tres escalas —no por pares—, la fauna del Área del Proyecto suma 36 especies (29 aves, 3 mamíferos, 4 reptiles); la del Área de Influencia, 54 (37, 6, 11); la de la Región Ecológica, 57 (39, 6, 12); y la unión de las tres, 63

(44, 7, 12). De esas 63, sólo una es exclusiva del Área del Proyecto —el caracara común, *Caracara plancus*, rapaz de distribución aérea y abundancia regional media—, y otra es exclusiva del Área de Influencia. Veintinueve especies de fauna son comunes a las tres escalas a la vez: 23 de las 44 aves, 2 de los 7 mamíferos —el ardillón de roca (*Otospermophilus variegatus*) y el mapache (*Procyon lotor*)— y las 4 de los 12 reptiles, es decir, la totalidad de los reptiles del Área del Proyecto se registra también en las otras dos escalas. Esa continuidad es también la condición que hace viables las medidas de ahuyentamiento y rescate de fauna que el estudio propone: **existe hábitat receptor equivalente y contiguo en dos escalas**, y las especies presentes tienen la movilidad y la tolerancia necesarias para ocuparlo.

III.6 Análisis de los componentes ambientales al interior de la RE

Los apartados anteriores describieron cada componente por separado. Este los cruza: identifica las relaciones de dependencia entre el sustrato físico, la cubierta vegetal, la fauna y la ocupación humana dentro de la Región Ecológica, y establece qué explica qué. Ninguna cifra nueva se introduce aquí; todas provienen de los apartados III.1 a III.5, y los cocientes que este apartado emplea para expresar una relación se presentan con sus dos entradas a la vista.

III.6.1 El suelo explica el patrón de conversión del territorio

La relación más determinante de la Región Ecológica no es climática ni topográfica sino edáfica. **El Phaeozem ocupa 22,018.25 ha, 57.99 % de la unidad, y la agricultura de temporal anual ocupa 14,250.23 ha, 37.53 %.** El Phaeozem es un suelo profundo, poroso, rico en materia orgánica y con alta saturación de bases, y sostiene el uso agrícola dondequiera que la pendiente lo permita. La relación entre ambas cifras no es de identidad cartográfica sino de proporción, y así conviene enunciarla: la superficie agrícola equivale a 14,250.23 / 22,018.25 × 100 = 64.72 % de la superficie de Phaeozem de la unidad. El cociente es una razón entre magnitudes de la misma unidad territorial, no una superposición verificada polígono a polígono, y con ese alcance se emplea. Lo que establece es el grado de realización de la aptitud: la conversión agrícola no es en esta cuenca un potencial pendiente sino un proceso avanzado, que ya ocupa el equivalente a casi dos terceras partes del suelo capaz de sostenerlo. La consecuencia sobre la vegetación es la que interesa a la evaluación: el remanente forestal no disputa hoy una frontera agrícola en expansión sobre suelo fértil disponible, porque ese suelo, en su mayor parte, ya está tomado.

El corolario es simétrico y explica dónde persiste la vegetación. **El Leptosol —somero, limitado por roca dentro de los primeros 25 cm— ocupa 4,010.09 ha, 10.56 %, y las laderas de pendiente superior a 15 % suman 14,084.04 ha, 37.09 %.** Ninguna de las dos superficies coincide con el remanente forestal ni basta para contenerlo: la vegetación forestal nativa de la Región Ecológica alcanza 21,618.97 ha, 56.93 %, es decir 21,618.97 − 14,084.04 = 7,534.93 ha más que todo el terreno de pendiente fuerte de la unidad. La selva ocupa también lomerío tendido y suelo profundo, y afirmar lo contrario sería sobreinterpretar el dato. Lo que las tres cifras establecen conjuntamente no es una identidad espacial sino un sesgo de distribución: la conversión se detiene donde el suelo somero o la pendiente encarecen la labranza, de modo que el remanente queda desplazado hacia esos terrenos aunque no se agote en ellos. En ese sentido acotado —y sólo en ése— la vegetación primaria de la Región Ecológica no persiste donde tiene mejores condiciones para crecer, sino **donde el terreno resultó menos conveniente para el arado**.

Ese hecho tiene una consecuencia que el diagnóstico del apartado siguiente retoma: la selva remanente de la cuenca no es una muestra representativa de la selva original, sino su fracción desplazada hacia los peores suelos y las mayores pendientes. Cualquier evaluación de la calidad del remanente debe partir de ese sesgo.

Para el proyecto, ese sesgo se traduce en dos hechos que operan en sentidos opuestos y que el estudio asienta juntos. El primero es que el predio no retira del sistema el recurso edáfico más escaso de la cuenca: se asienta sobre Leptosol —10.5447 ha, 78.29 % de su superficie— y sobre Vertisol, y el Phaeozem que concentra la capacidad productiva regional está ausente de él. El segundo es que esa misma condición encarece la reposición: la escasa profundidad del Leptosol limita el volumen de horizonte fértil susceptible de rescate y reutilización, de modo que el programa de manejo de suelo debe dimensionar la reserva sobre el espesor efectivamente disponible en el predio y no sobre un promedio regional, y prever aporte de sustrato si el balance no alcanza para las superficies a restaurar.

III.6.2 La accesibilidad convierte la aptitud en conversión efectiva

La aptitud edáfica no basta por sí sola: el factor que la activa es el acceso. La Región Ecológica está atravesada por **760 tramos viales que suman 255.97 km**, de los cuales 169.55 km —66.24 %— son caminos rurales, y esa red produce una densidad de 0.67 km·km^{-2} que hace transitable prácticamente toda la cuenca. La composición de la red importa tanto como su magnitud: dos terceras partes son caminos de terracería o revestidos, es decir infraestructura de acceso a parcela, no de tránsito de paso. Una red así no comunica dos extremos del territorio: lo penetra.

Sobre esa red se distribuyen **163 asentamientos —30 con superficie delimitada y 133 de registro puntual, de los cuales 162 son de ámbito rural—**, cuyo patrón disperso reparte la presión de uso por todo el territorio en lugar de concentrarla. Ese es el mecanismo que explica que la degradación del suelo alcance **22,969.27 ha, 60.49 % de la Región Ecológica, con la declinación de la fertilidad (Qd) como proceso dominante en 13,689.43 ha, 36.05 %**: la clave ASSOD que designa el agotamiento de nutrimentos por cosechas sucesivas sin reposición es exactamente la firma de una agricultura de temporal extensiva y de bajo insumo.

El cruce entre los tres componentes —suelo, acceso y poblamiento— entrega al proyecto una línea base, no un descargo. La degradación dominante de la Región Ecológica no proviene de obras ni de desmontes puntuales sino de un uso agrícola difuso y sostenido, ya instalado sobre 60.49 % de la unidad y con tasa declarada en incremento en la totalidad de esa superficie. El proyecto no origina ese proceso ni lo modifica a escala regional, pero interviene 13.4689 ha dentro de él, y es contra esa condición de partida —no contra un estado prístino— que deben medirse tanto el impacto de la intervención como el desempeño de las obras de conservación de suelo y agua que el estudio propone. La comparación pertinente es, además, favorable al predio y conviene dejarla escrita con su reverso: la superficie degradada del Área del Proyecto es de 7.1799 ha, 53.31 %, siete puntos por debajo del promedio regional, lo que significa que el sitio conserva mejor condición edáfica que su entorno y, por lo mismo, que la superficie que se interviene no es la más deteriorada de la cuenca sino una de las que todavía sostienen cubierta forestal continua.

III.6.3 El relieve organiza el agua y el agua organiza la vegetación

La integral hipsométrica de 0.177 sitúa a la Región Ecológica en el extremo bajo de la escala: una cuenca disectada, de perfiles evolucionados, en la que el volumen de relieve pendiente de remoción es pequeño frente al ya removido. Esa condición no equivale a un relieve suave —37.09 % de la unidad conserva pendientes superiores a 15 % y 19.86 % supera 25 %—, de modo que no es ella la que produce por sí sola el grado de la erosión: energía de relieve hay, y considerable. Lo que la integral aporta es coherencia con lo que la carta de erosión registra por vía independiente. La erosión es **laminar y de grado leve en prácticamente toda la unidad** —39.65 % en forma laminar con surcos secundarios, 7.57 % laminar simple, 2.90 % en surcos con laminar secundaria— y **sin ninguna clase de grado moderado, fuerte o extremo, ni formas de cárcava**. Un territorio con esa fracción de ladera fuerte y sin una sola cárcava cartografiada no

describe una cuenca inerte sino una cuenca cuya estabilidad depende de que la cubierta permanezca en su sitio. Ahí se fija el umbral de exigencia para el proyecto: la remoción de vegetación sobre 12.5570 ha es precisamente la variable capaz de convertir un proceso laminar leve en uno de surcos, de modo que el control del escurrimiento durante la preparación del sitio y la etapa de obra pesa más, en este contexto, que cualquier obra de corrección posterior.

El régimen hídrico completa el cuadro. Con **94.90 % de la red en condición intermitente** y un clima semiseco BS1(h')w en 79.73 % de la superficie, el agua disponible para la vegetación se concentra en la temporada de lluvias. **La selva baja caducifolia es la respuesta funcional a ese régimen**: perder la hoja durante seis o siete meses es la estrategia que permite a un bosque persistir donde el balance hídrico es negativo la mayor parte del año.

De ahí se sigue una relación que el apartado III.2.1 dejó cuantificada y que conviene explicitar: **la exposición de la ladera modula localmente ese balance.** En la Región Ecológica las ocho orientaciones están repartidas con uniformidad —ninguna supera 15.09 %—, de modo que a escala regional no hay sesgo; pero en el Área del Proyecto las exposiciones Norte, Noreste, Oeste y Noroeste concentran 82.57 % de la superficie, las de menor carga de radiación. El predio ocupa, dentro de un ecosistema limitado por agua, una de las posiciones topográficas menos exigentes. Esa ventaja no se invoca como atenuante, porque su implicación corre en sentido contrario: una ladera de exposición fresca en una cuenca semiseca sostiene un balance hídrico local más favorable que el promedio de la unidad, y ésa es una de las razones por las que el predio conserva un estrato arbóreo cerrado donde su entorno inmediato ya no lo tiene. El sitio no es marginal desde el punto de vista funcional aunque lo sea desde el edáfico, y el dimensionamiento de la compensación debe recoger esa condición: la superficie que se repone tendría que ofrecer un balance hídrico equiparable para que la equivalencia sea real y no sólo superficial.

III.6.4 La estructura de la vegetación explica la composición de la fauna

La relación entre ambos componentes bióticos es verificable con los datos de los apartados III.5.1 a III.5.5, y opera en los dos sentidos.

De la vegetación hacia la fauna. La comunidad arbórea del predio —20 especies, sin dominancia, con equidad de 0.88 y una densidad de 682.11 individuos·ha^{-1}— ofrece una estructura vertical con dosel discontinuo, un estrato arbustivo denso —1,602.11 individuos·ha^{-1}— y un componente de cactáceas columnares y trepadoras. Esa heterogeneidad estructural es la que sostiene una comunidad de aves de 29 especies con equidad de 0.98. El indicador que conecta ambos componentes no es la riqueza sino el espectro trófico: el ensamble del predio reparte esas 29 especies en **once categorías alimentarias**, encabezadas por los insectívoros con 8 especies, 27.59 %, y seguidas por los granívoros con 6, 20.69 %, y los nectarívoros con 3, 10.34 %. Un ecosistema simplificado no alimenta simultáneamente a insectívoros, granívoros, frugívoros, nectarívoros y carnívoros, porque cada gremio exige un recurso que sólo aporta una capa distinta de la vegetación: el follaje y su fauna asociada, el fruto, la semilla, el néctar y la presa vertebrada. La estructura vertical del predio no es, en consecuencia, un atributo descriptivo del estrato arbóreo: es la condición material de la que depende ese reparto trófico.

De la fauna hacia la vegetación. Entre las 39 especies de aves de la Región Ecológica, **19 cumplen función de dispersión de semillas y 3 de polinización**. La regeneración natural de la selva baja caducifolia depende de esa dispersión zoócora, y el estrato de regeneración documentado en el muestreo —integrado analíticamente con el arbóreo— es su resultado observable. La relación es circular y su ruptura en cualquiera de los dos sentidos degrada al conjunto. De ahí se sigue la implicación operativa que este cruce aporta al

proyecto: la recolonización vegetal de una superficie restaurada no es un proceso autónomo que baste con habilitar. Si el plantel de dispersores se ausenta —por ruido, por pérdida de percha o por discontinuidad de la cubierta durante la obra—, la restauración deja de contar con la lluvia de semillas del rodal vecino y pasa a depender por entero de la siembra dirigida, con el costo y el sesgo de composición que ello impone. La secuencia de las medidas importa tanto como su contenido: el ahuyentamiento y el rescate de fauna preceden al desmonte, pero la reposición de la cubierta debe programarse de modo que el hábitat de percha exista antes de que se espere el retorno de los dispersores.

Un caso concreto ilustra la dependencia recíproca: **el murciélago magueyero menor (*Leptonycteris yerbabuenae*), sujeto a protección especial, registrado en la Región Ecológica con 7 individuos, es polinizador de cactáceas columnares.** Las cactáceas columnares —el cardón (*Pachycereus pecten-aboriginum*) y los viejitos (*Pilosocereus purpusii*)— están presentes en las tres escalas, y el cardón alcanza el mayor valor de importancia de cualquier especie del estrato de otras formas de vida en la Región Ecológica, con 122.51 puntos. La permanencia de una depende de la de la otra. El caso obliga, sin embargo, a una precisión que el estudio no puede omitir: el murciélago se registró en el rodal regional y no en el Área del Proyecto, de modo que las cactáceas columnares del predio dependen de un servicio de polinización que hoy se presta desde fuera de sus límites. La dependencia no es interna al sitio sino de escala, y eso desplaza el objeto de la medida. Conservar las cactáceas del predio no basta para conservar su reproducción: lo que hay que mantener es la continuidad funcional entre el predio y el rodal regional durante la temporada de floración, que es cuando la especie realiza los movimientos estacionales que el apartado III.5.8 documenta. Sobre el alcance de esta lectura pesa además el diseño del levantamiento —una sola temporada, la seca, según lo declara el apartado III.3.1—: la ausencia del murciélago en el predio es una ausencia de registro en esa temporada, no una ausencia demostrada.

III.6.5 El borde urbano se lee en la composición biológica antes que en la cartografía

La relación entre el componente socioeconómico y el biótico es la que el proyecto encuentra de forma más inmediata, porque el predio se localiza justo en su frontera.

El dato territorial es conocido: **el Área de Influencia se reparte casi por mitades entre selva baja caducifolia, 128.55 ha y 46.55 %, y zona urbana, 128.55 ha y 46.54 %.** Lo relevante de este apartado es que **esa frontera es detectable en la composición florística sin necesidad de mirar el mapa**:

- El estrato herbáceo del Área del Proyecto tiene **3 especies frente a las 9 del rodal regional homólogo**, y **2 de las 3 son exóticas** —el diente de león (*Taraxacum officinale*) y la higuera de ricino (*Ricinus communis*)—, que concentran 38.97 + 1.91 = 40.88 % de la densidad herbácea del predio.
- La tercera especie, la malva (*Malvastrum coromandelianum*), dominante con 59.12 %, es una maleza nativa de sitios abiertos.
- El estrato arbustivo del predio está dominado por la vara blanca (*Croton morifolius*), euforbiácea pionera de crecimiento rápido, con 33.18 % de la densidad del estrato.
- En el Área de Influencia, la rosa amarilla (*Cochlospermum vitifolium*) —especie pionera de claros y bordes— alcanza 87.78 individuos·ha^{-1}, casi trece veces su densidad en el predio.

El estrato herbáceo y el arbustivo son los indicadores tempranos de la perturbación, y el arbóreo el indicador tardío. Esa es exactamente la señal que arrojan los datos: el estrato arbóreo del predio conserva 20 especies, equidad de 0.88 y una similitud de Sørensen de 0.71 con el rodal regional, mientras que el

herbáceo cae a 3 especies y a 0.50 de similitud. La perturbación del borde urbano ha alcanzado a los estratos bajos y aún no ha simplificado el dosel.

La lectura tiene una consecuencia temporal que conviene explicitar, porque de ella depende cómo se valore el impacto. El gradiente entre estratos no describe un estado estacionario sino una trayectoria en curso: la perturbación del borde avanza de abajo hacia arriba, y el dosel conserva su composición porque los árboles que lo forman se establecieron antes de que el frente urbano llegara, no porque el proceso los haya respetado. Sostener el estrato arbóreo actual sin regeneración que lo reemplace equivale a conservar un inventario, no una comunidad. Esa es la razón por la que el programa de restauración del predio de compensación y el rescate de flora no pueden dimensionarse sobre la riqueza del dosel —el indicador tardío, todavía favorable— sino sobre la del sotobosque, que es donde la pérdida ya ocurrió y donde la reposición tiene que demostrarse.

III.6.6 Anidamiento y recambio: la estructura de la diversidad beta como propiedad del sistema

El resultado que integra todo lo anterior es la estructura de la diversidad beta. La partición de Baselga descompone la diferencia entre el Área del Proyecto y la Región Ecológica en dos componentes que responden preguntas distintas: el recambio (βSIM) mide cuánta de esa diferencia se debe a que cada escala alberga especies que la otra no tiene, y el anidamiento (βSNE) cuánta se debe a que una de ellas es la otra con menos especies. El reparto entre ambos no es homogéneo, y presentarlo como si lo fuera restaría solidez al argumento. **En flora, el anidamiento domina en dos de los cuatro estratos** —βSNE de 0.11 frente a βSIM de 0.00 en otras formas de vida y 0.50 frente a 0.00 en el herbáceo—; en el arbóreo los dos componentes quedan prácticamente empatados, con βSIM de 0.15 y βSNE de 0.14, y en el arbustivo la diferencia es de recambio puro, con βSIM de 0.17 y βSNE de 0.00. **En fauna el patrón tampoco es homogéneo: sólo los reptiles muestran anidamiento puro** —βSNE de 0.50 frente a βSIM de 0.00, el mismo patrón que el herbáceo de la flora—, mientras que aves y mamíferos se comportan como los dos estratos leñosos: recambio, con los dos componentes cercanos entre sí —βSIM de 0.14 frente a βSNE de 0.13 en aves y 0.33 frente a 0.22 en mamíferos—.

Anidamiento significa que las comunidades del predio son **subconjuntos empobrecidos** de las regionales, no comunidades distintas —así ocurre en el herbáceo y otras formas de vida de la flora, y en los reptiles de la fauna—. Donde el componente de recambio pesa tanto o más que el de anidamiento —el arbóreo, el arbustivo, las aves y los mamíferos— la lectura es otra y no se suaviza: en esos grupos el predio alberga especies que el rodal regional no registró. Y eso es, a la vez, un diagnóstico y una condición de viabilidad:

- **Como diagnóstico**, indica que el predio ha perdido especies respecto del rodal homólogo —el mecanismo documentado en III.6.5— y que esa pérdida es gradual y dirigida, no aleatoria. La similitud de Sørensen la mide estrato por estrato: 0.71 en el arbóreo, 0.83 en el arbustivo, 0.89 en otras formas de vida y 0.50 en el herbáceo. El orden reproduce el del apartado anterior: el estrato que más se ha apartado del rodal regional es el herbáceo y el que menos, el de otras formas de vida, que comparte con él la totalidad de su composición.
- **Como condición de viabilidad**, indica que existe una comunidad fuente contigua, del mismo tipo y en mejor estado, dentro de la misma cuenca. La mayor parte de la composición del predio tiene población en ese rodal: 17 de sus 20 especies arbóreas, 10 de sus 12 arbustivas, las 8 de otras formas de vida, las 3 herbáceas, las 4 especies de reptiles y 25 de sus 29 especies de aves. El complemento no se omite, porque es el que define el alcance real de la medida: 20 − 17 = 3 especies arbóreas y 12 − 10 = 2 arbustivas del predio, y 29 − 25 = 4 especies de aves, no fueron registradas en el rodal regional. Ese

margen es una ausencia de registro en un levantamiento de una sola temporada —la limitación que declara el apartado III.3.1— y no una demostración de exclusividad; pero mientras no se resuelva opera como tal para efectos de diseño. La consecuencia es operativa y acota la medida en lugar de debilitarla: para la generalidad de la composición, la contigüidad del rodal fuente basta como garantía de reposición; para ese grupo reducido, el rescate de germoplasma y el programa de reubicación deben ser nominales —especie por especie— y no confiarse a la recolonización espontánea.

Esa doble lectura es la que sostiene el diagnóstico del apartado III.7 y la que da sentido a las medidas que el estudio propone en sus capítulos posteriores: **la restauración y la compensación tienen de dónde tomar material genético local, y el hábitat receptor para la fauna desplazada existe y es contiguo.** La afirmación lleva incorporada su propia condición de validez, y el estudio la asienta en lugar de darla por supuesta: la contigüidad que hoy hace viables el rescate y la reubicación es un atributo del Área de Influencia —128.55 ha de selva baja caducifolia, 46.55 % de esa escala, frente a 128.55 ha, 46.54 %, ya urbanizadas— y no una propiedad permanente del territorio. Conservar esa mitad forestal es parte del dispositivo de mitigación y no una circunstancia externa a él; si desaparece, la reposición deja de tener rodal fuente y las medidas pierden el supuesto sobre el que están construidas.

III.7 Diagnóstico ambiental

El diagnóstico convierte la caracterización de los apartados anteriores en un juicio sobre el estado de conservación de la Región Ecológica y del sitio del proyecto dentro de ella. Dos preguntas lo ordenan: en qué condición se encuentra la cuenca que recibe el proyecto, y qué posición ocupa dentro de ella la superficie que se interviene. La primera se responde con los indicadores de cubierta, suelo y comunidad biológica de las tres escalas de análisis; la segunda, con el contraste entre esos mismos indicadores en el Área del Proyecto y en su contexto. Ambas se resuelven con cifras, y cada una remite a la escala y al indicador que la sostiene.

III.7.1 Tablero de indicadores del estado de conservación

Tabla 195. Tablero de indicadores del estado de conservación en las tres escalas.

Indicador	Área del Proyecto	Área de Influencia	Región Ecológica	Apartado de origen
Superficie de la escala (ha)	13.4689	276.19	37,971.75	III.1.2
Vegetación forestal nativa (% de la escala)	93.23	46.55	56.93	III.2.2
Vegetación primaria sobre el total forestal (%)	100.00	100.00	67.82	III.2.2
Vegetación secundaria sobre el total forestal (%)	0.00	0.00	32.18	III.2.2
Vegetación primaria sobre el total, selva baja caducifolia (%)	100.00	100.00	68.18	III.2.2

Indicador	Área del Proyecto	Área de Influencia	Región Ecológica	Apartado de origen
Vegetación primaria sobre el total, selva mediana subcaducifolia (%)	Sin presencia	Sin presencia	60.99	III.2.2
Uso agropecuario (% de la escala)	0.00	6.25	38.28	III.2.2
Superficie urbana o construida (% de la escala)	0.00	46.54	4.79	III.2.2
Superficie sin erosión evidente (%)	76.40	46.80	46.13	III.2.1.6
Superficie con degradación de suelo (%)	53.31	63.19	60.49	III.2.1.7
Riqueza total de flora vascular (especies)	43	43	59	III.5
Riqueza del estrato arbóreo y de regeneración (especies)	20	17	28	III.5
Riqueza del estrato herbáceo (especies)	3	3	9	III.5
Shannon-Wiener del estrato arbóreo y de regeneración (H')	2.63	2.37	2.86	III.5
Equidad de Pielou del estrato arbóreo y de regeneración (J')	0.88	0.84	0.86	III.5
Especies de flora exóticas (% de la riqueza de la escala)	6.98	2.33	5.08	III.7.3
Especies de flora endémicas de México (número)	12	12	12	III.4.4
Especies de flora del Anexo Normativo III (número)	1	1	2	III.4.3
Riqueza total de fauna (especies)	36	54	57	III.5.6

Indicador	Área del Proyecto	Área de Influencia	Región Ecológica	Apartado de origen
Especies de fauna del Anexo Normativo III (número)	1	6	9	III.4.5
Especies de fauna endémicas de México (número)	12	16	18	III.4.5
Presencia de ecosistemas protegidos o prioritarios	No	No	Sí (manglar, bosque y vegetación de galería)	III.9

Fuente: INEGI (uso del suelo y vegetación, erosión), SEMARNAT–Colegio de Postgraduados (degradación), NOM-059-SEMARNAT-2010 Anexo Normativo III, CONABIO (endémicas y exóticas) y levantamiento propio del estudio.

El tablero ordena las tres escalas de una manera que conviene enunciar sin rodeos, porque es la premisa de todo lo que sigue: **en los indicadores físicos el Área del Proyecto es la mejor conservada de las tres.** Sostiene cubierta forestal nativa en 93.23 % de su superficie, frente a 56.93 % de la Región Ecológica y 46.55 % del Área de Influencia; carece por completo de uso agropecuario, cuando la cuenca destina a ese uso 38.28 % de su territorio; conserva 76.40 % de superficie sin erosión evidente contra 46.13 % regional; y su superficie degradada, 53.31 %, es la única de las tres por debajo del promedio de la cuenca. El predio no es un terreno marginal ni un remanente empobrecido: es un fragmento de selva en mejor estado que el promedio del territorio que lo rodea.

Lo que ese mismo tablero muestra sobre la unidad territorial explica por qué. La Región Ecológica reparte su superficie entre 56.93 % de cubierta forestal y 43.07 % ya convertida —38.28 % agropecuario y 4.79 % urbano—, y de su remanente forestal 32.18 % está en condición secundaria. El Área de Influencia lleva esa conversión al extremo opuesto: 46.54 % de superficie urbana en una franja de 276.19 ha. El Área del Proyecto ocupa el punto exacto donde esos dos frentes se encuentran, y su mejor condición física no expresa protección alguna sino simplemente que el frente todavía no lo ha alcanzado. La composición biológica lo confirma en la dirección contraria a la física: es la escala con la mayor proporción de especies de flora exóticas —6.98 % de su riqueza, frente a 5.08 % regional— y la de menor riqueza herbácea —3 especies frente a 9 del rodal regional—, de modo que el deterioro que aún no llega a la cubierta ya se registra en el sotobosque.

Para el proyecto, la lectura tiene una consecuencia que el estudio asume expresamente: **la superficie que se interviene es la de mejor condición forestal de las tres escalas, y esa es la magnitud real de la afectación**, no una superficie degradada de bajo valor. A la vez, el mismo tablero acota su alcance y señala por dónde se administra. Ningún ecosistema protegido o prioritario de la cuenca —manglar, bosque y vegetación de galería— está presente en el Área del Proyecto ni en su Área de Influencia; las 12 especies de flora endémicas del predio se registran también en la Región Ecológica, y la única especie vegetal del Anexo Normativo III que alberga, el listoncillo (*Gossypium aridum*), se registró en las tres escalas. La riqueza del predio —43 especies de flora y 36 de fauna— es además, en su mayor parte, la misma que sostienen los rodales homólogos de la cuenca: 38 de las 43 especies de flora y 31 de las 36 de fauna del Área del Proyecto se registraron también en la Región Ecológica. Que la afectación recaiga sobre un fragmento bien conservado y que su comunidad esté ampliamente compartida con los rodales homólogos son los dos hechos que hacen exigible la compensación y, al mismo tiempo, técnicamente viable el rescate: hay dónde reubicar y de dónde repoblar.

La razón de vegetación primaria sobre el total forestal se obtiene del cociente entre la superficie de selva sin condición secundaria y el total forestal de cada escala: en la Región Ecológica, (14,005.07 + 657.14) / 21,618.97 × 100 = 67.82 %; en el Área del Proyecto, 12.5570 / 12.5570 × 100 = 100.00 %, y en el Área de Influencia, 128.55 / 128.55 × 100 = 100.00 %, porque la capa propia no clasifica condición secundaria. La misma razón, resuelta por tipo de vegetación dentro de la Región Ecológica, distingue dos comportamientos: la selva baja caducifolia conserva en condición primaria 14,005.07 de sus 20,541.57 ha, 68.18 %, y la selva mediana subcaducifolia sólo 657.14 de 1,077.39 ha, 60.99 %. El ecosistema de mayor extensión de la cuenca es también el que mejor conserva su condición original, y el de distribución restringida —menos de la vigésima parte de la superficie forestal— es el que acumula mayor proporción de superficie perturbada.

Sobre el 100.00 % que las dos escalas del proyecto exhiben en esa razón conviene ser preciso, porque no significa lo que su valor sugiere: no acredita vegetación primaria intacta, sino que la fotointerpretación propia del predio y de su franja envolvente delimitó la cubierta forestal sin abrir la clase de condición secundaria que sí distingue la cartografía nacional a escala regional. El indicador debe leerse, por tanto, como constancia de que la superficie forestal del Área del Proyecto no está cartografiada como acahual, y no como una declaración de ausencia de perturbación; el estado real de esa cubierta lo resuelven los indicadores de estructura y composición del apartado III.7.4, que sí registran señales de alteración en los estratos bajos.

III.7.2 Cobertura por estrato

Tabla 196. Cobertura de copa y cobertura proyectada por escala y estrato.

Escala	Estrato	Cobertura de copa ($m^2 \cdot ha^{-1}$)	Cobertura proyectada (%)	Base de la medición
AP	Arbóreo y regeneración	7,361.56	73.62	Área elíptica de copa
AP	Arbustivo	9,697.78	96.98	Área elíptica de copa
AP	Otras formas de vida	309.25	3.09	Área elíptica de copa
AP	Herbáceo	2,230.77	22.31	Cobertura registrada del sitio
AI	Arbóreo y regeneración	8,832.50	88.33	Área elíptica de copa
AI	Arbustivo	10,212.36	102.12	Área elíptica de copa
AI	Otras formas de vida	664.84	6.65	Área elíptica de copa
AI	Herbáceo	3,000.00	30.00	Cobertura registrada del sitio
RE	Arbóreo y regeneración	6,868.95	68.69	Área elíptica de copa
RE	Arbustivo	5,620.45	56.20	Área elíptica de copa
RE	Otras formas de vida	1,626.12	16.26	Área elíptica de copa
RE	Herbáceo	8,750.00	87.50	Cobertura registrada del sitio

Fuente: levantamiento de flora del estudio; la cobertura por hectárea es la suma de la dominancia específica del estrato, y la cobertura proyectada resulta de dividirla entre los 10,000 m² de la hectárea tipo y multiplicar por cien. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Estas cifras son de cobertura proyectada sin corrección por traslape, es decir, suman el área de copa de cada individuo aunque dos copas se superpongan. Por eso el estrato arbustivo del Área de Influencia

arroja 102.12 %: no significa que cubra más superficie que la disponible, sino que las copas arbustivas de esa escala se solapan entre sí. La cifra es válida como medida de biomasa foliar proyectada y como término de comparación entre escalas del mismo estrato; **no lo es como porcentaje de superficie del suelo efectivamente sombreada.**

La lectura comparada de la tabla arroja el resultado estructural más informativo del diagnóstico. **El Área del Proyecto tiene menor cobertura arbórea que el Área de Influencia —73.62 % frente a 88.33 %— y mayor cobertura arbustiva que el rodal regional —96.98 % frente a 56.20 %.** Esa combinación —dosel más abierto y sotobosque más denso— es la firma característica de un rodal con aclareo del estrato superior: la luz que atraviesa el dosel discontinuo alimenta la proliferación arbustiva. Es coherente con la dominancia de la vara blanca (*Croton morifolius*), euforbiácea pionera, que concentra 33.18 % de la densidad arbustiva del predio. La implicación para el proyecto es de diseño de las medidas, no de valoración del predio. Un rodal con el dosel abierto y el sotobosque cerrado concentra su biomasa removible en el estrato arbustivo y no en el arbóreo, de modo que el desmonte produce un volumen leñoso menor por hectárea del que sugiere una cobertura arbórea de 73.62 %, y en cambio moviliza una masa arbustiva mayor que la del rodal regional —96.98 % frente a 56.20 %—. Esa misma condición gobierna la restauración del predio de compensación: la meta no es reproducir un sotobosque que aquí está sobrerrepresentado por efecto del aclareo, sino recuperar la continuidad del dosel, que es el atributo que el Área de Influencia conserva mejor que el predio.

El estrato de otras formas de vida sigue el patrón inverso y lo confirma: **3.09 % en el Área del Proyecto frente a 16.26 % en la Región Ecológica**. Las cactáceas columnares y las trepadoras leñosas, que son los elementos de mayor porte de este estrato, son también los de crecimiento más lento y los primeros en desaparecer bajo perturbación recurrente. La diferencia de cobertura entre ambas escalas es una medición directa sobre los sitios levantados y como tal se sostiene; la lectura de composición que se apoya en ella, en cambio, se enuncia como tendencia y no como diferencia establecida, porque el estrato de otras formas de vida de la Región Ecológica es el único del estudio cuyo inventario permanece abierto —50.77 % de completitud por el ajuste de Clench, según el apartado III.5—. Con esa reserva, la consecuencia para el proyecto es la que gobierna el rescate de flora: los elementos de reposición más lenta del predio son precisamente los de este estrato, de modo que su rescate y reubicación no admite sustitución por reforestación, y la recuperación de la cobertura que el proyecto retira depende, en este componente, del traslado del individuo y no de la siembra.

III.7.3 Especies exóticas e indicadoras de perturbación

Tabla 197. Especies exóticas registradas en el estudio: condición y forma de vida.

Especie	Nombre común	Condición	Forma de vida	Escalas donde se registró (densidad, ind·ha⁻¹)
Azadirachta indica	Neem	Exótica-Invasora	Árbol	AP (1.05)
Echinochloa colona	Zacate	Exótica	Herbácea	RE (17,400.00)
Ricinus communis	Higuera de ricino	Exótica-Invasora	Árbol / Arborescente / Arbusto / Hierba	AP (500.00); RE (6,800.00)
Taraxacum officinale	diente de león	Exótica	Hierba perenne	AP (10,192.31); AI (500.00); RE (7,800.00)

Fuente: CONABIO, listado de especies exóticas de México; levantamiento propio del estudio. Densidades en la hectárea tipo de cada escala.

Cuatro especies de flora exótica se registraron en el conjunto del estudio, de las cuales dos están catalogadas como invasoras: el neem (*Azadirachta indica*) y la higuera de ricino (*Ricinus communis*). Su distribución por escala es informativa:

- **Área del Proyecto: 3 especies exóticas de 43 registradas, 6.98 %.** Es la proporción más alta de las tres escalas. Incluye a las dos invasoras.
- **Área de Influencia: 1 de 43, 2.33 %**, únicamente el diente de león (*Taraxacum officinale*).
- **Región Ecológica: 3 de 59, 5.08 %** — el zacate (*Echinochloa colona*), la higuera de ricino (*Ricinus communis*) y el diente de león (*Taraxacum officinale*)—, es decir, una sola invasora frente a las dos del predio, y ninguna arbórea.

Las densidades importan tanto como el número de especies. **El diente de león (*Taraxacum officinale*) alcanza 10,192.31 individuos·ha⁻¹ en el estrato herbáceo del Área del Proyecto, 38.97 % de la densidad herbácea del predio**, y la higuera de ricino (*Ricinus communis*) 500.00 individuos·ha⁻¹. El neem (*Azadirachta indica*), especie arbórea introducida cuya presencia sólo se explica por plantación o escape de cultivo, aparece con 1.05 individuos·ha⁻¹ en el estrato arbóreo del predio y en ninguna otra escala. **Es el marcador más directo de la proximidad del asentamiento humano.** El dato tiene dos consecuencias operativas y conviene no dulcificar la primera. La proporción de exóticas del Área del Proyecto, 6.98 %, es la más alta de las tres escalas y la única que incluye a las dos invasoras: el predio no es un rodal libre de colonización, y la ventaja física que muestra el tablero de indicadores no alcanza a su componente herbáceo. La segunda consecuencia es de manejo: el rescate de flora y el material vegetal que se traslade al predio de compensación deben excluir expresamente al neem (Azadirachta indica) y a la higuera de ricino (Ricinus communis), y el suelo del horizonte fértil que se recupere del predio arrastra el banco de semillas del diente de león (Taraxacum officinale) —dominante herbáceo con 38.97 % de la densidad del estrato—, de modo que su reutilización obliga a control de germinados durante el periodo de establecimiento. Retirar la cubierta sin esa previsión trasladaría la colonización, en lugar de contenerla.

Tabla 198. Especies indicadoras de perturbación: categoría de la indicación y mecanismo ecológico.

Especie	Nombre común	Categoría de la indicación	Mecanismo ecológico	Escalas donde se registró (densidad, ind·ha⁻¹)
Azadirachta indica	Neem	Exótica invasora	Especie introducida que se establece y se propaga fuera de cultivo; su presencia señala aporte de propágulos de origen antrópico	AP (1.05)
Cochlospermum vitifolium	Rosa amarilla	Pionera/secundaria	Coloniza aperturas del dosel y suelo expuesto, con crecimiento rápido y madera blanda; su abundancia aumenta con la frecuencia de claros	AP (6.84); AI (87.78); RE (4.00)

Especie	Nombre común	Categoría de la indicación	Mecanismo ecológico	Escalas donde se registró (densidad, ind·ha⁻¹)
Elytraria imbricata	Cordoncillo	Ruderal/arvense (maleza nativa)	Nativa que ocupa suelos removidos, orillas de camino y parcelas; indica remoción recurrente de la cubierta, no sustitución de la flora nativa	RE (8,000.00)
Guazuma ulmifolia	Guazima	Pionera/secundaria	Coloniza claros y potreros; su dispersión por ganado y fauna la asocia a rodales en recuperación tras uso agropecuario	AP (6.32); AI (36.67); RE (1.00)
Pithecellobium dulce	Guamuchil	Secundaria/antropización	Prospera en sitios modificados y suelos compactados; su expansión acompaña al asentamiento humano y al pastoreo	RE (14.00)

Fuente: CONABIO, catálogo de especies indicadoras de perturbación; levantamiento propio del estudio. Anexo — Memoria de cálculo de biodiversidad.

Cinco especies del levantamiento figuran como indicadoras de perturbación. **Tres de ellas están presentes en el Área del Proyecto**: el neem (*Azadirachta indica*) como exótica invasora, y la rosa amarilla (*Cochlospermum vitifolium*) y la guázima (*Guazuma ulmifolia*) como pioneras de claros. Sus densidades en el predio son bajas —1.05, 6.84 y 6.32 individuos·ha⁻¹— pero la rosa amarilla y la guázima se disparan en el Área de Influencia, a 87.78 y 36.67 individuos·ha⁻¹, trece y seis veces más. **El gradiente de las especies pioneras crece del predio hacia el borde urbano**, no al revés, lo que sitúa el foco de perturbación fuera del polígono del proyecto. Las dos tablas de este apartado deben leerse juntas, porque apuntan en sentidos distintos y sólo su combinación describe la condición real del sitio: las pioneras se concentran en la franja envolvente y las exóticas en el predio. Lo que eso significa no es que el Área del Proyecto esté a salvo del proceso, sino que se encuentra en la etapa inicial de un frente que avanza desde fuera —el dosel todavía cierra lo suficiente para que las pioneras heliófilas no proliferen, y el sotobosque ya recibe propágulos del asentamiento vecino—. Para la evaluación, la implicación es que el escenario de referencia contra el que se mide el proyecto no es un rodal estable: es una superficie sometida a una presión de borde preexistente y documentada. Esa trayectoria no traslada a terceros la pérdida de cubierta: el retiro de las 12.5570 ha es un acto del proyecto, se ejecuta de una vez y se compensa como tal. Lo que aporta al análisis es el término de comparación con el que el Capítulo IV debe describir la evolución del sitio, en lugar de suponer un rodal estable que la evidencia de este apartado no respalda.

El cordoncillo (*Elytraria imbricata*), ruderal, y el guamúchil (*Pithecellobium dulce*), asociado a antropización, se registraron sólo en la Región Ecológica, con 8,000.00 y 14.00 individuos·ha⁻¹ respectivamente. Su presencia en los rodales homólogos regionales confirma que la perturbación de origen humano no es exclusiva del entorno del proyecto sino una condición general de la cuenca, consistente con el 60.49 % de

superficie degradada que documenta el apartado III.2.1.7. Esa generalidad es la que fija la vara con la que debe juzgarse el resultado de las medidas del proyecto. Si la antropización es una condición de fondo de la cuenca —y no una singularidad del entorno del predio—, la meta de la restauración no puede definirse contra un ecosistema sin indicadoras de perturbación, porque ese estado no existe en la unidad; se define contra el rodal homólogo regional, que es el término de comparación que este capítulo documenta y el mismo con el que se dimensionan el rescate y la compensación.

III.7.4 Estadio sucesional del Área del Proyecto

Los indicadores disponibles apuntan de manera consistente a un mismo diagnóstico, y conviene enumerarlos antes de enunciarlo:

1. **Cobertura arbórea proyectada de 73.62 %**, inferior a la del Área de Influencia (88.33 %) y superior a la del rodal regional (68.69 %).

2. **Cobertura arbustiva proyectada de 96.98 %**, la mayor de las tres escalas y muy superior a la del rodal regional (56.20 %).

3. **Riqueza arbórea de 20 especies con equidad de 0.88** y sin dominancia de ninguna especie; similitud de Sørensen de 0.73 con el rodal regional.

4. **Riqueza herbácea de 3 especies frente a 9 del rodal regional**, con 2 de las 3 exóticas.

5. **Cobertura de otras formas de vida de 3.09 % frente a 16.26 % regional**: las cactáceas columnares y trepadoras leñosas están muy reducidas. La diferencia de cobertura es una medición directa; la lectura de composición que la acompaña se enuncia como tendencia, porque el inventario de este estrato en la Región Ecológica permanece abierto (III.5).

6. **Inventario completo**: los cuatro estratos del predio alcanzan 100.00 % de completitud por Chao 2 y entre 80.27 % y 91.84 % por el ajuste de Clench, es decir, por encima del umbral convencional de 80 % por ambos criterios (III.3.2), de modo que estas diferencias no son artefactos de esfuerzo.

7. **Comunidad ampliamente compartida con el rodal regional**: 38 de las 43 especies de flora y 31 de las 36 de fauna del predio se registraron también en la Región Ecológica. La partición de la diversidad β entre ambas escalas arroja anidamiento —la comunidad del predio como subconjunto de la regional— en el estrato herbáceo y en el de otras formas de vida, y recambio de baja magnitud en el arbóreo y en el arbustivo, donde 3 especies arbóreas y 2 arbustivas del predio no aparecieron en los sitios homólogos regionales. Ese recambio menor no describe una comunidad distinta: el muestreo regional se levantó por homología de tipo de vegetación y condición (III.3.1) y no censa la totalidad de la cuenca, de modo que la no detección de esas cinco especies en sus sitios no equivale a su ausencia en la Región Ecológica.

El diagnóstico que estos siete indicadores sostienen es el de una selva baja caducifolia funcional con perturbación de borde en curso, cuyo dosel conserva su composición y su equidad mientras sus estratos bajo y de formas especiales muestran ya simplificación y colonización por exóticas. No es una vegetación primaria intacta ni un acahual: es un rodal maduro en contacto con un frente urbano, en el que la señal de deterioro ya llegó al sotobosque y todavía no al dosel. La consecuencia de ese estadio para la evaluación es directa: el predio no admite ser tratado como superficie de bajo valor por estar perturbado, porque su dosel está íntegro, ni como vegetación primaria intacta que sólo la prohibición pudiera proteger. Es un rodal recuperable y, por lo mismo, un rodal cuyo retiro obliga a reponer estructura —dosel, no sólo número de individuos— en la superficie de compensación.

III.7.5 Diagnóstico integrado

La Región Ecológica es una cuenca ecológicamente funcional bajo presión de conversión sostenida. Los indicadores lo establecen sin ambigüedad: 60.49 % de su superficie presenta degradación de suelo con tasa en incremento, 38.28 % está bajo uso agropecuario, 32.18 % de su superficie forestal está en condición secundaria, y sólo 46.13 % no presenta erosión evidente. Al mismo tiempo, ninguna clase de erosión supera el grado leve, no hay cárcavas, la selva baja caducifolia sigue siendo el ecosistema dominante con 20,541.57 ha entre primaria y secundaria, y la comunidad biológica sostiene once gremios tróficos, 31.58 % de endemismo faunístico —18 de las 57 especies registradas en la Región Ecológica, apartado III.4.5— y once especies del Anexo Normativo III. **Es un territorio deteriorado pero no degradado de forma irreversible, y es esa condición la que hace que la calidad de las decisiones de uso del suelo todavía importe.**

Dentro de esa cuenca, el Área del Proyecto ocupa una posición particular y conviene enunciarla con precisión, porque tiene dos caras. La favorable: el predio no ocupa el suelo agrícola valioso de la cuenca —el Phaeozem está ausente de sus 13.4689 ha—, presenta la pendiente media más baja de las escalas medidas, 11.73 % frente a 15.5 % de la Región Ecológica, y la mayor proporción de superficie sin erosión evidente de las tres, 76.40 % frente a 46.80 % y 46.13 %, con el resto de su superficie en erosión hídrica laminar de grado leve; no contiene cuerpo de agua alguno reconocido por la cartografía nacional —el levantamiento propio identifica dentro del polígono 0.0888 ha de cauce efímero de detalle, 0.66 %, que el apartado III.9 declara como superficie de uso no forestal preexistente— ni ninguno de los seis ecosistemas de relevancia particular de la cuenca; y su comunidad biológica coincide en su mayor parte con la del rodal regional homólogo: 38 de sus 43 especies de flora y 31 de sus 36 de fauna se registraron también en la Región Ecológica. La desfavorable, que no se atenúa: **el predio sostiene hoy 12.5570 ha de selva baja caducifolia con dosel funcional, 20 especies arbóreas, 12 especies vegetales endémicas de México, una especie vegetal y una faunística del Anexo Normativo III, y una comunidad de aves de 29 especies con once gremios representados.** Esa cubierta se retira, y con ella su cobertura, su función de infiltración en material aluvial y su aporte a la conectividad del frente de selva contiguo a la mancha urbana, que en el Área de Influencia se reduce ya a 128.55 ha, 46.55 % de esa escala, frente a un 46.54 % de superficie urbana.

Las dos caras se concilian por la vía de la escala y de las medidas, no por la vía de minimizar la primera. El Área del Proyecto representa 0.04 % de la Región Ecológica —13.4689 sobre 37,971.75 ha— y la cubierta forestal que se retira, 0.06 % de la superficie forestal nativa de la cuenca —12.5570 sobre 21,618.97 ha—, dos magnitudes que sitúan la intervención muy por debajo del umbral en que los indicadores de este capítulo cambiarían de categoría a escala de cuenca. La escala no atenúa la afectación local, que dentro del polígono es de la totalidad de la cubierta: lo que establece es que el estado de conservación de la Región Ecológica, tal como lo miden los indicadores del apartado III.7.1, se sostiene sobre magnitudes de otro orden —21,618.97 ha de superficie forestal, 14,533.15 ha de uso agropecuario— y no se resuelve en el predio. Y las condiciones que el diagnóstico documenta hacen viables las medidas: existe una población fuente de las especies afectadas en rodales contiguos del mismo tipo y condición, existe hábitat receptor para la fauna desplazada en las 128.55 ha de selva baja caducifolia del Área de Influencia, la comunidad conserva sus dispersores y polinizadores, y la pendiente suave —11.73 % de media— y la baja intensidad de los procesos erosivos del sitio —76.40 % sin erosión evidente y el resto en grado leve— reducen la magnitud de las obras de control requeridas.

El punto crítico del diagnóstico no es la superficie afectada sino la ventana temporal de la obra. La Región Ecológica tiene grado alto de riesgo por ciclones tropicales y vulnerabilidad alta a inundación en su totalidad, y 94.90 % de su red de drenaje es intermitente. En un régimen así, el suelo desprovisto de cubierta

queda expuesto a una precipitación que se concentra en pocos meses y que llega asociada al paso de ciclones, y la coincidencia entre el retiro de la vegetación y esa ventana es lo que separa una erosión inducida próxima al escenario basal de una pérdida de suelo sensiblemente mayor. Este capítulo no cuantifica esa diferencia —la erosión por escenario se calcula en los capítulos que evalúan el impacto—, pero sí entrega el hecho que la gobierna: el condicionante crítico del proyecto no es cuánta superficie se interviene, sino en qué mes del año se interviene, y la programación del desmonte fuera del trimestre de mayor precipitación es, en consecuencia, la primera medida preventiva que el diagnóstico exige.

III.8 Problemáticas ambientales en la Región Ecológica

Las problemáticas que este apartado documenta **preexisten al proyecto** y describen las tendencias de deterioro que operan sobre la Región Ecológica con independencia de él. Su identificación cumple dos funciones: establece contra qué línea de base debe medirse cualquier efecto atribuible al proyecto, y señala dónde las medidas del estudio pueden aportar al conjunto de la cuenca en lugar de limitarse a compensar una afectación puntual.

III.8.1 Degradación del suelo

Tabla 199. Procesos de degradación del suelo en la Región Ecológica: superficie por clave ASSOD.

Proceso de degradación (clave ASSOD)	Superficie (ha)	Porcentaje de la Región Ecológica (%)
Qd — degradación química, declinación de la fertilidad	13,689.43	36.05
Hs — erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	5,306.54	13.97
Fu — degradación física, pérdida de la función productiva	1,989.49	5.24
Qp — degradación química, polución	1,347.11	3.55
Hc — erosión hídrica con deformación del terreno, cárcavas	636.70	1.68
Superficie con algún proceso de degradación	**22,969.27**	**60.49**
Terrenos estables (SN, estable bajo condiciones naturales; SH, estable bajo influencia humana)	**15,002.48**	**39.51**

Fuente: SEMARNAT–Colegio de Postgraduados (2001-2002), Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000, metodología ASSOD (Van Lijnden, 1997). La inicial de cada clave designa el grupo del proceso —H, hídrico; Q, químico; F, físico— y la letra siguiente, el proceso específico dentro del grupo; los porcentajes se refieren a las 37,971.75 ha de la Región Ecológica y los cinco procesos suman la superficie degradada de la unidad.

La degradación del suelo afecta a 22,969.27 ha, 60.49 % de la Región Ecológica, y la totalidad de esa superficie está clasificada con tasa en incremento. El atributo de tasa de la metodología ASSOD es «+» —en incremento— en todos los polígonos degradados de la unidad, sin una sola hectárea en disminución: lo que la fuente describe no es un estado estacionario sino una tendencia de deterioro en curso, y ésa es la línea de base contra la cual debe medirse cualquier efecto atribuible al proyecto. Es la problemática de mayor extensión de la unidad, y su composición identifica con precisión al agente causal.

El proceso dominante es la **declinación de la fertilidad (Qd), con 13,689.43 ha y 36.05 %**: pérdida neta de nutrimentos y de materia orgánica por un balance negativo entre lo que se extrae —cosechas, quemas, arrastre de residuos— y lo que se repone. Es la firma inconfundible de una agricultura de temporal extensiva y de bajo insumo, y su superficie coincide en orden de magnitud con las 14,250.23 ha de agricultura de temporal anual que registra el INEGI en su carta de uso del suelo y vegetación, Serie VII. **La correspondencia entre ambas cifras es el hallazgo diagnóstico de este apartado: el principal problema ambiental de la Región Ecológica no es la pérdida de vegetación sino el agotamiento del suelo agrícola que ya sustituyó a esa vegetación.**

El segundo proceso es la **erosión hídrica con pérdida del suelo superficial (Hs), con 5,306.54 ha y 13.97 %**, adelgazamiento del horizonte A por escorrentía sobre terreno con cobertura insuficiente. Le siguen la **pérdida de función productiva (Fu), con 1,989.49 ha y 5.24 %**, que corresponde a suelos retirados del uso biológico por urbanización e infraestructura; la **polución (Qp), con 1,347.11 ha y 3.55 %**; y la **erosión hídrica con formación de cárcavas (Hc), con 636.70 ha y 1.68 %**, el único proceso que implica deformación irreversible del terreno.

La misma superficie degradada admite un segundo corte —el grado— que no se superpone al anterior sino que lo califica: dice cuánto ha avanzado cada proceso allí donde ocurre.

Tabla 200. Grado de degradación del suelo en la Región Ecológica.

Grado de degradación (ASSOD)	Superficie (ha)	Porcentaje de la Región Ecológica (%)
Grado 1 — ligero: reducción apenas perceptible de la productividad; el terreno sigue apto para los sistemas forestales, pecuarios y agrícolas locales	11,425.64	30.09
Grado 2 — moderado: reducción marcada de la productividad; el terreno sigue apto para esos mismos sistemas	8,917.44	23.48
Grado 3 — fuerte: degradación severa a nivel de predio; productividad prácticamente irrecuperable sin obras mayores de ingeniería	1,016.48	2.68
Grado 4 — extremo: productividad irrecuperable y restauración materialmente imposible	1,609.71	4.24
Superficie con algún proceso de degradación	**22,969.27**	**60.49**
Terrenos estables	**15,002.48**	**39.51**

Fuente: SEMARNAT–Colegio de Postgraduados (2001-2002), Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000, metodología ASSOD (Van Lijnden, 1997); las descripciones de cada grado son las que la propia metodología establece. El grado califica la superficie ya contabilizada en la Tabla 199; ambos cortes reparten las mismas 22,969.27 ha y no deben sumarse entre sí.

Por grado, **el ligero y el moderado concentran 20,343.08 ha, 53.57 %** de la Región Ecológica, y los grados fuerte y extremo suman 2,626.19 ha, 6.92 %. La distinción no es de matiz. En los dos primeros grados la fuente considera que el terreno conserva su aptitud para los sistemas forestales, pecuarios y agrícolas

locales; en los dos últimos, la productividad sólo se recupera con obras mayores o no se recupera en absoluto. Que 20,343.08 de las 22,969.27 ha degradadas —88.56 %— estén en los grados reversibles es el dato más favorable del apartado: el deterioro de la cuenca es todavía un problema de manejo y no un daño consumado. Es también lo que da sentido de cuenca a las obras de conservación de suelo y agua y a la restauración del predio de compensación que el estudio propone, porque actúan sobre la fracción del recurso que todavía responde al manejo. La comparación de esta distribución con la del Área del Proyecto y la del Área de Influencia se presenta en el apartado III.2.1.7.

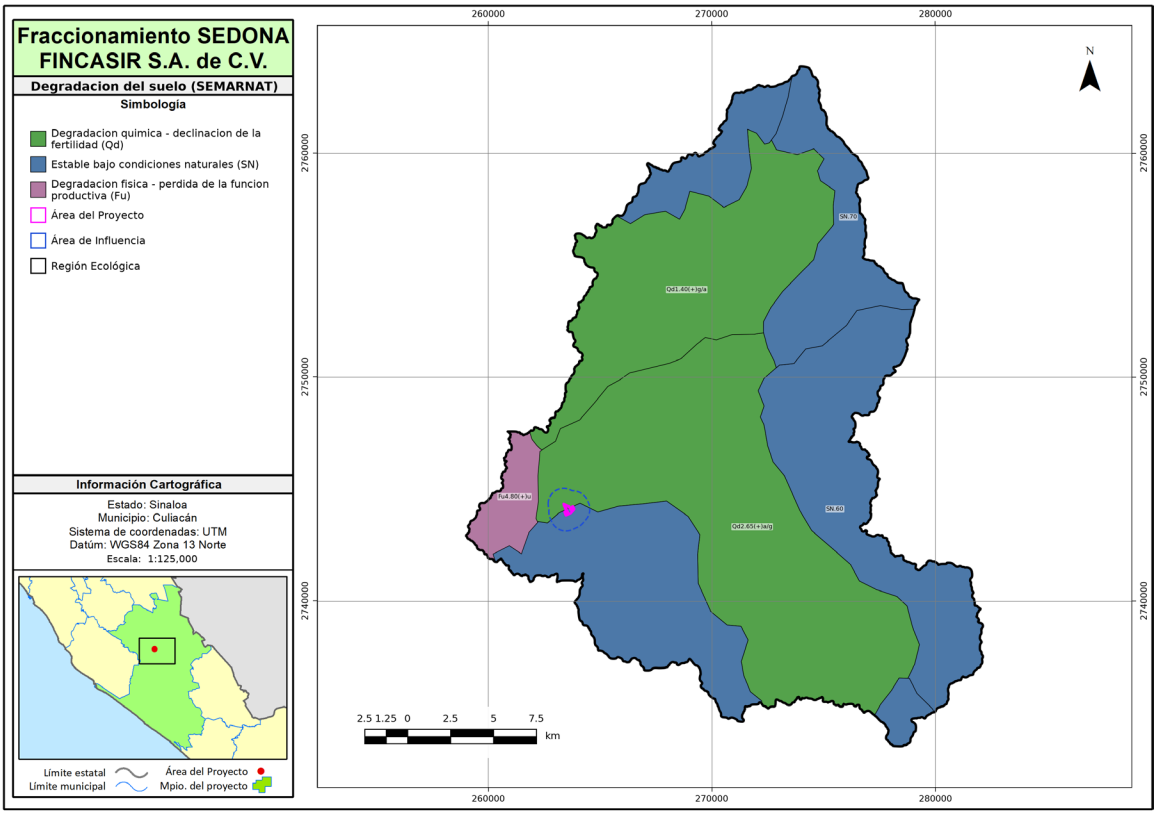


Figura 119. Degradación del suelo en la Región Ecológica: clase que rotula la clave compuesta de cada unidad cartográfica ASSOD. Las dos unidades de declinación de la fertilidad —Qd1.40(+)g/a y Qd2.65(+)a/g— declaran como causas las actividades agrícolas y el sobrepastoreo, y la unidad de pérdida de la función productiva —Fu4.80(+)u—, la urbanización: el agente causal no se infiere, lo consigna la propia fuente, y el signo (+) de las tres confirma la tasa en incremento. La cartografía asigna a cada unidad una sola clave, mientras que la Tabla 199 cuantifica todos los procesos que la unidad declara, ponderados por la extensión que la fuente asigna a cada uno; por eso la Tabla 199 registra Hs, Qp y Hc, que no rotulan ninguna unidad completa. El Área del Proyecto se ubica en la unidad Qd2.65(+)a/g, sobre su límite meridional con una unidad de terreno estable (SN) y a corta distancia de la unidad Fu4.80(+)u que ocupa el extremo occidental de la Región Ecológica: el predio se asienta justo en el contacto entre el mosaico agrícola degradado, el frente urbano y el remanente sin degradación aparente. Fuente: SEMARNAT–Colegio de Postgraduados.

III.8.2 Erosión del suelo

Tabla 201. Clases de erosión del suelo en la Región Ecológica.

Clase de erosión (clave de la cartografía)	Superficie (ha)	Porcentaje de la Región Ecológica (%)
SE — Sin erosión evidente	17,517.99	46.13
HL1+HS1 — Hídrica laminar, grado leve, con surcos de grado leve como forma secundaria	15,057.49	39.65
HL1 — Hídrica laminar, grado leve	2,876.13	7.57
ZU — Zona urbana (superficie no evaluable)	1,293.98	3.41
HS1+HL1 — Hídrica en surcos, grado leve, con surcos laminares de grado leve como forma secundaria	1,102.96	2.90
AH — Asentamientos humanos (superficie no evaluable)	123.21	0.32

Fuente: INEGI, Erosión del Suelo escala 1:250 000, Serie I. El dígito que sigue a la clave del proceso es el grado: 1, leve; 2, moderado; 3, fuerte; 4, extremo. Cuando la unidad presenta dos formas, la clave las une —HL1+HS1 designa la laminar de grado leve con surcos de grado leve como forma secundaria—.

La erosión afecta a **50.12 % de la Región Ecológica —19,036.57 ha en las tres clases de proceso hídrico: 15,057.49 ha de HL1+HS1, 2,876.13 ha de HL1 y 1,102.96 ha de HS1+HL1—**, pero su rasgo distintivo es que **la totalidad de esa superficie está clasificada en grado leve**: la pérdida de suelo es poco apreciable, se manifiesta como encostramiento y acumulaciones incipientes de partículas, y no hay ninguna superficie en grado moderado, fuerte o extremo, ni formas de cárcava reconocidas por la cartografía.

Ese resultado es coherente con la madurez geomorfológica de la cuenca que documentó el apartado III.1.2: con una integral hipsométrica de 0.177, los perfiles de los cauces están cerca del equilibrio y la energía disponible para la incisión es baja. **La erosión de la Región Ecológica es un proceso de superficie, no de disección.**

La lectura combinada con el apartado anterior precisa el problema. La erosión hídrica cartografiada por el INEGI, de grado leve, y la degradación química por declinación de fertilidad cartografiada por el sistema ASSOD, que alcanza 36.05 %, actúan sobre la misma unidad territorial y en el mismo sentido: **la pérdida gradual de la capa fértil por remoción laminar y por extracción de nutrimentos sin reposición.** Ninguno de los dos procesos produce un daño espectacular en un año; los dos, sostenidos durante décadas, agotan el recurso.

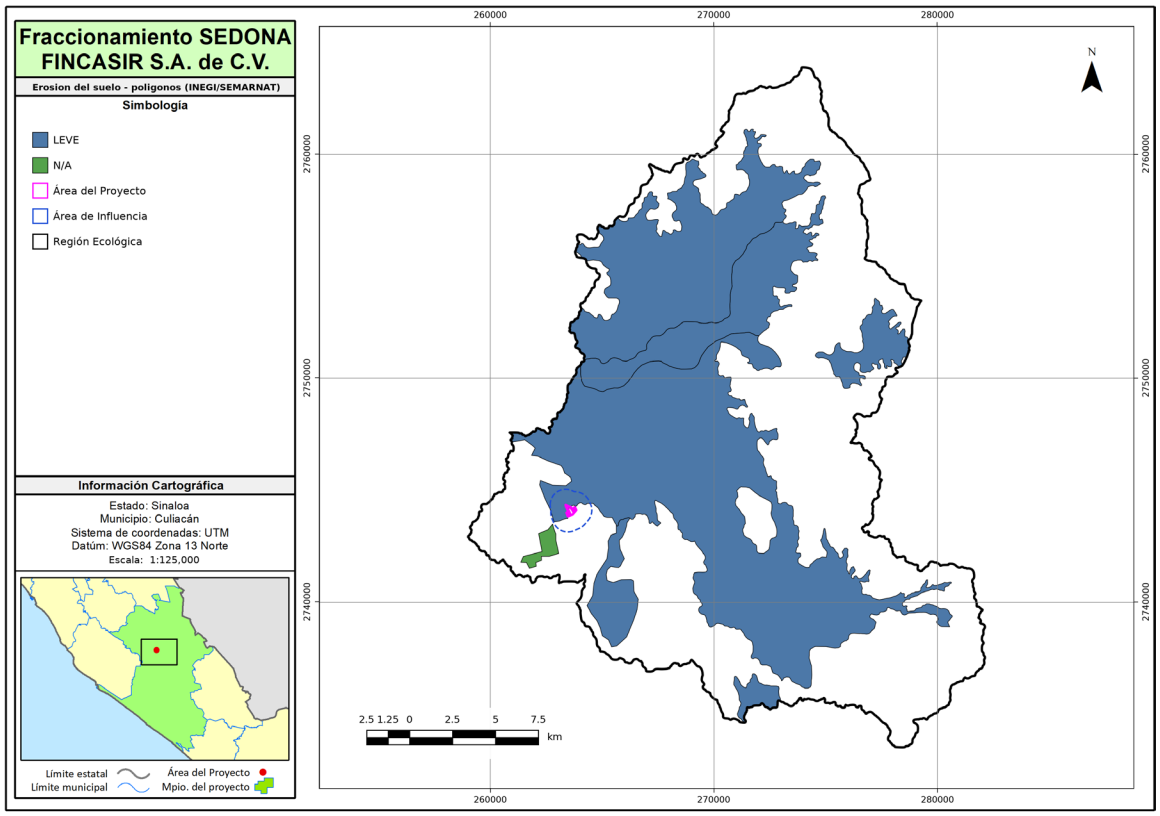


Figura 120. Erosión del suelo en la Región Ecológica: polígonos que la cartografía clasifica con proceso erosivo, todos de grado leve, y superficies para las que no se consigna grado (N/A). La leyenda sólo puede ofrecer dos entradas porque en la unidad no existe un solo polígono de grado moderado, fuerte o extremo, y ése es el hallazgo: hay proceso erosivo extendido, pero no hay pérdida catastrófica. Las superficies sin polígono de erosión corresponden a la clase SE, sin erosión evidente, que ocupa 46.13 % de la unidad. El Área del Proyecto se sitúa sobre el límite meridional de uno de los polígonos de grado leve, en el contacto con la superficie sin erosión evidente; el reparto a escala del predio se presenta en el apartado III.2.1.6. Fuente: INEGI, Erosión del Suelo Serie I.

III.8.3 Riesgo de deforestación

Tabla 202. Riesgo de deforestación en la Región Ecológica: superficie por clase.

Clase de riesgo	Superficie (ha)	Porcentaje de la superficie evaluada (%)
Muy alto	9,297.98	61.46
Alto	4,822.60	31.88
Medio	1,007.34	6.66
Superficie evaluada	**15,127.92**	**100.00**

Fuente: CONAFOR, evaluación del riesgo de deforestación; recorte al polígono de la Región Ecológica. La superficie evaluada corresponde a terrenos forestales de la unidad, no a su totalidad. Esas 15,127.92 ha equivalen a 39.84 % de las 37,971.75 ha de la Región Ecológica y quedan por debajo de las 21,618.97 ha de vegetación forestal nativa que cartografía el INEGI en la Serie VII. Las dos superficies proceden de fuentes oficiales distintas y no son intercambiables: la primera delimita el terreno que la evaluación de riesgo de la CONAFOR califica y la segunda, la cubierta forestal que el INEGI cartografía. Los porcentajes del cuadro se refieren por tanto a la superficie que la CONAFOR califica y no se extrapolan al total forestal de la unidad; el estudio conserva las dos cifras en su respectivo alcance en lugar de homologarlas.

Este es el indicador más severo del apartado. De la superficie forestal evaluada de la Región Ecológica, 61.46 % está clasificada en riesgo muy alto de deforestación y 31.88 % en riesgo alto: en conjunto, 93.34 % —14,120.58 ha— se encuentra en las dos categorías superiores. Ninguna fracción está en riesgo bajo o muy bajo.

El dato debe leerse junto con lo que los apartados anteriores establecieron sobre el mecanismo de conversión. La cuenca tiene suelos aptos —57.99 % Phaeozem—, accesibilidad generalizada —0.67 km·km⁻² de red vial, dos tercios en caminos rurales—, 163 asentamientos distribuidos por el territorio y una agricultura de temporal que ya ocupa 37.53 % de la superficie. **El riesgo muy alto de deforestación no es una proyección abstracta: es la extrapolación de un proceso que ya convirtió casi la mitad de la cuenca y que sigue activo.**

Ese contexto es el que da sentido a la evaluación del proyecto. La pregunta relevante para la Región Ecológica no es si se pierden 12.5570 ha de selva —la cuenca pierde superficie forestal de forma continua por conversión agrícola difusa— sino si esa pérdida se produce dentro de un esquema que la compense y que aporte permanencia, o dentro del proceso no regulado que el indicador de la CONAFOR describe. **Un cambio de uso de suelo evaluado, autorizado y compensado es, respecto de este indicador, un caso cualitativamente distinto del desmonte difuso que produce el 93.34 % de riesgo.**

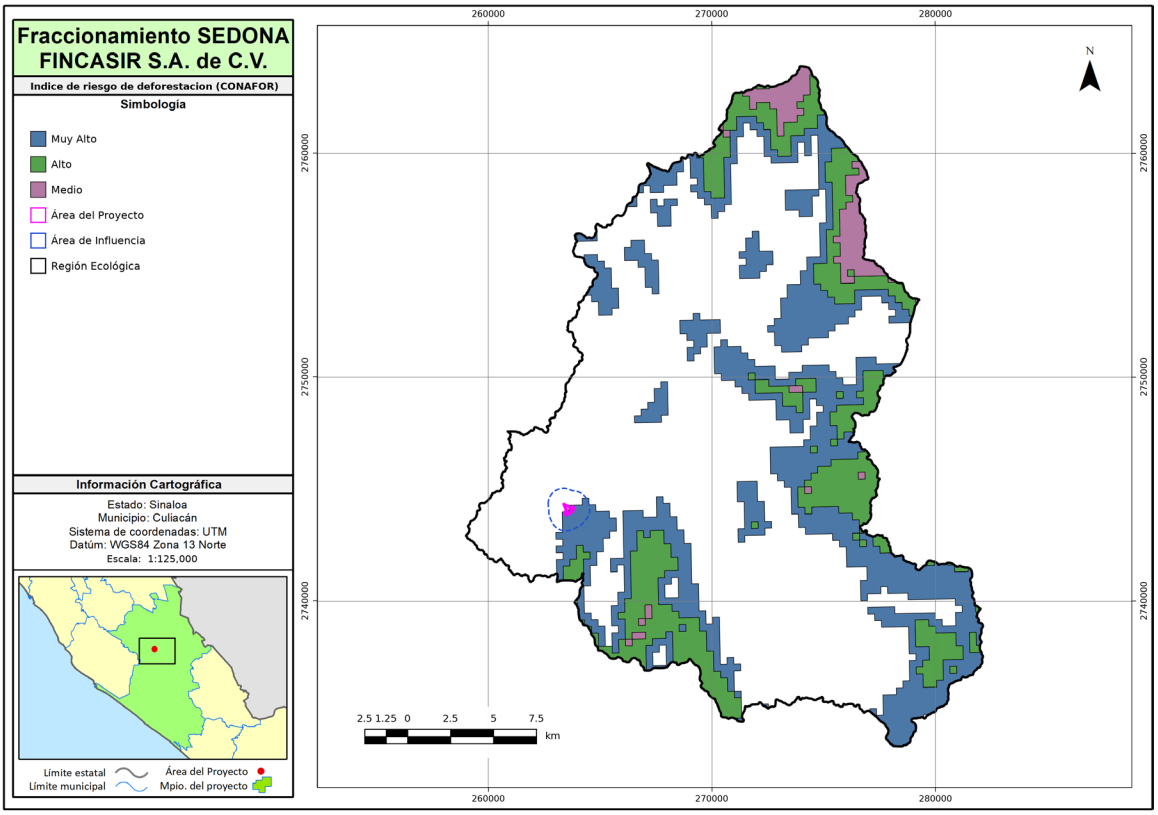


Figura 121. Clases de riesgo de deforestación sobre las 15,127.92 ha que la evaluación de la CONAFOR califica dentro de la Región Ecológica. Las categorías muy alta y alta cubren 93.34 % de esa superficie y se concentran en la mitad oriental y meridional de la unidad, sobre los macizos que conservan cubierta arbolada; las superficies en blanco quedan fuera de la evaluación y no deben leerse como riesgo bajo. El Área del Proyecto y su Área de Influencia se

localizan en el borde occidental de la superficie calificada, en contacto inmediato con polígonos de riesgo muy alto: la presión de conversión que el indicador describe no es un fenómeno remoto de la cuenca, ocurre en la vecindad del predio. Fuente: CONAFOR.

III.8.4 Presión del entorno sobre el Área de Influencia

Tabla 203. Presión del entorno sobre el Área de Influencia: superficie por clase de cubierta.

Clase de cubierta	Superficie (ha)	Porcentaje del Área de Influencia (%)
Selva Baja Caducifolia	128.55	46.55
Zona urbana	128.55	46.54
Pastizal Inducido	17.26	6.25
Área desprovista de vegetación	0.72	0.26
Cuerpo de agua	0.68	0.24
Camino de terracería	0.35	0.13
Cauce	0.09	0.03
Total del Área de Influencia	**276.19**	**100.00**

Fuente: cartografía de vegetación y uso del suelo del presente estudio, fotointerpretada y verificada en campo; superficies del atributo de la capa. Anexo cartográfico del estudio. Las superficies se publican redondeadas a dos decimales y la suma de la columna puede diferir del total en una centésima.

La composición del Área de Influencia expresa la problemática regional en su forma más concentrada: **128.55 ha de zona urbana, 46.54 %, en contacto directo con 128.55 ha de selva baja caducifolia, 46.55 %.** La franja se reparte por mitades prácticamente iguales entre la ciudad y la selva, y esa paridad es el dato: no describe un remanente forestal con una ciudad al fondo, sino un frente de conversión con el límite corriendo por el medio. El pastizal inducido aporta otras 17.26 ha, 6.25 %, que corresponden a superficie forestal ya convertida.

Ese contacto produce efectos que los apartados III.5 y III.7 documentaron con datos biológicos y que aquí se enuncian como problemática:

- **Colonización por especies exóticas.** El diente de león (*Taraxacum officinale*) alcanza 10,192.31 individuos·ha^{-1} en el estrato herbáceo del Área del Proyecto y 500.00 en el Área de Influencia, y la higuera de ricino (*Ricinus communis*), catalogada como invasora, 500.00 individuos·ha^{-1} en el predio. El neem (*Azadirachta indica*), árbol introducido cuya presencia sólo se explica por plantación o escape de cultivo, se registró en el Área del Proyecto y en ninguna otra escala: es el marcador más directo de la proximidad del asentamiento.
- **Simplificación del sotobosque.** El estrato herbáceo del predio conserva 3 especies frente a las 9 del rodal regional homólogo, y dos de las tres son exóticas.
- **Proliferación de pioneras.** La rosa amarilla (*Cochlospermum vitifolium*) y la guázima (*Guazuma ulmifolia*) alcanzan en el Área de Influencia 87.78 y 36.67 individuos·ha^{-1}, trece y seis veces sus densidades en el predio.
- **Empobrecimiento faunístico de las especies de mayor requerimiento.** El coyote (*Canis latrans*), el gato montés (*Lynx rufus*), la liebre antílope (*Lepus alleni*) y el murciélago magueyero menor (*Leptonycteris yerbabuenae*) están presentes en el rodal regional y ausentes del predio; lo mismo ocurre con las cuatro aves del Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 registradas en la Región

Ecológica: el loro corona lila (*Amazona finschi*), la chara pinta (*Cyanocorax beecheii*), el perico mexicano o catarina (*Forpus cyanopygius*) y el carpintero pico plata (*Campephilus guatemalensis*). El Área de Influencia no cuenta con levantamiento faunístico propio —limitación de alcance declarada en el apartado III.3.1.5—, de modo que la evidencia de este punto es el contraste entre el predio y el rodal regional homólogo, no una medición hecha en la franja.

La presión del borde urbano es, dentro del Área de Influencia, el agente de deterioro dominante, y opera sobre el remanente forestal con independencia del proyecto. La consecuencia para la evaluación es exigente, no cómoda: el remanente que el proyecto encuentra ya está sometido a desgaste por contacto, de modo que las medidas del estudio no pueden limitarse a compensar la superficie removida —han de atender también el borde, con el rescate y la reubicación de flora y fauna y con la restauración del predio de compensación, que es donde ese desgaste puede revertirse.

III.8.5 Especies exóticas e invasoras

Tabla 204. Especies exóticas e invasoras registradas en la Región Ecológica.

Especie	Nombre común	Condición	Forma de vida	Escalas donde se registró (densidad, ind·ha⁻¹)
Azadirachta indica	Neem	Exótica-Invasora	Árbol	AP (1.05)
Echinochloa colona	Zacate	Exótica	—	RE (17,400.00)
Ricinus communis	Higuera de ricino	Exótica-Invasora	Árbol / Arborescente / Arbusto / Hierba	AP (500.00); RE (6,800.00)
Taraxacum officinale	Diente de león	Exótica	Hierba perenne	AP (10,192.31); AI (500.00); RE (7,800.00)

Fuente: CONABIO, listado de especies exóticas de México; levantamiento propio del estudio, temporada seca. Densidades en la hectárea tipo de cada escala.

Las cuatro especies exóticas registradas se distribuyen de forma desigual y con una lógica clara. **El Área del Proyecto es la única escala donde coinciden las dos especies catalogadas como invasoras** —el neem (*Azadirachta indica*) y la higuera de ricino (*Ricinus communis*)—, y es también la de mayor proporción de flora exótica: es la escala más próxima al asentamiento. La higuera de ricino se registró además en la Región Ecológica, con 6,800.00 individuos·ha⁻¹. El zacate (*Echinochloa colona*) aparece únicamente en la Región Ecológica, con 17,400.00 individuos·ha⁻¹ en el estrato herbáceo, densidad que lo convierte en la especie herbácea de mayor valor de importancia de esa escala, con 51.94 puntos: es una gramínea asociada a cultivos y a bordes de camino, y su presencia en los rodales regionales confirma que la invasión no es un fenómeno exclusivo del borde urbano. El diente de león (*Taraxacum officinale*) está presente en las tres escalas.

La proporción de flora exótica sobre la riqueza total es de 6.98 % en el Área del Proyecto —3 especies de 43—, 2.33 % en el Área de Influencia —1 de 43— y 5.08 % en la Región Ecológica —3 de 59—. Ninguna supera el 10 %, umbral por encima del cual la invasión suele considerarse un factor estructurante de la comunidad. La problemática existe, está localizada en el estrato herbáceo y es de magnitud manejable — pero es también un factor que las medidas de restauración del proyecto deben considerar de forma expresa, porque un suelo desnudo y perturbado es el sustrato preferente de colonización de estas especies.

III.8.6 Calidad del aire y ruido

Los dos parámetros quedaron caracterizados en el apartado III.2.1.10 —el aire con productos de percepción remota consultados sobre el Área de Influencia, y el ambiente acústico por la actividad económica y los usos del suelo colindantes—; sus tablas no se repiten aquí. Lo que corresponde a este apartado es el juicio que de ellos se sigue: si constituyen o no una problemática ambiental de la unidad.

La calidad del aire no lo es. La concentración media anual de PM2.5 sobre la Región Ecológica se sitúa por debajo del valor límite que la NOM-025-SSA1-2021 establece como promedio anual para la protección de la salud, y las columnas troposféricas de NO_2 y de SO_2 no revelan una pluma industrial persistente sobre la unidad. El resultado es consistente con la estructura del territorio que los apartados anteriores describieron: una cuenca sin industria de proceso, cuya presión sobre el medio se ejerce por conversión agrícola y por expansión urbana, no por emisión atmosférica. Ese juicio tiene un límite de alcance que debe declararse: el campo de PM2.5 procede de una malla de resolución regional y describe al valle de Culiacán en conjunto, de modo que sostiene la afirmación a la escala de esta Región Ecológica —que es la escala de este apartado— pero no autorizaría una afirmación equivalente sobre un punto concreto de ella. La única señal que conviene retener es que la concentración regional, aunque cumple la norma mexicana, excede la guía de la Organización Mundial de la Salud: el aire de la cuenca no tiene margen sobrante, y una intensificación futura del tránsito o de la quema agrícola lo consumiría.

El ruido tampoco constituye hoy una problemática de la unidad, y la razón es la que hace de él un asunto relevante para la evaluación. El entorno del proyecto es acústicamente de barrio y no industrial: sus 222 unidades económicas pertenecen al comercio al menudeo, a los servicios personales y a la preparación de alimentos, y la vialidad primaria más próxima corre a más de kilómetro y medio. No hay en la Región Ecológica una fuente fija que sostenga un conflicto acústico ni un receptor sensible sometido a exposición continua. Pero esa misma ausencia es lo que da peso al dato: la mitad forestal del Área de Influencia carece de fuente antrópica permanente, y es la única continuidad de hábitat entre el predio y los rodales regionales donde el apartado III.8.4 registra las especies de mayor requerimiento que ya no aparecen en el sitio. El ruido no es un deterioro heredado que el proyecto encuentre ya instalado —a diferencia de la degradación del suelo, de la erosión y del riesgo de deforestación—, sino un factor que la obra introduce donde hoy no existe. Por eso no figura en la síntesis de problemáticas preexistentes que sigue, y sí debe figurar, con el límite de 55 dB(A) diurno y 50 dB(A) nocturno que el apartado III.2.1.10 determinó como exigible, entre los efectos que el capítulo de impactos valora y que las medidas del estudio deben gestionar.

III.8.7 Síntesis de las problemáticas

Las problemáticas documentadas se ordenan por extensión y por severidad:

1. **Riesgo de deforestación muy alto y alto en 93.34 % de la superficie forestal evaluada.** Es la problemática más severa y la que compromete el futuro del ecosistema dominante de la cuenca.

2. **Degradación del suelo en 60.49 % de la unidad, con tasa en incremento en su totalidad**, dominada por la declinación de la fertilidad asociada a la agricultura de temporal.

3. **Erosión hídrica en 50.12 % de la unidad**, extendida pero íntegramente de grado leve y sin formas de cárcava.

4. **Presión del borde urbano**, concentrada en el Área de Influencia y expresada en la simplificación del sotobosque, la colonización por exóticas y el empobrecimiento de la fauna de mayor requerimiento.

5. **Presencia de especies exóticas** entre 2.33 % y 6.98 % de la riqueza florística, localizada en el estrato herbáceo.

Las cinco comparten un mismo origen: **la conversión del territorio para uso agropecuario y urbano, ejecutada de forma difusa, sin evaluación previa y sin medida de compensación alguna.** Ese es el proceso que produjo las 14,250.23 ha de agricultura de temporal, las 6,536.51 ha de vegetación secundaria, el 60.49 % de degradación y el 93.34 % de riesgo de deforestación.

Frente a ese diagnóstico, la aportación de un proyecto sujeto a evaluación de impacto ambiental no se agota en no empeorar el cuadro. **Un cambio de uso de suelo de 12.5570 ha —0.06 % de las 21,618.97 ha de vegetación forestal nativa de la cuenca— que se ejecuta con obras de control de erosión, con rescate y reubicación de flora y fauna, con restauración de una superficie de compensación y con seguimiento verificable, introduce en la Región Ecológica precisamente el tipo de manejo cuya ausencia explica las cinco problemáticas anteriores.** Los capítulos siguientes del estudio detallan esas medidas; este apartado establece el contexto que las hace pertinentes no sólo para el predio sino para la cuenca.

III.9 Reporte general de incidencias del Proyecto y su AI

Este apartado cuantifica, elemento por elemento, sobre qué componentes ambientales incide el proyecto y en qué magnitud. **El denominador de todos los porcentajes es la superficie del Área del Proyecto: 13.4689 ha**, que es la superficie sujeta a evaluación de impacto ambiental. No se emplea la superficie del predio del promovente ni ninguna otra.

III.9.1 Incidencia sobre la cubierta vegetal

Tabla 205. Incidencia del proyecto sobre la cubierta vegetal del Área del Proyecto.

Clase de cubierta	Condición respecto del cambio de uso de suelo	Superficie (ha)	Porcentaje del AP (%)
Selva Baja Caducifolia	Terreno forestal sujeto a cambio de uso de suelo	12.5570	93.23
Area desprovista de vegetacion	Superficie de uso no forestal preexistente	0.4776	3.55
Camino de terraceria	Superficie de uso no forestal preexistente	0.3455	2.57
Cauce	Superficie de uso no forestal preexistente	0.0888	0.66
Total del Área del Proyecto	—	**13.4689**	**100.00**

Fuente: capa de vegetación del Área del Proyecto, fotointerpretada y verificada en campo; superficies leídas del atributo, EPSG:32613. Anexo cartográfico del estudio.

La incidencia principal y la de mayor magnitud del proyecto es la remoción de 12.5570 ha de selva baja caducifolia, 93.23 % del Área del Proyecto. Esa superficie constituye terreno forestal y es la sujeta a cambio de uso de suelo. Las 0.9119 ha restantes —área desprovista de vegetación con 0.4776 ha, camino de terracería con 0.3455 ha y cauce con 0.0888 ha— corresponden a usos no forestales que ya existían antes de cualquier obra y sobre los que el proyecto no produce cambio de uso de suelo en terreno forestal.

Puesta en la escala de la unidad territorial de este capítulo, esa superficie representa:

Tabla 206. Incidencia sobre la cubierta vegetal respecto de las superficies de referencia.

Referencia	Superficie de referencia (ha)	Incidencia (ha)	Incidencia (%)
Área del Proyecto	13.4689	12.5570	93.23
Área de Influencia	276.19	12.5570	4.55
Selva baja caducifolia del Área de Influencia	128.55	12.5570	9.77
Superficie forestal nativa de la Región Ecológica	21,618.97	12.5570	0.06
Selva baja caducifolia y su vegetación secundaria en la Región Ecológica	20,541.57	12.5570	0.06
Región Ecológica	37,971.75	12.5570	0.03

Fuente: cocientes entre la superficie de cambio de uso de suelo y las superficies canónicas de cada referencia, establecidas en los apartados III.1.2 y III.2.2.

El porcentaje varía en más de tres órdenes de magnitud según la escala de referencia, y las seis cifras son igualmente ciertas. La lectura honesta las considera todas: la afectación es prácticamente total dentro del polígono del proyecto, apreciable dentro del remanente de selva del Área de Influencia —9.77 %—, y marginal respecto de la Región Ecológica —0.06 % de su superficie forestal nativa—. Lo que la evaluación debe resolver es si las funciones ecológicas que se pierden en las 12.5570 ha comprometen la permanencia de esas funciones a escala de cuenca; los apartados III.5 a III.7 aportan la evidencia de que no lo hacen, y los capítulos de medidas del estudio establecen cómo se compensa la pérdida local.

III.9.2 Incidencia sobre el recurso hídrico superficial

El Área del Proyecto no contiene ningún cuerpo de agua. El conjunto de datos de Hidrología Superficial 2.0 del INEGI no registra dentro de las 13.4689 ha cuerpo de agua alguno, perenne o intermitente, ni elemento hidrográfico nombrado. El levantamiento propio del predio identifica **0.0888 ha de cauce, 0.66 % del Área del Proyecto**, correspondientes a escurrimientos efímeros de detalle que la cartografía a 1:250 000 no resuelve.

Los cuerpos de agua de la Región Ecológica —118.74 ha, de las cuales 114.68 ha perennes— se localizan en el cauce del río Tamazula y en los almacenamientos asociados, fuera del Área del Proyecto y del Área de Influencia. El único cuerpo de agua del Área de Influencia, de 0.68 ha, está fuera del polígono de intervención.

Tabla 207. Incidencia sobre el recurso hídrico superficial del Área del Proyecto.

Elemento hídrico	Presencia en el Área del Proyecto	Superficie o longitud incidida	Incidencia (%)
Cuerpos de agua perennes	No	0.0000 ha	0.00
Cuerpos de agua intermitentes	No	0.0000 ha	0.00
Elementos hidrográficos nombrados (INEGI)	No	0.0000 km	0.00

Elemento hídrico	Presencia en el Área del Proyecto	Superficie o longitud incidida	Incidencia (%)
Cauces efímeros de detalle (levantamiento propio)	Sí	0.0888 ha	0.66
Acuífero Río Culiacán	Sí	13.4689 ha	100.00

Fuente: INEGI, Conjunto de datos de Hidrología Superficial 2.0; CONAGUA, acuífero Río Culiacán; capas propias del proyecto.

El Área del Proyecto se localiza íntegramente sobre el acuífero Río Culiacán, como toda la Región Ecológica. La incidencia sobre el acuífero no es de ocupación de un cuerpo de agua sino de modificación de la superficie de recarga: las 13.4689 ha se asientan en 97.52 % sobre material aluvial, que es el sustrato de mayor capacidad de infiltración de la cuenca. Esa condición, documentada en el apartado III.2.1.2, es la que hace que el balance hídrico del sitio sea uno de los componentes que la evaluación de impactos debe cuantificar con particular cuidado.

III.9.3 Incidencia sobre el suelo

Tabla 208. Incidencia sobre el recurso suelo del Área del Proyecto.

Elemento del recurso suelo	Superficie en el AP (ha)	Incidencia (%)
Leptosol	10.5447	78.29
Vertisol	2.9242	21.71
Phaeozem	0.0000	0.00
Superficie sin erosión evidente	10.2896	76.40
Superficie con erosión hídrica laminar de grado leve y surcos secundarios	3.1793	23.60
Superficie con degradación de suelo	7.1799	53.31
Superficie de terrenos estables	6.2890	46.69

Fuente: INEGI, Conjunto de datos edafológicos Serie II y Erosión del Suelo Serie I; SEMARNAT–Colegio de Postgraduados, degradación del suelo; recorte al Área del Proyecto.

El proyecto no incide sobre Phaeozem, el suelo de mayor capacidad productiva de la Región Ecológica, que ocupa 57.99 % de la unidad y está ausente del Área del Proyecto. Incide sobre 10.5447 ha de Leptosol —suelo somero limitado por roca, de función productiva restringida— y sobre 2.9242 ha de Vertisol.

El proyecto sí incide sobre 10.2896 ha clasificadas sin erosión evidente, 76.40 % del Área del Proyecto. Ese dato se enuncia sin atenuantes porque es la contrapartida del anterior: el sitio parte de una condición edáfica de baja erosión, y el retiro de la cubierta introduce el proceso donde hoy no lo hay. Las obras de conservación de suelo que el estudio propone en sus capítulos posteriores tienen ahí su justificación técnica.

La tercera lectura de la tabla es de signo contrario a la segunda y se reporta igual: 7.1799 ha del Área del Proyecto —53.31 %— presentan algún proceso de degradación del suelo, y sólo 6.2890 ha —46.69 %— corresponden a terrenos estables. El sitio no es, por tanto, un fragmento intacto: más de la mitad de su superficie acusa ya el deterioro edáfico que caracteriza a este borde de la cuenca, donde el 60.49 % de la Región Ecológica presenta degradación con tasa en incremento, según el apartado III.7. Leídas juntas, las tres filas describen con precisión la condición del suelo sobre el que el proyecto se instala: somero y de función productiva restringida, mayoritariamente degradado, pero sin erosión activa. Esa combinación es la que determina el tipo de medida que corresponde —obras que impidan que el retiro de la cubierta active la

erosión donde hoy no la hay, y no obras de control de una erosión ya declarada—, y es también la que hace que el suelo del predio, a diferencia de su cubierta forestal, no sea el componente que concentra el valor ambiental de la superficie a intervenir.

III.9.4 Incidencia sobre áreas de importancia ambiental y ecosistemas relevantes

Tabla 209. Uso de suelo y vegetación de la Región Ecológica como marco de las áreas de importancia ambiental.

Clase de uso de suelo y vegetación	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Agricultura De Temporal Anual	14,250.23	37.53
Selva Baja Caducifolia	14,005.07	36.88
Vegetación Secundaria Arbustiva De Selva Baja Caducifolia	6,536.51	17.21
Asentamientos Humanos	1,819.63	4.79
Selva Mediana Subcaducifolia	657.14	1.73
Vegetación Secundaria Arbórea De Selva Mediana Subcaducifolia	420.25	1.11
Pastizal Inducido	282.92	0.75

Fuente: INEGI, Conjunto de datos de uso del suelo y vegetación Serie VII; recorte a la Región Ecológica.

La Región Ecológica es un mosaico en el que la conversión agrícola y la selva baja caducifolia se disputan el territorio en proporciones casi idénticas: 14,250.23 ha de agricultura de temporal anual —37.53 %— frente a 14,005.07 ha de selva baja caducifolia —36.88 %—, a las que se suman 6,536.51 ha de su vegetación secundaria arbustiva. Sumadas las cuatro clases forestales nativas, la unidad conserva 21,618.97 ha, 56.93 % de su superficie, y los asentamientos humanos ocupan 1,819.63 ha, 4.79 %, concentradas en el borde oriental de Culiacán Rosales, que es donde se sitúa el Área del Proyecto. De ese reparto se siguen dos consecuencias para la evaluación de este proyecto. La primera es que el ecosistema que el proyecto interviene no es un relicto sino la clase forestal más extensa y con mayor remanente de la cuenca —20,541.57 ha entre selva baja caducifolia primaria y secundaria—, de modo que las 12.5570 ha removidas equivalen al 0.06 % de esa reserva. La segunda, que es la que obliga: el agente de transformación dominante de la unidad no es la obra civil sino la conversión agrícola, y por eso la compensación forestal que el proyecto asume sólo cumple su función si se dirige a superficie de esta misma clase, que es la que la cuenca está perdiendo, y no a cualquier otra cubierta disponible.

Los ecosistemas de relevancia particular presentes en la Región Ecológica y su relación con el Área del Proyecto son los siguientes:

Tabla 210. Ecosistemas relevantes de la Región Ecológica e incidencia del Área del Proyecto.

Ecosistema relevante	Superficie en la Región Ecológica (ha)	Presencia en el Área del Proyecto	Incidencia (ha)
Selva mediana subcaducifolia	657.14	No	0.0000
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia	420.25	No	0.0000
Manglar	31.97	No	0.0000

Ecosistema relevante	Superficie en la Región Ecológica (ha)	Presencia en el Área del Proyecto	Incidencia (ha)
Bosque de galería	270.49	No	0.0000
Vegetación de galería	43.58	No	0.0000
Cuerpos de agua	118.74	No	0.0000

Fuente: INEGI, Conjunto de datos de uso del suelo y vegetación Serie VII y uso del suelo y vegetación por área de interpretación 1:75 000; capa de vegetación propia del Área del Proyecto.

Ninguno de los seis ecosistemas de relevancia particular de la Región Ecológica está presente en el Área del Proyecto. El manglar, el bosque de galería y la vegetación de galería —los tres ecosistemas de mayor sensibilidad de la unidad, con 346.04 ha en conjunto— se localizan asociados al cauce del río Tamazula y a los cuerpos de agua, a distancia del polígono. La única cubierta forestal que el proyecto interviene es la selva baja caducifolia, que es el ecosistema dominante y de mayor extensión de la cuenca.

El cruce del Área del Proyecto contra las capas oficiales de áreas de importancia ecológica y de instrumentos de ordenamiento arroja el siguiente semáforo. La determinación de incidencia de cada renglón es la misma que sustenta el capítulo de vinculación del estudio, y no se recalcula aquí: un mismo hecho territorial no puede tener dos veredictos dentro del mismo documento.

Tabla 211. Áreas de importancia ecológica: traslape con el Área del Proyecto y distancia a la más cercana.

Área de importancia ecológica	¿Incide?	Superficie de traslape (ha)	Distancia del AP a la más cercana (km)	Dirección	Unidad más cercana
Áreas Naturales Protegidas federales	No	—	38.01	Suroeste	Islas del Golfo de California
Áreas Naturales Protegidas estatales, municipales y privadas	No	—	6.41	Oeste	Isla de Oraba
Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA)	No	—	24.64	Suroeste	Ensenada Pabellones
Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)	No	—	25.40	Norte	Río Humaya
Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)	No	—	24.94	Suroeste	Bahía de Ohuira – Ensenada del Pabellón
Regiones Marinas Prioritarias (RMP)	No	—	20.10	Suroeste	Región 32
Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad (terrestres)	No	—	11.38	Norte	Sitio 3704
Sitios de atención prioritaria para la conservación	No	—	4.03	Sureste	SAP

Área de importancia ecológica	¿Incide?	Superficie de traslape (ha)	Distancia del AP a la más cercana (km)	Dirección	Unidad más cercana
Sitios Ramsar	No	—	35.16	Suroeste	Ensenada de Pabellones
Sitios prioritarios para la restauración	**Sí**	**13.4689**	0.00	—	Sitio de prioridad extrema
Sitios de atención para restauración del paisaje forestal	**Sí**	**1.0680**	0.00	—	Nivel de prioridad baja
Corredores bioclimáticos para la conservación de la biodiversidad	**Sí**	Producto ráster, sin superficie vectorial	0.00	—	Clase de corredor

Fuente: CONANP, Áreas Naturales Protegidas Federales de México (2025) y Áreas Naturales Protegidas Estatales, Municipales, Ejidales, Comunitarias y Privadas de México (2025); CONABIO, Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves, Regiones Terrestres, Hidrológicas y Marinas Prioritarias, Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad, Sitios de atención prioritaria para la conservación, Sitios prioritarios para la restauración y Corredores bioclimáticos; CONAFOR, Sitios de atención para restauración del paisaje forestal; Convención de Ramsar, inventario de humedales de importancia internacional de México. Distancias y traslapes medidos sobre el polígono del Área del Proyecto en UTM WGS84 zona 13N (EPSG:32613).

Tabla 212. Instrumentos de ordenamiento ecológico y unidades de gestión en que incide el Área del Proyecto.

Instrumento de ordenamiento	Unidad de gestión ambiental en que incide el AP	Superficie de traslape (ha)	Porcentaje del AP (%)
Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio	Unidad Ambiental Biofísica 32 — Llanuras costeras y deltas de Sinaloa	8.6711	64.38
Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio	Unidad Ambiental Biofísica 12 — Pie de la Sierra Sinaloense Centro	4.7978	35.62
Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Culiacán 2026–2046	RTA — Reserva Territorial de Alta Densidad	13.4349	99.75
Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Culiacán 2026–2046	HCSM — Habitacional, Comercio y Servicios de Media Densidad	0.0021	0.02
Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Culiacán 2026–2046	Desfase cartográfico de borde entre la capa de zonificación y el polígono levantado del predio	0.0319	0.24

Fuente: SEMARNAT, Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (Diario Oficial de la Federación, 2012); Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Culiacán 2026–2046 (Decreto Municipal núm. 16, Periódico Oficial «El Estado de Sinaloa», 25 de mayo de 2026). Los porcentajes de cada instrumento son el reparto interno del predio entre sus unidades y no se totalizan entre instrumentos distintos.

De las doce categorías de área de importancia ecológica, nueve arrojan incidencia nula y tres arrojan incidencia positiva. El resultado no admite dos lecturas: el proyecto no toca ninguna Área Natural Protegida —la federal más cercana está a 38.01 km al Suroeste y la estatal o municipal más cercana a 6.41 km al Oeste—, ninguna región prioritaria de la CONABIO, ninguna área de importancia para la conservación de las aves y ningún sitio Ramsar. Las distancias son de decenas de kilómetros, no de centenares de metros: no se trata de una colindancia que exija medidas de amortiguamiento, sino de una ausencia de vecindad.

Las tres incidencias positivas se declaran íntegras y son de naturaleza distinta a las anteriores. El Área del Proyecto queda comprendida en su totalidad —13.4689 ha, 100.00 %— dentro de un sitio prioritario para la restauración de prioridad extrema, y dentro de un corredor bioclimático para la conservación de la biodiversidad, este último expresado como producto ráster continuo y por tanto sin superficie vectorial de traslape; y 1.0680 ha del polígono —7.93 % de su superficie— quedan dentro de un sitio de atención para restauración del paisaje forestal de nivel de prioridad baja. Conviene leer qué significa cada una, porque la categoría no se interpreta sola. Las tres tienen en común lo que la evaluación necesita saber de entrada: son capas de planeación de la restauración, no regímenes de protección ni de prohibición, y ninguna impone al predio una restricción jurídica de uso del suelo.

Un **sitio prioritario para la restauración** no es una figura de protección ni un régimen de prohibición: es una capa de planeación de la CONABIO que señala dónde la restauración ecológica rendiría el mayor beneficio, y su criterio de selección es precisamente la *pérdida* de vegetación natural y la degradación del suelo. La calificación de prioridad extrema describe, por tanto, la condición del entorno regional —el borde de Culiacán, con 37.53 % de la Región Ecológica ya convertida a agricultura de temporal y 4.79 % a asentamientos humanos—, no un atributo de conservación del predio que el proyecto vendría a vulnerar. Que el sitio esté señalado para restauración y que el proyecto genere una obligación de compensación forestal sobre superficie equivalente son hechos que apuntan en la misma dirección, y el estudio lo aprovecha: la compensación y las obras de conservación de suelo y agua que el proyecto obliga se ubican dentro de la misma unidad territorial que esta capa identifica como prioritaria.

El **sitio de atención para restauración del paisaje forestal** de la CONAFOR incide sólo sobre una fracción del polígono —1.0680 ha, 7.93 % del Área del Proyecto— y lo hace en el más bajo de los tres niveles de prioridad que esa capa distingue. El contraste con la capa anterior es el dato útil y no una contradicción: la misma superficie que la CONABIO califica de prioridad extrema para la restauración de la biodiversidad, la CONAFOR la clasifica de prioridad baja para la restauración del paisaje forestal, y sólo en el 7.93 % de su extensión. Las dos capas miden cosas distintas y por eso coinciden en el fondo: lo deteriorado en este borde de la cuenca no es la masa forestal del predio —que conserva condición primaria en el 100.00 % de su superficie y sostiene doce especies de flora endémicas de México, según los apartados III.7 y III.4— sino la función del suelo y la continuidad del ecosistema en el entorno ya convertido. De ahí se sigue el criterio para las medidas: los compromisos de restauración y de conservación de suelo del proyecto rinden más aplicados a esa función y a la superficie de compensación que a la fracción de 1.0680 ha que la capa señala dentro del predio.

El **corredor bioclimático** expresa la conectividad potencial del territorio ante el cambio climático, y su incidencia es la que corresponde a un predio de 13.4689 ha inserto en un corredor de escala regional. Lo relevante para la evaluación no es la coincidencia cartográfica sino si el proyecto interrumpe la conectividad: los apartados III.6 y III.7 documentan que la selva baja caducifolia y su vegetación secundaria conservan 20,541.57 ha continuas en la Región Ecológica, de las cuales el proyecto interviene 12.5570 ha, 0.06 %, en su borde urbano y no en el eje del macizo.

En materia de ordenamiento, el Área del Proyecto queda comprendida dentro de los dos instrumentos aplicables: repartida entre dos unidades ambientales biofísicas del ordenamiento ecológico general —64.38 % en las llanuras costeras y deltas de Sinaloa y 35.62 % en el pie de la sierra sinaloense centro, reparto que cubre el 100.00 % del polígono y que refleja la posición de transición fisiográfica ya descrita en el apartado III.1.2— y prácticamente íntegra, 99.75 %, en una sola clave del programa de desarrollo urbano del centro de población. Las 0.0319 ha que ninguna clave municipal recoge —0.24 % del polígono— no son superficie sin

zonificar sino el desfase de trazo entre la capa de zonificación y el levantamiento del predio, y la fracción HCSM de 0.0021 ha es un roce de borde de veintiún metros cuadrados: la clave que gobierna el predio es una sola. Lo relevante de esa clave para la evaluación es su naturaleza —una reserva territorial destinada al crecimiento urbano habitacional, no una zona de conservación—, porque significa que el destino urbano del suelo estaba previsto por la planeación municipal antes de que este estudio se presentara. La compatibilidad del proyecto con los criterios y políticas de cada una de esas unidades se resuelve en el capítulo de vinculación del estudio, que es donde la norma es el dato; este apartado sólo establece cuáles son.

III.9.5 Incidencia sobre especies en categoría de riesgo y endémicas

Tabla 213. Incidencia sobre especies en categoría de riesgo y endémicas presentes en el Área del Proyecto.

Componente	Especies en el Anexo Normativo III presentes en el AP	Especies endémicas de México presentes en el AP
Flora vascular	1	12
Aves	0	9
Mamíferos	0	0
Reptiles	1	3
Total	**2**	**24**

Fuente: NOM-059-SEMARNAT-2010, Anexo Normativo III (Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010; modificación del 14 de noviembre de 2019 y fe de erratas del 4 de marzo de 2020); CONABIO, listado de especies endémicas de México; levantamiento propio del estudio. Detalle por especie en el apartado III.4.

El proyecto incide sobre dos especies incluidas en el Anexo Normativo III: el listoncillo (*Gossypium aridum*), sujeta a protección especial, con 34.21 individuos·ha⁻¹ y frecuencia de 42.11 % en el estrato arbustivo del predio; y la iguana negra o garrobo (*Ctenosaura pectinata*), amenazada, con 4 individuos registrados. **Incide además sobre 24 especies endémicas de México** —12 de flora, 9 de aves y 3 de reptiles—.

Las dos especies del anexo normativo cuentan con población fuera del polígono de intervención, documentada en el apartado III.4: el listoncillo alcanza 236.67 individuos·ha⁻¹ en el Área de Influencia —casi siete veces su densidad en el predio— y 8.00 en la Región Ecológica; y la iguana negra se registró también en la Región Ecológica, con 6 individuos. Esa continuidad poblacional es la condición que hace viables las medidas de rescate y reubicación que el estudio propone.

III.9.6 Incidencia sobre el componente socioeconómico y el paisaje

Tabla 214. Incidencia sobre el componente socioeconómico del Área del Proyecto.

Elemento	Presencia en el Área del Proyecto	Incidencia
Localidades con superficie delimitada	No	0.0000 ha
Localidades de registro puntual	No	0 asentamientos
Territorios indígenas	No	0
Vialidades de la red nacional	No	0.0000 km
Camino de terracería de acceso interno	Sí	0.3455 ha

Fuente: INEGI, Marco Geoestadístico Nacional y Red Nacional de Caminos; capas propias del proyecto.

El Área del Proyecto no contiene localidades, asentamientos ni territorios indígenas, y no incide sobre ninguna vialidad de la red nacional. El único elemento de infraestructura dentro del polígono es un camino de terracería de acceso interno de 0.3455 ha, que forma parte de las 0.9119 ha de uso no forestal preexistente.

La incidencia sobre el componente perceptual está cuantificada en el apartado III.2.4 y se recapitula aquí en sus términos: **la cuenca visual efectiva del proyecto abarca 3,755.44 ha, 9.89 % de la Región Ecológica**, y 657 de los 1,817 puntos de observación evaluados sobre las vías de relevancia y las localidades de la unidad —36.16 %— tienen línea de visión hacia el sitio. El observador más próximo con vista se localiza a 482.0 m, sobre una avenida del oriente de Culiacán Rosales. La vegetación existente absorbe por sí sola 2,259.61 ha de exposición, 37.6 % de la que habría sobre terreno desnudo.

La **valoración** del impacto perceptual y de la población expuesta no se resuelve aquí: este capítulo establece cuánta superficie y qué observadores tienen línea de visión, que es un atributo medible del territorio, mientras que la magnitud del impacto resultante corresponde al capítulo de identificación y evaluación de impactos, conforme se declaró en el apartado III.2.4.

III.9.7 Reporte consolidado

Tabla 215. Reporte consolidado de incidencias del proyecto por componente ambiental.

Componente ambiental	¿Incide el proyecto?	Magnitud sobre el AP de 13.4689 ha
Selva baja caducifolia (terreno forestal)	Sí	12.5570 ha · 93.23 %
Uso de suelo no forestal preexistente	Sí	0.9119 ha · 6.77 %
Suelo Leptosol	Sí	10.5447 ha · 78.29 %
Suelo Vertisol	Sí	2.9242 ha · 21.71 %
Suelo Phaeozem	No	0.0000 ha · 0.00 %
Superficie sin erosión evidente	Sí	10.2896 ha · 76.40 %
Acuífero Río Culiacán (superficie de recarga)	Sí	13.4689 ha · 100.00 %
Cuerpos de agua	No	0.0000 ha · 0.00 %
Cauces efímeros de detalle	Sí	0.0888 ha · 0.66 %
Elementos hidrográficos nombrados	No	0.0000 km
Manglar, bosque y vegetación de galería	No	0.0000 ha
Selva mediana subcaducifolia	No	0.0000 ha
Especies de flora del Anexo Normativo III	Sí	1 especie
Especies de fauna del Anexo Normativo III	Sí	1 especie
Especies endémicas de México	Sí	24 especies
Localidades y territorios indígenas	No	0

Componente ambiental	¿Incide el proyecto?	Magnitud sobre el AP de 13.4689 ha
Vialidades de la red nacional	No	0.0000 km
Áreas Naturales Protegidas, regiones prioritarias de la CONABIO y sitios Ramsar	No	0.0000 ha · 0.00 %
Sitio prioritario para la restauración y corredor bioclimático	Sí	13.4689 ha · 100.00 %
Sitio de atención para restauración del paisaje forestal	Sí	1.0680 ha · 7.93 %

Fuente: las declaradas en cada apartado de esta sección. Todos los porcentajes se calculan sobre las 13.4689 ha del Área del Proyecto.

El reporte deja el balance en sus términos exactos. **El proyecto interviene 12.5570 ha de selva baja caducifolia funcional, con dos especies del Anexo Normativo III y veinticuatro endémicas de México, sobre una superficie que hoy no presenta erosión evidente en 76.40 % de su extensión y que se asienta sobre el material de mayor capacidad de infiltración de la cuenca.** Esa es la afectación, y no se presenta como menor de lo que es.

Al mismo tiempo, el reporte identifica con la misma precisión aquello sobre lo que el proyecto no incide: ningún cuerpo de agua, ningún ecosistema de los seis de relevancia particular de la Región Ecológica, ningún suelo Phaeozem, ninguna localidad ni territorio indígena, ninguna vialidad de la red nacional, ninguna Área Natural Protegida, ninguna región prioritaria de la CONABIO y ningún sitio Ramsar. De las veinte filas del reporte consolidado, ocho declaran incidencia nula.

Esa combinación —una afectación forestal real y acotada, sin incidencia sobre los elementos de mayor sensibilidad de la unidad— es la que define el punto de partida de la evaluación de impactos. Las funciones que se pierden en las 12.5570 ha son reales; su magnitud a escala de la Región Ecológica es de 0.06 % de la superficie forestal nativa; y las condiciones documentadas en este capítulo —población fuente contigua de todas las especies afectadas, hábitat receptor equivalente, comunidad con sus dispersores y polinizadores intactos, pendiente suave y erosión no activa— son las que determinan que las medidas de rescate, restauración y compensación que el estudio propone tengan sustento técnico y no sólo declarativo.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

MODALIDAD PARTICULAR

CAPÍTULO IV.

Fraccionamiento Sedona

Contenido

Contenido 2
Índice de tablas 4
Índice de figuras 5
IV.1 Metodología para la identificación, análisis y evaluación de impactos 7
Correspondencia de anexos 7
IV.1.1 Selección y justificación de la metodología 8
IV.1.2 Criterios de valoración 9
IV.1.3 Identificación de efectos directos e indirectos 12
IV.2 Impactos ambientales existentes en la Región Ecológica 16
El diagnóstico regional, por su propia magnitud 16
Tabla de impactos preexistentes 20
Presencia de especies exóticas e invasoras 23
Lo que este diagnóstico significa para el proyecto 24
IV.3 Identificación, descripción y evaluación de los impactos del proyecto, por etapa 24
IV.3.1 Universo de análisis 24
IV.3.2 Tabla maestra de impactos y medidas 30
IV.3.3 Lectura por etapa 37
IV.4 Clasificación e identificación de las medidas 41
Criterio de clasificación 42
Catálogo de medidas comprometidas 42
Las tres agregadas que la valoración de Conesa sí pudo anclar 44
Lo que la valoración de Conesa no pudo anclar, y por qué 44
Lo que las medidas modifican, y lo que no 45
Suficiencia medida por las memorias de cálculo aguas arriba (transcrita, no recalculada) 45
Superficie y diseño de las obras 51
IV.5 Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia 52
Umbrales que disparan medidas correctivas 55
Métodos de cálculo de los indicadores 56
IV.6 Análisis de impactos significativos, acumulativos, sinérgicos y residuales 56
IV.6.1 Significativos 56
IV.6.2 Acumulativos 61

IV.6.3 Sinérgicos 63
IV.6.4 Residuales 65
IV.6.5 Resumen ejecutivo del análisis 69
IV.7 Delimitación del Área de Influencia del proyecto 72
El criterio: la extensión y la intensidad vienen de impactos distintos 72
Extensión alcanzada por cada factor ambiental 73
La red de drenaje y el alcance del factor Agua 75
Consistencia con la delimitación de la Región Ecológica 76
Plano georreferenciado 76
IV.8 Medidas de compensación y/o restauración ambiental 76
Justificación de la equivalencia de la compensación 78
Ejecución conforme a las guías técnicas aplicables 79
Catálogo de conceptos del programa de reforestación 79
Planos georreferenciados 80
IV.9 Valoración económica de las medidas 81
Cómo se construye cada partida 81
Costo de las medidas 82
Confianza de los precios 87
Proporción respecto de la inversión 88
Medidas cuyo costo no forma partida de este programa 88
Las tres partidas que dependían de la organización de la obra 89
IV.10 Estrategias integradas de protección ambiental 89
Estrategia 1 — Suelo 91
Estrategia 2 — Geomorfología 91
Estrategia 3 — Agua 91
Estrategia 4 — Atmósfera y microclima 92
Estrategia 5 — Ambiente sonoro 92
Estrategia 6 — Vegetación y flora 93
Estrategia 7 — Fauna y conectividad 93
Estrategia 8 — Paisaje 93
Estrategia 9 — Medio socioeconómico 94
La arquitectura del conjunto 94

Índice de tablas

Tabla 1. Correspondencia entre la letra de anexo del expediente y el contenido que respalda cada uno, para los anexos citados en este capítulo. 7
Tabla 2. Atributos de la valoración, escalas admitidas y criterio de asignación aplicado en este estudio. 9
Tabla 3. Clases de importancia y su lectura. 10
Tabla 4. Cifras medidas que anclan la intensidad de los factores que disponen de ellas. 11
Tabla 5. Cadenas causales que generan los efectos indirectos adversos del proyecto. Cada cadena agrupa las interacciones reales de la valoración (Anexo F) que comparten la misma lógica causa-efecto; no se asignan identificadores de impacto individuales porque una misma cadena puede comprender más de una interacción. 14
Tabla 6. Obras y actividades que actualmente se desarrollan en la Región Ecológica y se relacionan con el proyecto, y los impactos ambientales que producen. 20
Tabla 7. Especies exóticas registradas, con su condición y las escalas en que aparecen. 23
Tabla 8. Acciones del proyecto por etapa, aplicables a MIA_Fraccionamiento Sedona. 25
Tabla 9. Factores ambientales receptores sujetos a la valoración cuantitativa de Conesa. 26
Tabla 10. Identificación, descripción y evaluación de los 19 impactos ambientales adversos de clase Severa del proyecto y medidas asociadas. Todos ocurren en la etapa de preparación del sitio. `EF = 4` en la totalidad de estos 19 renglones, por lo que el efecto es directo en todos los casos. 32
Tabla 11. Catálogo de las dieciséis medidas del proyecto, con su clave, tipo, indicador y plazo de seguimiento. Las tres marcadas «sin partida propia» están comprometidas pero su costo vive dentro del presupuesto general de la obra (IV.9). El catálogo muestra un programa que cubre las cuatro categorías de la evaluación de impacto —prevención, mitigación, restauración y compensación— sin dejar ninguna vacía, y con un plazo de seguimiento que se extiende hasta 7 años en las medidas de vegetación (M-5 y C-1); esa cobertura completa es la que sostiene, en IV.6.1 y IV.6.4, que ninguno de los diecinueve impactos significativos del proyecto queda sin al menos una medida asociada. 42
Tabla 12. Arquitectura de la demostración de suficiencia, por recurso: línea base, magnitud sin medidas, cierre con las medidas comprometidas y regla de suficiencia que decide el veredicto. 45
Tabla 13. Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia, trece medidas. 52
Tabla 14. Umbrales que disparan una medida correctiva y corrección que corresponde a cada uno. Ninguno de los cuatro umbrales espera al informe anual del Programa de Vigilancia Ambiental para activarse: los de vegetación se resuelven dentro de la temporada de lluvias siguiente y los de fauna y ruido en el sitio o en la campaña de sonometría más próxima, de modo que la corrección compite con el mismo ciclo biológico o normativo que produjo la desviación, no con el calendario administrativo del seguimiento. 55
Tabla 15. Impactos ambientales significativos del proyecto, agrupados por factor. 57
Tabla 16. Interacciones adversas con acumulación declarada (AC = 4). 61
Tabla 17. Concurrencia de acciones sobre un mismo factor ambiental. 63
Tabla 18. Distribución de las interacciones adversas por clase, sin medidas y con medidas (residual). Universo de 106 —las 116 interacciones adversas del catálogo general de la valoración de impactos, excluidas las 10 de una etapa de cierre que este proyecto no ejecuta (IV.3.1)—. 65
Tabla 19. Importancia agregada de las 106 interacciones adversas aplicables, sin medidas y residual. 66

Tabla 20. Los diecinueve impactos significativos, con su recuperabilidad (MC) y persistencia (PE) antes y después de las medidas, y la clase residual que resulta. 66
Tabla 21. Distribución de las 106 interacciones adversas aplicables por clase de importancia, sin medidas y residual. 70
Tabla 22. Impactos significativos del proyecto, agrupados por factor ambiental. 70
Tabla 23. Extensión máxima alcanzada por cada factor ambiental, escala correspondiente e interacción que la determina. 73
Tabla 24. Medidas de compensación y restauración: descripción, ubicación y parámetros de verificación. 77
Tabla 25. Catálogo de conceptos de la medida C-1, con su unidad, cantidad y precio unitario. 80
Tabla 26. Cuadro de construcción del predio de compensación, 43.3217 ha. Coordenadas en UTM WGS 84 zona 13 Norte (EPSG:32613). 80
Tabla 27. Valoración económica del paquete de medidas, por concepto, con su cantidad, precio unitario, importe y fuente del precio. 82
Tabla 28. Composición del monto por nivel de confianza del precio unitario. 87
Tabla 29. Componentes ambientales afectados, interacciones adversas aplicables, importancia máxima que registran y medidas que actúan sobre cada uno. 90

Índice de figuras

Figura 1. Red de Sorensen del proyecto: de las tres acciones detonantes de la preparación del sitio a sus efectos primarios, secundarios, terciarios y sobre servicios ambientales. 13
Figura 2. Grado y tipo de degradación del suelo en la Región Ecológica. 17
Figura 3. Tipo y grado de erosión del suelo en la Región Ecológica. 18
Figura 4. Grado de riesgo de deforestación en la Región Ecológica. 19
Figura 5. Uso de suelo y vegetación en la Región Ecológica. 20
Figura 6. Del cribado metodológico (161 interacciones plausibles) al universo aplicable a este proyecto (106), con el desglose de las tres reducciones sucesivas y la clase de las 106 aplicables. 28
Figura 7. Matriz de identificación del catálogo metodológico completo: 30 acciones (25 del ciclo del proyecto y 5 medidas) por 13 factores, agrupadas por etapa y por banda de medio. Marca la presencia de interacción, no su Importancia; es el tamiz que antecede a la valoración de Conesa. 29
Figura 8. Primer juicio de cribado (Leopold) sobre el catálogo completo: naturaleza —adverso o benéfico— cruzada con significancia preliminar, previa a la valoración cuantitativa de Conesa que hace definitiva la clasificación. 30
Figura 9. Importancia de Conesa de las 106 interacciones adversas aplicables, por acción y factor, agrupadas por etapa. 37
Figura 10. Impactos adversos por etapa y clase de importancia, en las tres etapas que el proyecto ejecuta. 38
Figura 11. Cobertura vegetal y uso de suelo del Área de Influencia del proyecto, 276.19 ha. 40
Figura 12. Catálogo de las dieciséis medidas por categoría —seis de prevención (tres sin partida propia), siete de mitigación, una de restauración, una de compensación y el Programa de Vigilancia Ambiental— y la superficie que cada frente de compensación y restauración compromete frente a las 12.5570 ha sujetas a cambio de uso de suelo. 44

Figura 13. Erosión hídrica y eólica de línea base (Esc1) y con el CUSTF sin medidas (Esc2), a nivel de sitio. 47
Figura 14. Cierre del balance de suelo: azolve global entregado al cauce (línea base contra con medidas) para la vía hídrica, y cobertura del incremento por la ganancia de las obras para la vía eólica. 48
Figura 15. Recarga profunda (agua azul) de línea base y con el CUSTF sin medidas, a nivel de sitio y por año. 49
Figura 16. Stock de carbono del sistema {CUSTF + predio de compensación}, línea base contra CUSTF sin medidas. 50
Figura 17. Stock de carbono del sistema {CUSTF + predio de compensación}, línea base contra escenario con el predio de compensación restaurado. 51
Figura 18. Individuos de flora rescatados y jornadas-cuadrilla de M-1; brigada-jornadas y superficie del CUSTF cubierta por M-2. 55
Figura 19. Importancia de los 19 impactos significativos, ordenados de mayor a menor y coloreados por factor. 58
Figura 20. Especies con estatus de conservación cuya presencia se registra dentro del polígono sujeto a cambio de uso de suelo. 60
Figura 21. Importancia de las 6 interacciones con acumulación declarada (AC = 4), todas sobre el factor Suelo. 62
Figura 22. Número de interacciones con sinergia declarada (SI = 2), por factor receptor. 64
Figura 23. Izquierda: interacciones adversas por clase, sin medidas y residual (Tabla 18). Derecha: importancia agregada de las 106 interacciones adversas aplicables (Tabla 19). 66
Figura 24. Número de impactos significativos por factor y rango de Importancia que alcanza cada grupo. . 71
Figura 25. Extensión máxima alcanzada por cada factor ambiental y escala que le corresponde. Los once factores se agrupan en sólo cuatro escalas discretas y no en un gradiente continuo, y el salto entre ellas es la clave de lectura: nada queda en una posición intermedia entre el polígono del proyecto y el balance regional. 74
Figura 26. Red hidrográfica de la Región Ecológica, con la subcuenca del Río Tamazula en la que se inscribe el proyecto. El polígono del proyecto no toca ningún cauce de la red dibujada; el más próximo, el Arroyo del Toro, corre a 232.0 m, lo que sitúa la propagación del factor Agua en la infiltración y el escurrimiento superficial y no en la afectación directa a un cuerpo de agua. 75
Figura 27. Superficie de selva baja caducifolia removida por el cambio de uso de suelo frente a la establecida en el predio de compensación. 78
Figura 28. Reparto del monto del programa de medidas por categoría, 8,954,156.08 pesos en total. 86
Figura 29. Importe y proporción del programa de medidas por nivel de confianza del precio unitario. 87
Figura 30. Interacciones adversas aplicables y su importancia máxima, por componente ambiental. 90

IV.1 Metodología para la identificación, análisis y evaluación de impactos

Evaluar los impactos de este proyecto exige resolver primero un problema de escala. El desarrollo habitacional Fraccionamiento Sedona ocupa 13.4689 ha en el borde de la mancha urbana de Culiacán Rosales, Sinaloa. De esa superficie, 12.5570 ha están cubiertas por selva baja caducifolia y quedan sujetas a cambio de uso de suelo en terreno forestal; las 0.9119 ha restantes corresponden a superficies que ya no sostienen vegetación forestal —caminos de terracería, cauces y áreas desprovistas de vegetación—. El polígono se inserta en un Área de Influencia de 276.19 ha, donde la selva baja caducifolia (46.55 %) y el suelo ya urbanizado (46.54 %) ocupan prácticamente la misma proporción, y en una Región Ecológica de 37,971.7516 ha delimitada por criterio hidrográfico. Un método que no distinga entre lo que ocurre dentro del predio, lo que se propaga al entorno inmediato y lo que sólo tiene sentido leer a escala regional producirá o bien una sobreestimación alarmista o bien una minimización indefendible. Ninguna de las dos sirve a la autoridad que debe resolver.

El capítulo se organiza, por lo tanto, alrededor de una unidad de análisis única: **la interacción entre una acción del proyecto y un factor ambiental, dentro de una etapa**. Las tres escalas —Área del Proyecto, Área de Influencia y Región Ecológica— no multiplican esa unidad: gobiernan uno de sus atributos, el de extensión, y con ello determinan hasta dónde llega cada impacto y a qué escala debe medirse su atención.

El alcance temporal cubre las tres etapas que el proyecto contempla: preparación del sitio, construcción, y operación y mantenimiento. El proyecto no declara etapa de cierre, desmantelamiento ni abandono —un fraccionamiento habitacional se entrega y permanece—, de modo que esa etapa no se valora; su exclusión es una propiedad del proyecto y así se declara, no una omisión del estudio.

El desarrollo metodológico se presenta en tres apartados: la selección del método y lo que se descartó al elegirlo (IV.1.1), los criterios con los que se valora cada interacción y los umbrales que separan lo compatible de lo significativo (IV.1.2), y el tratamiento de los efectos directos e indirectos (IV.1.3).

Correspondencia de anexos

En el cuerpo de este capítulo los soportes documentales se citan con la letra que les corresponde en el índice de anexos de la manifestación. La correspondencia se declara una sola vez, para evitar referencias dobles. Se listan únicamente los anexos que este capítulo invoca.

Tabla 1. Correspondencia entre la letra de anexo del expediente y el contenido que respalda cada uno, para los anexos citados en este capítulo.

Anexo del expediente	Contenido
Anexo A	Programa de rescate y reubicación de flora, del Estudio Técnico Justificativo del mismo predio (mismo polígono, misma vegetación)
Anexo B	Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna, del Estudio Técnico Justificativo del mismo predio
Anexo C	Programa de reforestación del predio de compensación y catálogo de conceptos

Anexo del expediente	Contenido
Anexo D	Programa de obras de conservación de suelo y agua: mulching, cortina rompevientos, terrazas individuales, restauración de las superficies de afectación temporal y estabilización de taludes
Anexo F	Metodología de evaluación de impactos y memoria de cálculo de la valoración: atributos, importancia e importancia residual de cada interacción
Anexo J	Memorias de cálculo del expediente de cambio de uso de suelo: carbono, erosión eólica, erosión hídrica, infiltración y volumen de material vegetal
Anexo L	Programa de Vigilancia Ambiental
Anexo IV	Planos georreferenciados del Capítulo IV, en UTM WGS 84 zona 13 Norte: Área del Proyecto, Área de Influencia, predio de compensación y obras de conservación

Fuente: índice de anexos de la manifestación de impacto ambiental (expediente).

Los planos no llevan letra: se numeran por el capítulo que los invoca, y por eso los de este capítulo se citan como Anexo IV. La delimitación del Área de Influencia que IV.7 desarrolla se integra además como Anexo E, y la restauración de superficies temporales y la estabilización de taludes viajan dentro del Anexo D, junto con las demás obras de conservación de suelo y agua, por ser del mismo género y ejecutarse con los mismos procedimientos.

IV.1.1 Selección y justificación de la metodología

La evaluación se resuelve en dos pasos que no se confunden: primero se identifica qué interacciones existen, y sólo después se valora cuánto pesa cada una. Separarlos importa, porque los errores de los dos pasos son de naturaleza distinta: en el primero se omite, en el segundo se distorsiona.

Identificación. Se construye una matriz de doble entrada del tipo Leopold (Leopold *et al.*, 1971), que cruza las acciones del proyecto con los factores ambientales del sitio y marca cada casilla en la que existe una relación causal plausible. Esa matriz asegura la exhaustividad: obliga a pronunciarse sobre cada combinación, incluidas las que se descartan. Sobre ella se tienden **cadenas causales** del tipo Sorensen (Sorensen, 1971) —acción, efecto primario, efecto secundario—, que son las que revelan lo que la matriz por sí sola no muestra: los impactos indirectos y las rutas por las que dos acciones distintas terminan incidiendo sobre el mismo factor. Esas rutas compartidas son el origen material de la sinergia y de la acumulación, y no pueden asignarse a ojo.

Valoración. Se aplica el método de importancia de Conesa Fernández-Vítora (1997), en el que cada interacción se describe mediante diez atributos y se resume en un índice de importancia:

$$I = \pm (3 \cdot IN + 2 \cdot EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

con el peso de la extensión fijado en 2, conforme a la formulación de 1997.

Por qué Conesa, y qué se descartó al elegirlo

Lo que este método no hace, declarado

El índice de importancia clasifica; no jerarquiza costos ni sustituye la decisión de la autoridad. Y tiene un límite que conviene enunciar antes de que aparezca en los resultados: el análisis de impactos residuales de IV.6.4 sólo permite que las medidas modifiquen la recuperabilidad y —cuando son de restauración— la persistencia. La medida no cambia la naturaleza, la intensidad ni la extensión del impacto que atiende. La consecuencia es que un impacto de intensidad total conserva una importancia residual alta aunque su balance físico cierre favorablemente, y ese contraste se explica donde ocurre (IV.6.4) en lugar de disimularse con un ajuste del índice.

Fuentes: Conesa Fernández-Vítora, V. (1997), *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*, 3.ª ed., Mundi-Prensa, Madrid. Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B. y Balsley, J. R. (1971), *A procedure for evaluating environmental impact*, U.S. Geological Survey Circular 645. Sorensen, J. C. (1971), *A framework for identification and control of resource degradation and conflict in the multiple use of the coastal zone*, University of California, Berkeley.

IV.1.2 Criterios de valoración

Cada interacción activa se describe mediante diez atributos, cada uno con una escala discreta y cerrada. La escala cerrada no es una limitación del método: es lo que impide que el evaluador module el resultado con incrementos arbitrarios y lo que hace reproducible la valoración.

Tabla 2. Atributos de la valoración, escalas admitidas y criterio de asignación aplicado en este estudio.

Atributo	Sigla	Valores admitidos	Qué expresa	Criterio de asignación
Naturaleza	—	+ / −	Si el impacto mejora o deteriora el factor	Se declara por el sentido del cambio sobre el factor, no por el propósito de la acción
Intensidad	IN	1 baja · 2 media · 4 alta · 8 muy alta · 12 total	Grado de destrucción del factor en el área afectada	Se ancla a la cifra medida cuando el factor dispone de ella; en caso contrario se asigna por criterio y se declara así
Extensión	EX	1 puntual · 2 parcial · 4 extenso · 8 total	Superficie sobre la que se manifiesta el efecto	1 dentro del Área del Proyecto · 2 el Área del Proyecto y su entorno inmediato · 4 el Área de Influencia y la Región Ecológica · 8 factores que rebasan toda escala cartografiable, como el carbono atmosférico
Momento	MO	4 inmediato · 2 medio plazo · 1 largo plazo	Tiempo entre la acción y la aparición del efecto	Se asigna por la etapa en que el efecto se manifiesta respecto de la acción que lo genera
Persistencia	PE	1 fugaz · 2 temporal · 4 permanente	Duración del efecto desde su aparición	4 cuando el efecto acompaña a la ocupación permanente; 2 cuando se agota con la etapa de obra

Atributo	Sigla	Valores admitidos	Qué expresa	Criterio de asignación
Reversibilidad	RV	1 corto plazo · 2 medio plazo · 4 irreversible	Capacidad del factor de volver por sí mismo a su estado previo	Se juzga sin considerar las medidas: la reversibilidad es propiedad del medio, no del programa de manejo
Sinergia	SI	1 sin sinergismo · 2 sinérgico · 4 muy sinérgico	Refuerzo entre efectos que concurren sobre el mismo factor	Se deriva de las cadenas causales, no se asigna directamente (IV.6.3)
Acumulación	AC	1 simple · 4 acumulativo	Incremento progresivo del efecto al mantenerse la acción	4 cuando el efecto se suma a una problemática ya presente en la Región Ecológica (IV.2)
Efecto	EF	1 indirecto · 4 directo	Relación causa–efecto inmediata o mediada	Se declara por impacto y se justifica en el texto (IV.1.3)
Periodicidad	PR	1 irregular · 2 periódico · 4 continuo	Regularidad con que se manifiesta	Se asigna por el régimen de la acción que lo genera
Recuperabilidad	MC	1 recuperable de inmediato · 2 recuperable a medio plazo · 4 mitigable o compensable · 8 irrecuperable	Posibilidad de reconstruir el factor por intervención humana	Es el único atributo que las medidas modifican; en IV.6.4 se publica su valor antes y después

Fuente: Conesa Fernández-Vítora (1997), método de evaluación de impacto ambiental; los criterios de asignación de la última columna son propios de este estudio.

La importancia resulta de **I = ± (3·IN + 2·EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)**. Con las escalas anteriores, el índice toma valores absolutos entre 13 y 88, y sobre ese recorrido se definen cuatro clases.

Tabla 3. Clases de importancia y su lectura.

Clase	Rango de \	I\ Lectura	Consecuencia en el capítulo
Compatible	menor que 25	El factor se recupera por sí mismo una vez cesada la acción	Se declara; puede no requerir medida específica
Moderado	25 a 49	La recuperación exige tiempo, pero no medidas intensivas	Se le asigna medida de prevención o de mitigación
Severo	50 a 74	La recuperación exige medidas y aun así requiere un periodo dilatado	**Significativo.** Exige medida y justificación de la significancia (IV.6.1)
Crítico	75 o más	La pérdida es permanente y sin posibilidad de recuperación	**Significativo.** Exige medida y justificación reforzada

Fuente: rangos de clase de Conesa Fernández-Vítora (1997); el umbral de significancia (\|I\| ≥ 50) es el criterio que este estudio aplica y declara.

Un impacto adverso es significativo cuando \|I\| es igual o mayor que 50, es decir, cuando se clasifica como Severo o Crítico. Este es el único criterio de significancia que el estudio aplica, y se declara así para que la autoridad pueda reproducir el conteo sin ambigüedad.

Anclaje de la intensidad a cifras medidas

El proyecto dispone de magnitudes calculadas para cinco factores, provenientes de las memorias de cálculo del expediente de cambio de uso de suelo (Anexo J). Esas cifras no se recalculan en este capítulo: se transcriben y anclan la intensidad de las interacciones que corresponden.

Tabla 4. Cifras medidas que anclan la intensidad de los factores que disponen de ellas.

Factor	Magnitud	Valor	Fuente
Atmósfera — carbono	Pérdida de carbono por el cambio de uso de suelo	307.4653 tCO_2e	Memoria de cálculo de carbono, Anexo J
Suelo — erosión eólica	Erosión eólica de línea base	1.92 ton·año^{-1}	Memoria de cálculo de erosión eólica, Anexo J
Suelo — erosión eólica	Ganancia de las medidas permanentes	184.08 ton·año^{-1}	Memoria de cálculo de erosión eólica, Anexo J
Suelo — erosión hídrica	Erosión hídrica de línea base	5.7725 ton·año^{-1}	Memoria de cálculo de erosión hídrica, Anexo J
Agua — recarga	Recuperación de infiltración in situ acumulada	19,325.0 m³	Memoria de cálculo de infiltración, Anexo J
Vegetación y flora	Volumen de material vegetal del desmonte	193.2590 m³ en rollo total árbol	Memoria de cálculo de volumen, Anexo J

Fuente: memoria de cálculo del expediente de cambio de uso de suelo (Anexo J); la fuente específica de cada valor se declara por renglón en la última columna.

Estas seis magnitudes describen el mismo polígono físico que la autorización de cambio de uso de suelo evalúa, y por eso se emplean sin modificación alguna. Los factores que no aparecen en la tabla —ruido, calidad del aire, paisaje, componentes socioeconómicos— reciben su intensidad por criterio del evaluador, y así se declara en la columna de anclaje de la tabla de atributos de IV.3.2.

Alcance del anclaje del factor Paisaje

El factor Paisaje merece una declaración expresa de alcance, porque es donde la práctica habitual sustituye la medición por el adjetivo. En la etapa de preparación del sitio la extensión del impacto visual se ancla a la superficie del cambio de uso de suelo: lo que se observa es el terreno desmontado, y su magnitud es la de la superficie removida. En las etapas de construcción y operación, en cambio, lo que se observa es la obra edificada, y la extensión correcta sería la de la **cuenca visual medida** —la superficie desde la cual el conjunto resulta visible— cruzada con la población efectivamente expuesta, conforme al método de gestión de recursos visuales del *Bureau of Land Management*.

Esa medición sí está disponible, y es la que se emplea. El apartado III.2.4 establece la cuenca visual efectiva del conjunto edificado en **3,755.44 ha**, esto es, el **9.89 %** de la Región Ecológica: la superficie desde la cual la obra resulta visible una vez que la vegetación en pie actúa como pantalla. Sobre terreno desnudo esa superficie sería de 6,015.06 ha, de modo que **el ecosistema absorbe 2,259.61 ha —el 37.6 %— de la exposición potencial** sin que el proyecto haga nada: es una capacidad del sitio, y el proyecto la conserva al respetar la vegetación perimetral.

La población efectivamente expuesta dentro de esa cuenca es de **1,961 habitantes**, distribuidos en **20 localidades**, de los 5,720 habitantes y 65 localidades que se localizan dentro del radio de análisis. Esto es, **el 34.3 %** de la población del entorno tiene línea de visión hacia el conjunto edificado, y dos de cada tres habitantes no lo verán.

En consecuencia, la extensión del factor Paisaje en las etapas de construcción y operación **se ancla a la cuenca visual medida y no a la superficie del cambio de uso de suelo**, y la intensidad se ancla a la calidad visual del territorio que se altera —calificada en 1.7 sobre la escala del método, en su tramo bajo—. Ninguno de los dos atributos se estima por apreciación: los dos proceden del análisis que el Capítulo III publica, y este capítulo los consume sin recalcularlos.

La consecuencia de medir en lugar de aproximar no favorece al proyecto en todos los términos, y por eso se hace. La superficie desde la que el conjunto será perceptible es **casi trescientas veces mayor** que la superficie que se remueve —3,755.44 ha frente a 12.5570 ha—, de modo que el alcance territorial del cambio visual es de otro orden que el de la intervención física, y la valoración lo recoge así en lugar de confundir una magnitud con la otra. Lo que sí favorece al proyecto es la otra mitad del cruce: el paisaje que se altera es de calidad baja —1.7 en la escala del método, que sitúa la intensidad en su tramo mínimo— y dos de cada tres habitantes del entorno no alcanzan a verlo.

Trazabilidad del cálculo

La asignación de los diez atributos, la importancia resultante y, para los impactos adversos, la importancia residual de las **125 interacciones activas** del ciclo completo del proyecto (116 adversas valoradas por el método de Conesa y 9 benéficas) se publican íntegras en la tabla de atributos de IV.3.2 y en la memoria de cálculo del Anexo F, que documenta también el cribado de significancia. Ningún valor de este capítulo carece de esa traza.

IV.1.3 Identificación de efectos directos e indirectos

Un efecto es **directo** cuando ocurre en el mismo sitio y en el mismo tiempo que la acción que lo produce, e **indirecto** cuando aparece después en el tiempo o alejado en distancia, mediado por otro efecto. La distinción no es formal: los efectos indirectos son los que se pierden cuando la evaluación se limita a inventariar lo que se ve en el frente de obra, y son también los que suelen sostener el reclamo posterior de un tercero afectado.

En este estudio la distinción se resuelve con las cadenas causales descritas en IV.1.1. Cada acción se sigue hasta su efecto primario, y de ahí hasta el efecto secundario que ese primero desencadena sobre otro factor. Cuando la cadena tiene un solo eslabón, el efecto se declara directo; cuando tiene dos o más, indirecto.

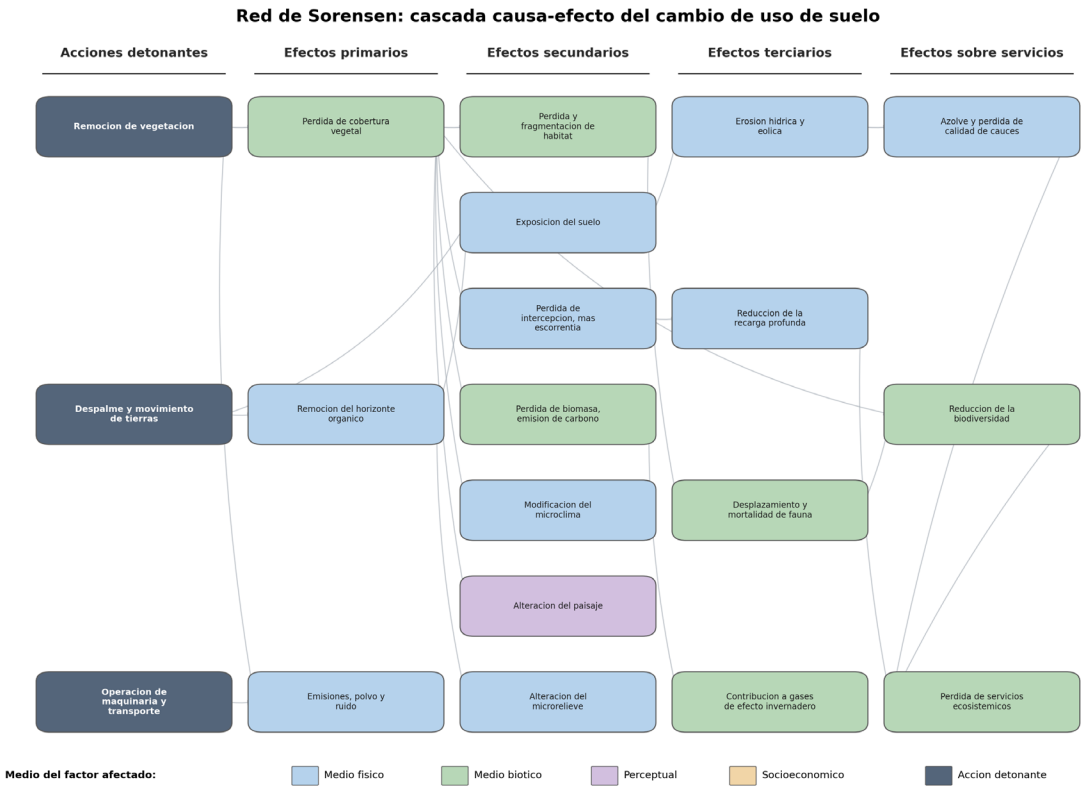


Figura 1. Red de Sorensen del proyecto: de las tres acciones detonantes de la preparación del sitio a sus efectos primarios, secundarios, terciarios y sobre servicios ambientales.

Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos, Anexo F.

La red hace visible por qué la ruta de mayor recorrido —remoción de vegetación → pérdida de cobertura → pérdida de intercepción y aumento de escorrentía → reducción de la recarga profunda → pérdida de servicios ecosistémicos— es también la que conecta más nodos: cuatro eslabones antes de llegar a un servicio. Es la misma ruta que IV.4 y IV.8 de este capítulo cierran con las obras de conservación de suelo y agua y con la reforestación del predio de compensación, y no es casualidad que ahí se concentre el programa de medidas.

De las **106 interacciones adversas** que aplican a este proyecto —las que se valoran por el método de Conesa (IV.1.2), una vez excluidas del catálogo metodológico general las que pertenecen a una etapa de cierre que este proyecto no ejecuta (IV.3.1)—, **82 son directas (77.4 %) y 24 son indirectas (22.6 %)**. La proporción es la esperable en un proyecto de urbanización: la mayor parte de la afectación se produce donde se trabaja, pero una fracción no despreciable se propaga por rutas que conviene nombrar.

Tabla 5. Cadenas causales que generan los efectos indirectos adversos del proyecto. Cada cadena agrupa las interacciones reales de la valoración (Anexo F) que comparten la misma lógica causa-efecto; no se asignan identificadores de impacto individuales porque una misma cadena puede comprender más de una interacción.

Cadena causal	Actividad(es) que la generan	Efecto primario (directo)	Efecto secundario (indirecto)	Factor receptor	Etapa	Interacciones que comprende
Presencia humana previa al derribo → perturbación de la fauna sin remoción de hábitat	Delimitación del área sujeta a CUSTF; señalamiento de la vegetación a remover	Presencia y tránsito de personal para delimitar y señalar el área a remover	Desplazamiento de la fauna sensible hacia el interior del macizo contiguo, sin que aún se remueva su hábitat	Fauna	Preparación	2 (Moderado)
Remoción de la cobertura y del horizonte orgánico → pérdida de infiltración → reducción de la recarga	Derribo de la vegetación; despalme/remoción del horizonte orgánico del suelo	Supresión de la cubierta vegetal y del horizonte orgánico que regulan la entrada de agua al perfil	Reducción de la recarga	Agua	Preparación	2 (Moderado)
Remoción de la cobertura y del horizonte orgánico → pérdida de regulación térmica → alteración del microclima	Derribo de la vegetación; despalme/remoción del horizonte orgánico del suelo	Supresión de la cubierta vegetal y del horizonte orgánico	Alteración del régimen de temperatura y humedad que la cubierta regulaba	Microclima	Preparación	2 (Moderado)
Acopio de material vegetal → alteración de la superficie bajo el acopio	Acopio temporal de material vegetal	Formación de pilas de material vegetal removido sobre el predio	Compactación y alteración de la calidad del suelo bajo el acopio	Suelo	Preparación	1 (Moderado)
Actividades de baja intensidad de la preparación → alteración leve de la calidad visual	Delimitación del área sujeta a CUSTF; señalamiento de la vegetación a remover; acopio temporal de material vegetal	Presencia de señalización, marcas y acopios en el predio	Alteración leve y transitoria de la calidad visual	Paisaje	Preparación	3 (Compatible)
Carga y transporte de material → emisión difusa fuera del frente de obra	Carga y transporte de material	Circulación de vehículos de carga	Emisión difusa de polvo y de ruido percibida fuera del punto de origen	Aire/atmósfera y Ruido ambiental	Preparación	2 (Compatible/Moderado)

Cadena causal	Actividad(es) que la generan	Efecto primario (directo)	Efecto secundario (indirecto)	Factor receptor	Etapa	Interacciones que comprende
Impermeabilización de superficies → incremento del escurrimiento y pérdida de recarga	Movimiento de tierras; cimentaciones y estructuras; terracerías, vialidades y pavimentación; edificación de naves e instalaciones	Compactación e impermeabilización de superficies del predio	Incremento del escurrimiento y reducción de la recarga, con propagación a escala de la Región Ecológica	Agua	Construcción	4 (Moderado)
Terracerías y pavimentación → cambio de albedo y de retención de humedad	Terracerías, vialidades y pavimentación	Sustitución de la superficie natural por terracería y pavimento	Alteración del microclima local	Microclima	Construcción	1 (Moderado)
Consumo energético continuo de la operación → emisión difusa de GEI	Operación y manejo interno de instalaciones; iluminación nocturna de instalaciones	Consumo energético continuo de las instalaciones ya habitadas	Emisión difusa de gases de efecto invernadero, con propagación a escala de la Región Ecológica	Carbono/servicios	Operación	2 (Moderado)
Iluminación nocturna permanente → alteración del régimen lumínico	Iluminación nocturna de instalaciones	Alteración permanente del régimen lumínico nocturno del predio	Desplazamiento de la fauna sensible hacia el interior del macizo contiguo	Fauna	Operación	1 (Moderado)
Acopios visibles e iluminación de la operación → alteración de la calidad visual	Almacenamiento/acopio de materiales o mercancías; iluminación nocturna de instalaciones	Presencia de acopios y contraste lumínico en superficies visibles del predio ya en operación	Alteración indirecta de la calidad visual	Paisaje	Operación	2 (Moderado)
Funcionamiento continuo de baja intensidad de las instalaciones → propagación difusa	Operación y manejo interno de instalaciones	Funcionamiento continuo de las instalaciones ya habitadas	Propagación de partículas y de ruido más allá del punto de generación	Aire/atmósfera y Ruido ambiental	Operación	2 (Moderado)

Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos (Anexo F).

La lectura de esta tabla orienta el diseño de las medidas más que cualquier otro resultado del capítulo. De las 24 interacciones adversas de efecto indirecto, **6 recaen sobre el factor Agua** —dos por la pérdida de la capacidad de infiltración al retirar la cobertura y el horizonte orgánico en la preparación del sitio, y cuatro por la impermeabilización de superficies en la etapa de construcción— y no sobre la vegetación, que es donde la

atención suele concentrarse. Eso explica por qué el paquete de medidas del proyecto carga tanto sobre las obras de conservación de suelo y agua (IV.2.2) como sobre el balance de recarga (IV.2.3): no es un exceso de precaución, es la respuesta a las rutas que la identificación reveló. Otras 7 interacciones indirectas se concentran en la etapa de operación —el consumo energético de las instalaciones y de la iluminación nocturna, y la presencia de acopios y del régimen lumínico en superficies visibles—, lo que explica por qué la vigilancia ambiental no puede levantarse con la entrega del fraccionamiento (Anexo L).

El catálogo metodológico general de acciones y factores incluye además 9 interacciones benéficas y 10 adversas —éstas, todas de efecto directo— asociadas a una etapa de "Cierre" (desmantelamiento de infraestructura, retiro de estructuras y restauración del sitio) que corresponde al ciclo genérico de un proyecto con abandono. Este proyecto no la ejecuta: IV.1 ya declara que el fraccionamiento se entrega y permanece, sin etapa de cierre, desmantelamiento ni abandono. Por eso esas 19 interacciones —incluidas las únicas 9 benéficas que el catálogo general reconoce— se excluyen del universo aplicable de este capítulo (IV.3.1) y no se describen aquí como un beneficio que el proyecto vaya a producir: atribuírselo sería anticipar un abandono que el proyecto no contempla.

IV.2 Impactos ambientales existentes en la Región Ecológica

La Región Ecológica en la que se inserta el proyecto no es un territorio en equilibrio al que llegue una perturbación nueva. Es una microcuenca de 37,971.7516 ha sometida desde hace décadas a la expansión de la frontera agrícola y a la expansión de la mancha urbana de Culiacán Rosales, y las capas oficiales que la describen coinciden en un diagnóstico severo: **el 60.49 % de su superficie presenta degradación del suelo, y la totalidad de esa superficie degradada está clasificada con tasa de degradación en incremento**. No hay una fracción del territorio que se esté recuperando.

Este apartado establece esa línea base porque es el término contra el cual se mide la contribución del proyecto. Sin él, el análisis de impactos acumulativos de IV.6.2 no tendría referente y se convertiría en una afirmación de buena voluntad.

El diagnóstico regional, por su propia magnitud

La degradación del suelo se distribuye con una clara dominancia de los procesos químicos y físicos asociados al uso agrícola. El declive de la fertilidad —clave Qd de la clasificación de evaluación del estado de degradación del suelo causada por el hombre— ocupa por sí solo 13,689.4279 ha, el 36.05 % de la Región Ecológica. La pérdida del suelo superficial por agua —clave Hs— alcanza 5,306.5395 ha, el 13.97 %. El anegamiento —clave Fu— cubre 1,989.4854 ha, el 5.24 %, y afecta al 10.56 % del propio predio del proyecto con grado extremo, lo que es coherente con una llanura costera de baja pendiente y vulnerabilidad ALTA a la inundación.

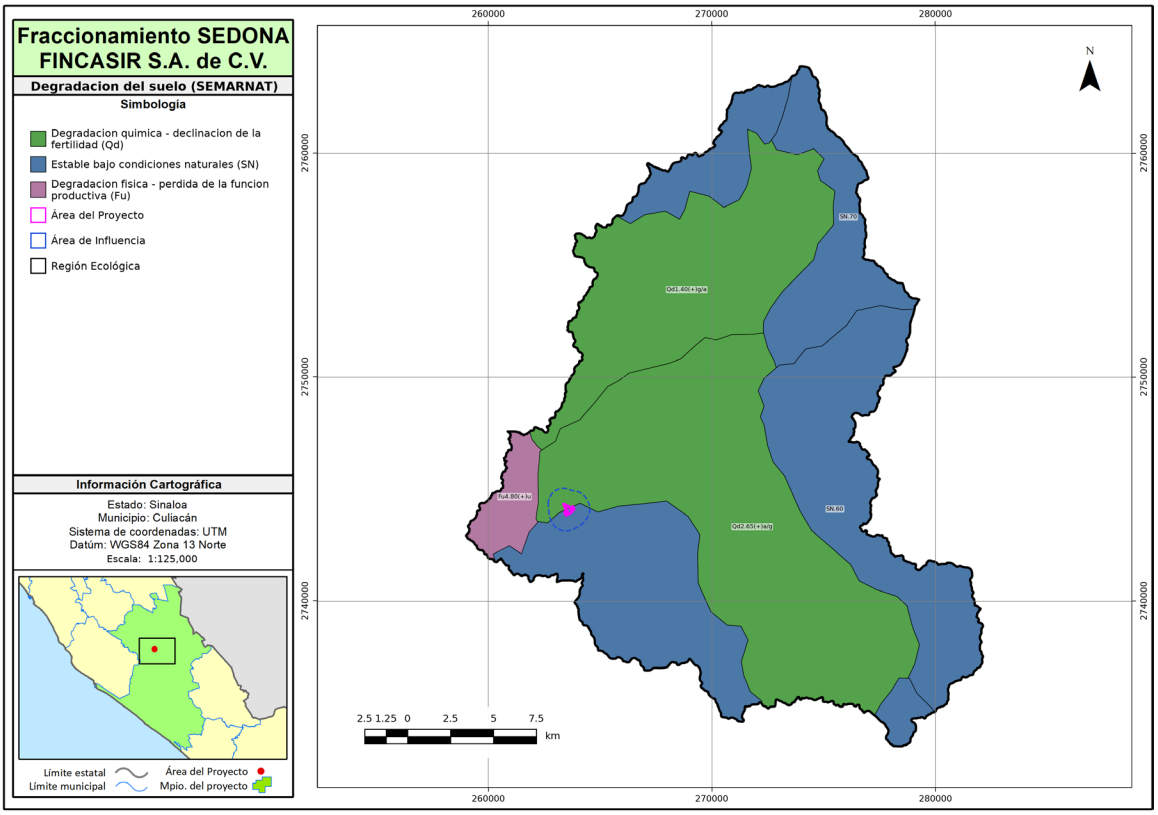


Figura 2. Grado y tipo de degradación del suelo en la Región Ecológica.

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, cartografía de degradación del suelo causada por el hombre, escala 1:250,000; recorte a la Región Ecológica delimitada para este estudio.

La lectura de la figura muestra que la degradación no se concentra en un sector aislado sino que estructura el territorio: las clases degradadas forman una matriz continua sobre la que los terrenos estables —15,002.4837 ha, el 39.51 %— aparecen como fragmentos. El predio del proyecto se localiza dentro de esa matriz, y no en un enclave conservado: el 53.31 % de sus 13.4689 ha ya presenta degradación registrada, con 1.4229 ha en grado extremo. El proyecto no interviene un ecosistema intacto; interviene un remanente dentro de una cuenca que lleva décadas perdiendo suelo.

La erosión medida por la cartografía de erosión del suelo confirma esa lectura desde otro instrumento. El 46.13 % de la Región Ecológica se registra sin erosión evidente, pero el 39.65 % presenta erosión hídrica laminar de grado leve con surcos como forma secundaria, y un 2.90 % adicional presenta erosión en surcos. La suma —el 42.55 % del territorio con proceso erosivo hídrico activo, aunque de grado leve— indica un proceso extendido más que intenso, característico de una llanura de pendiente suave sometida a labranza.

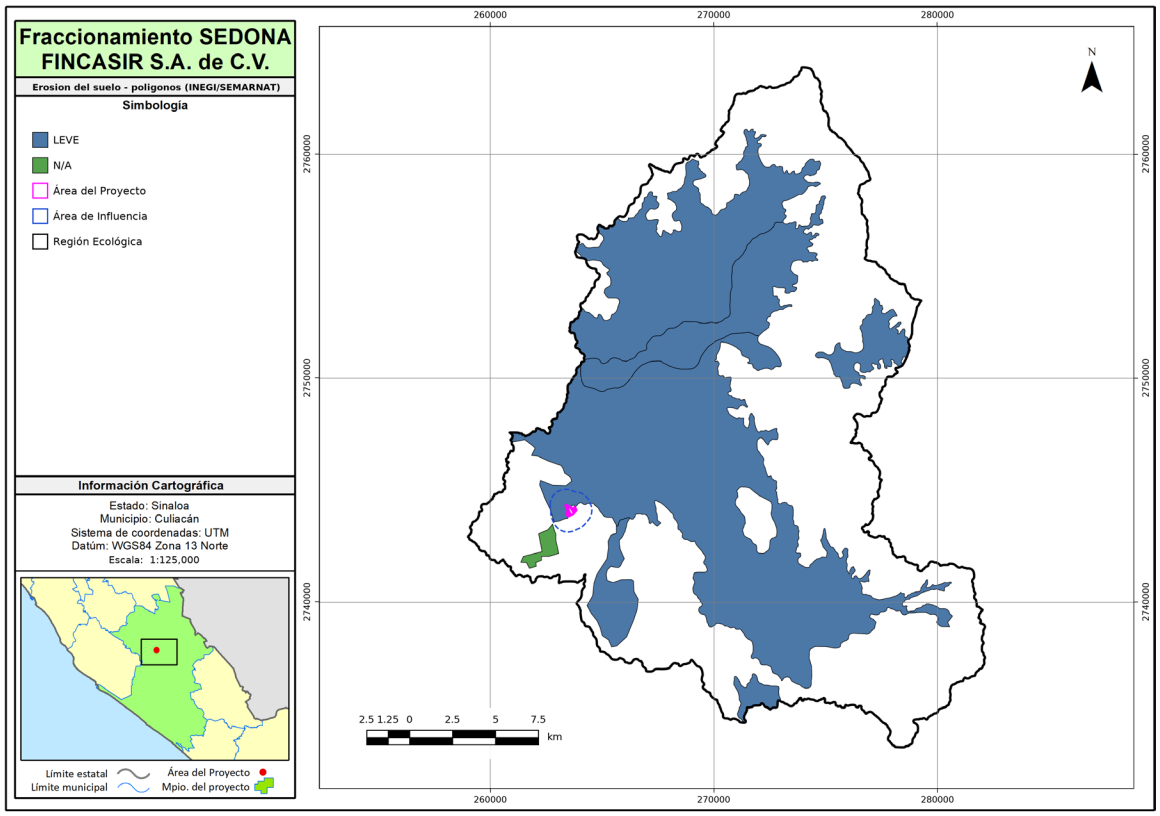


Figura 3. Tipo y grado de erosión del suelo en la Región Ecológica.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, cartografía de erosión del suelo; recorte a la Región Ecológica delimitada para este estudio.

El contraste entre las dos figuras es el dato relevante: la degradación química —pérdida de fertilidad— es más extensa que la erosión física. Eso significa que en esta cuenca el suelo se está agotando antes que perdiéndose, y que una medida que sólo retenga partículas atiende la mitad del problema. Es la razón por la que el programa de conservación del proyecto combina retención mecánica —terrazas individuales— con aporte de materia orgánica —mulching y reforestación—, y no sólo lo primero.

Sobre la vegetación, el diagnóstico es aún más directo. La cartografía de riesgo de deforestación clasifica el **61.46 % de la superficie evaluada de la Región Ecológica con riesgo Muy Alto** y un 31.88 % adicional con riesgo Alto. Entre ambas, el 93.34 % del territorio evaluado está bajo presión de pérdida de cobertura.

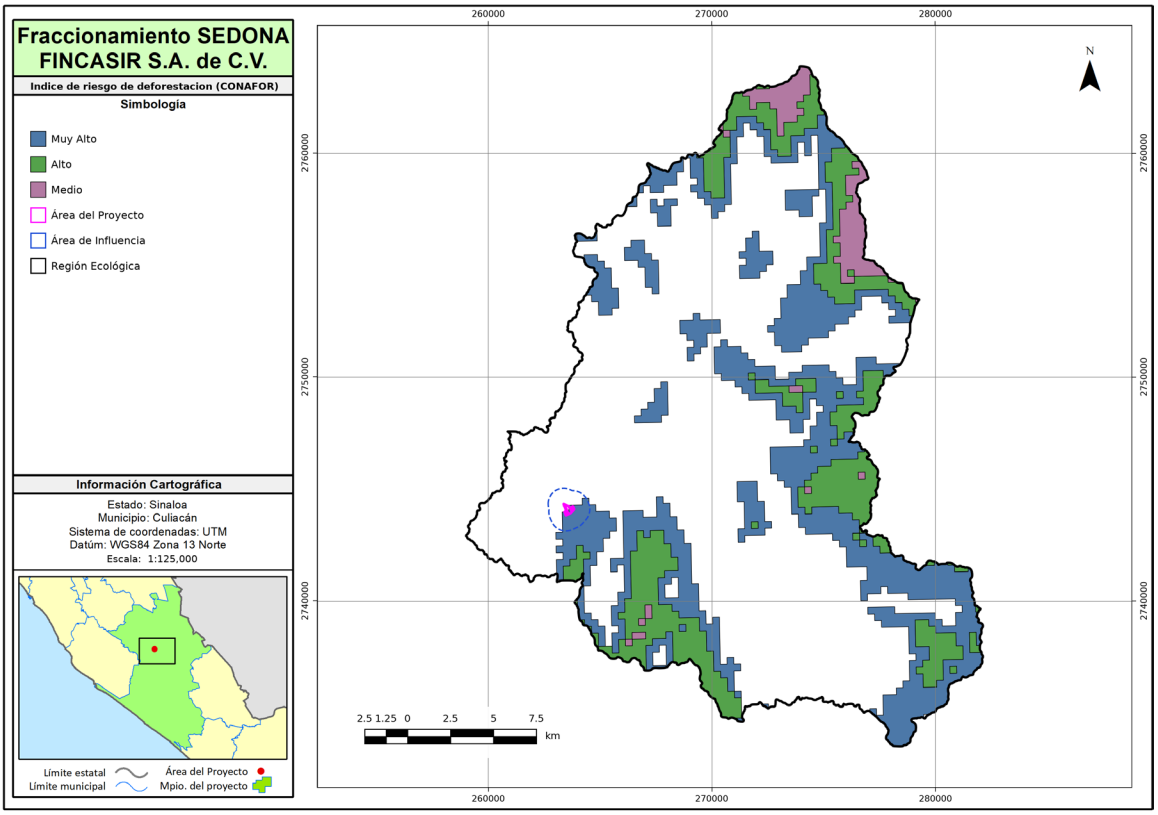


Figura 4. Grado de riesgo de deforestación en la Región Ecológica.

Fuente: Comisión Nacional Forestal, cartografía de riesgo de deforestación; recorte a la Región Ecológica delimitada para este estudio.

La distribución del uso del suelo explica ese riesgo. La agricultura de temporal anual ocupa 14,250.234 ha —el 37.53 %—, la selva baja caducifolia 14,005.0672 ha —el 36.88 %— y la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia 6,536.5073 ha —el 17.21 %—. Es decir: la superficie de selva ya convertida a vegetación secundaria equivale a casi la mitad de la que conserva su condición primaria, y la agricultura ya rebasó a la selva como uso dominante. Los asentamientos humanos suman 1,819.6348 ha, el 4.79 %, y avanzan sobre el mismo frente.

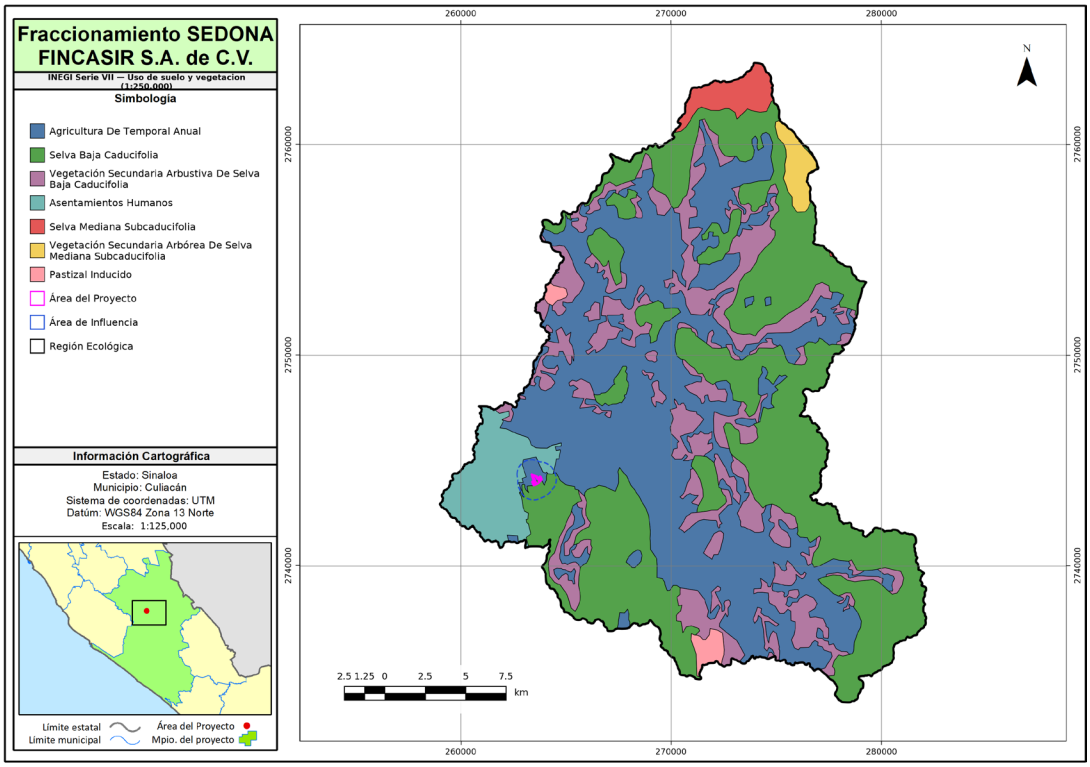


Figura 5. Uso de suelo y vegetación en la Región Ecológica.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, carta de uso de suelo y vegetación serie VII, escala 1:250,000; recorte a la Región Ecológica delimitada para este estudio.

En el Área de Influencia, a 276.19 ha del proyecto, ese proceso ya alcanzó su punto de equilibrio: la selva baja caducifolia ocupa 128.55 ha —el 46.55 %— y la zona urbana ocupa 128.55 ha —el 46.54 %—. La misma superficie. El predio del proyecto se sitúa justamente sobre esa línea de contacto, que es el rasgo que define su condición ambiental y el que determina el sentido de la evaluación que sigue.

Tabla de impactos preexistentes

Tabla 6. Obras y actividades que actualmente se desarrollan en la Región Ecológica y se relacionan con el proyecto, y los impactos ambientales que producen.

Obra o actividad que actualmente se desarrolla en la Región Ecológica y se relaciona con el proyecto	Componente ambiental impactado	Impacto ambiental	Caracterización: tipo, duración, extensión, intensidad y efectos
Expansión de la mancha urbana de Culiacán Rosales sobre su periferia oriental	Vegetación y flora	Sustitución de la cobertura de selva baja caducifolia por superficie construida	Adverso, directo, permanente e irreversible. Extensión regional: los asentamientos humanos ocupan 1,819.6348 ha, el 4.79 % de la Región Ecológica, y la zona urbana ya alcanza el 46.54 % del Área de Influencia. Intensidad total en la superficie ocupada. Efectos: pérdida definitiva de cobertura, de hábitat y de superficie de infiltración

Obra o actividad que actualmente se desarrolla en la Región Ecológica y se relaciona con el proyecto	Componente ambiental impactado	Impacto ambiental	Caracterización: tipo, duración, extensión, intensidad y efectos
Expansión de la mancha urbana	Suelo	Sellado permanente del suelo bajo edificación y pavimento	Adverso, directo, permanente e irrecuperable in situ. Extensión regional. Intensidad total. Efectos: supresión de las funciones productiva e hidrológica del suelo ocupado y aumento del escurrimiento en la cuenca
Agricultura de temporal anual	Suelo	Declive de la fertilidad y pérdida de materia orgánica del suelo	Adverso, directo, permanente, de reversibilidad a largo plazo. Extensión: 13,689.4279 ha con declive de fertilidad, el 36.05 % de la Región Ecológica. Intensidad alta, con tasa de degradación en incremento en el 100 % de la superficie degradada. Efectos: reducción de la capacidad productiva y de la retención de humedad
Agricultura de temporal y labranza en pendiente	Suelo	Erosión hídrica laminar y en surcos	Adverso, directo, permanente y acumulativo. Extensión: el 42.55 % de la Región Ecológica con proceso erosivo hídrico activo, de grado leve. Intensidad media. Efectos: pérdida de suelo superficial y aporte de sedimento a la red de drenaje
Desmonte y cambio de uso de suelo para agricultura y ganadería	Vegetación y flora	Conversión de selva baja caducifolia a vegetación secundaria arbustiva	Adverso, directo, permanente, de reversibilidad a largo plazo. Extensión: 6,536.5073 ha de vegetación secundaria, el 17.21 % de la Región Ecológica. Intensidad alta. Efectos: simplificación estructural de la comunidad y pérdida de las especies que dependen del dosel cerrado
Presión conjunta de la agricultura, la ganadería y la urbanización	Vegetación y flora	Riesgo sostenido de pérdida de la cobertura remanente	Adverso, indirecto, permanente y acumulativo. Extensión: el 61.46 % de la superficie evaluada con riesgo Muy Alto y el 31.88 % con riesgo Alto. Intensidad muy alta. Efectos: probabilidad elevada de que los remanentes de selva se conviertan en el corto plazo
Fragmentación del macizo forestal por el avance urbano y agrícola	Fauna y conectividad	Reducción de la conectividad entre los remanentes de selva baja caducifolia	Adverso, indirecto, permanente y acumulativo. Extensión regional; en el Área de Influencia la superficie forestal y la urbana se igualan. Intensidad alta. Efectos: aislamiento de poblaciones y aumento de la mortalidad de fauna en el borde urbano

Obra o actividad que actualmente se desarrolla en la Región Ecológica y se relaciona con el proyecto	Componente ambiental impactado	Impacto ambiental	Caracterización: tipo, duración, extensión, intensidad y efectos
Descarga de aguas residuales urbanas y escurrimiento agrícola hacia la red de drenaje	Agua	Deterioro de la calidad del agua superficial de la subcuenca del Río Tamazula	Adverso, indirecto, permanente y acumulativo. Extensión regional. Intensidad alta. Efectos: aporte de materia orgánica, nutrimentos y agroquímicos a los cuerpos de agua perennes, que representan el 96.58 % de la superficie de agua de la Región Ecológica
Extracción para uso urbano y agrícola en el acuífero Río Culiacán	Agua	Presión sostenida sobre la disponibilidad de agua subterránea	Adverso, indirecto, permanente y acumulativo. Extensión regional: el acuífero Río Culiacán subyace al 100 % del Área del Proyecto. Intensidad alta. Efectos: competencia por el recurso entre los usos agrícola, urbano y ambiental
Impermeabilización progresiva de la llanura costera por la urbanización	Agua	Reducción de la recarga y aumento del gasto pico en la red de drenaje	Adverso, indirecto, permanente y acumulativo. Extensión regional. Intensidad alta. Efectos: mayor frecuencia de encharcamiento en un territorio que la cartografía de peligro clasifica con vulnerabilidad ALTA a la inundación y con riesgo Alto por ciclones tropicales
Tránsito vehicular y actividad urbana de la ciudad de Culiacán	Atmósfera y ambiente sonoro	Deterioro de la calidad del aire y elevación del ruido de fondo	Adverso, directo, permanente y continuo. Extensión regional. Intensidad media. Efectos: presencia permanente de partículas y de gases de combustión y ruido de fondo urbano en el entorno del predio

Fuente: síntesis propia sobre la cartografía citada en las Figuras F.01 a F.04 de este apartado —degradación y erosión del suelo, riesgo de deforestación y uso de suelo y vegetación—, la caracterización de agua superficial y subterránea del apartado III.2, y la línea base de calidad del aire y de ambiente sonoro que este mismo apartado desarrolla a continuación.

La línea base de calidad del aire. La concentración media de partículas menores de 2.5 micrómetros en el entorno del predio es de **8.67 µg/m³**, obtenida del servicio de vigilancia atmosférica Copernicus del Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio para el periodo **2021–2025**, con ocho muestras diarias. El valor anual oscila entre 7.74 µg/m³ en 2022 y 9.60 µg/m³ en 2025, y el rango mensual va de **5.92 a 13.03 µg/m³**, con los máximos en la temporada seca y los mínimos durante las lluvias.

Ese fondo se sitúa **por debajo del límite anual de 10 µg/m³** que la NOM-025-SSA1-2021 establece para partículas menores de 2.5 micrómetros, si bien los meses de estiaje lo superan de forma estacional. La lectura pertinente para esta evaluación no es de cumplimiento —la norma rige la calidad del aire ambiente y no a un promovente en particular— sino de **capacidad de carga**: el entorno no parte de una condición saturada, de modo que el aporte temporal de la obra no se suma a un ambiente que ya rebase el criterio de salud.

Dos limitaciones se declaran y acotan el uso de la cifra. La primera es de escala: la resolución nativa del producto es de **44.5 kilómetros**, muy superior a las 276.19 ha del Área de Influencia, de modo que el valor caracteriza el fondo atmosférico del valle de Culiacán y **no la variación interna del área**; se emplea como contexto regional y no como medición de sitio. La segunda es de cobertura: de los sesenta meses del periodo, **cincuenta y nueve** aportaron dato y uno —mayo de 2023— no pudo recuperarse del servicio, lo que no altera de forma apreciable la media.

Fuente: Copernicus Atmosphere Monitoring Service, servicio de pronóstico global de composición atmosférica, banda de partículas menores de 2.5 µm en superficie; extracción sobre el polígono del Área de Influencia y memoria de cálculo en el Anexo III.B.

La línea base acústica no se expresa como una cifra sonométrica, y la razón es metodológica antes que material: se establece por la caracterización del ambiente acústico según la actividad que lo genera, conforme al apartado III.2.1 y al criterio que el apartado IV.5 desarrolla. Ninguno de los 222 establecimientos del directorio de unidades económicas del Área de Influencia corresponde a industria de transformación, extracción de materiales ni maniobra de carga, lo que sitúa al entorno en zona residencial y fija el límite exigible en 55 dB(A) diurno y 50 dB(A) nocturno.

Con esas dos referencias, el último renglón de la tabla deja de sostenerse en una caracterización cualitativa: el aporte del proyecto sobre ambos factores se dimensiona contra un fondo declarado y verificable.

Presencia de especies exóticas e invasoras

El muestreo del proyecto registró **cinco especies de origen exótico**, tres de flora y dos de fauna, sobre 66 taxones de flora y 104 de fauna caracterizados. La proporción es baja en número, pero su distribución por escala es el dato que importa, y no es la que cabría suponer.

Tabla 7. Especies exóticas registradas, con su condición y las escalas en que aparecen.

Especie	Nombre común	Grupo	Condición	Escalas en que se registró
Taraxacum officinale	Diente de león	Flora, herbáceo	Exótica introducida	Área del Proyecto, Área de Influencia y Región Ecológica
Ricinus communis	Higuerilla	Flora, herbáceo	Exótica invasora	Área del Proyecto y Región Ecológica
Azadirachta indica	Neem de la India	Flora, arbóreo en regeneración	Exótica invasora	Área del Proyecto
Passer domesticus	Gorrión doméstico	Fauna, aves	Introducida	Región Ecológica
Hemidactylus frenatus	Geco casero	Fauna, reptiles	Introducida	Región Ecológica

Fuente: estudio de muestreo de flora y fauna del proyecto, Anexo G; condición de distribución conforme a EncicloVida, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Las tres especies exóticas de flora ya están dentro del Área del Proyecto, y las dos invasoras entre ellas. El estudio no lo presenta como un atenuante ni lo omite: es la constatación de que el predio no es un remanente aislado de la presión regional sino un fragmento de borde que ya la recibe. El diente de león (*Taraxacum officinale*) es la más abundante y ocupa el estrato herbáceo; la higuerilla (*Ricinus communis*) comparte ese estrato; el neem de la India (*Azadirachta indica*) aparece en la regeneración arbórea, que es la vía por la que una exótica leñosa entra a un rodal. La fauna introducida, en cambio, se registró sólo en la escala regional, asociada al entorno urbano.

Ese hallazgo tiene una consecuencia directa sobre las medidas, y es la razón por la que este capítulo lo trae aquí y no lo deja en la caracterización. Las tres son colonizadoras de suelo removido y de borde perturbado, y **el desmonte abre exactamente el tipo de superficie que colonizan**: una presión que hoy es marginal dentro del predio puede dejar de serlo cuando 11.5560 ha queden expuestas. De ahí que el mulching y la cortina rompevientos —obras de conservación de suelo y agua, medida **M03**— cubran el suelo desnudo de inmediato en lugar de dejarlo abierto entre etapas; que la reforestación del predio de compensación, medida **M04**, se establezca con especies nativas de selva baja caducifolia y no con las de crecimiento rápido que

estarían disponibles; y que el mantenimiento de los tres primeros años sea parte del compromiso verificable y no un accesorio. Por eso el indicador de **M04** verifica sobrevivencia de la planta establecida y no sólo cobertura.

Lo que este diagnóstico significa para el proyecto

La Región Ecológica presenta una tendencia de deterioro que ninguna de sus capas oficiales contradice, y esa tendencia no la inicia este proyecto: la antecede. Reconocerlo no exime al proyecto de nada, y este estudio no lo usa como atenuante. Lo usa como marco: la pregunta que la evaluación debe contestar no es si la afectación existe —existe, y se cuantifica en IV.3—, sino si el proyecto agrava esa tendencia o si aporta, dentro de ella, una intervención que la contrapese.

Dos hechos del diagnóstico anticipan esa respuesta y se documentan en su lugar. El primero es que el proyecto se localiza sobre la línea de contacto entre la selva y la ciudad, en un predio cuyo entorno inmediato ya está urbanizado en un 46.54 %: la alternativa realista a este desarrollo no es la conservación del predio, sino la dispersión de la demanda habitacional sobre suelo forestal más alejado y menos servido. El segundo es que el proyecto compromete la reforestación de 43.3217 ha en un predio de compensación —3.45 veces la superficie que remueve— en una cuenca donde el 61.46 % del territorio tiene riesgo de deforestación Muy Alto. Ambos hechos se retoman con sus cifras en IV.6.2, donde la contribución del proyecto se mide contra esta línea base.

IV.3 Identificación, descripción y evaluación de los impactos del proyecto, por etapa

La sociedad de Culiacán Rosales demanda vivienda formal con servicios, y satisfacer esa demanda tiene un costo ambiental que este apartado cuantifica sin atenuarlo: el proyecto remueve 12.5570 ha de selva baja caducifolia, retira el horizonte orgánico de 11.5560 ha de suelo, libera 307.4653 tCO_2e y ocupa de manera permanente 12.1378 ha. Esas cifras son el punto de partida del argumento del estudio, no su punto débil. Lo que la evaluación debe establecer es si esa afectación se administra de manera que el territorio conserve las funciones que presta, y para responderlo hace falta primero saber exactamente cuántas interacciones existen, cuáles pesan y en qué etapa ocurren.

El apartado se desarrolla en tres partes. La primera dimensiona el universo de análisis y explica cómo se acotó (IV.3.1). La segunda publica la tabla maestra, con sus nueve columnas fijas, íntegra para los impactos de clase Severa y remitida al Anexo F para el resto, cuyo volumen impide reproducirlo en el cuerpo del capítulo (IV.3.2). La tercera recorre las tres etapas del proyecto y explica qué cambia de una a otra (IV.3.3).

IV.3.1 Universo de análisis

El universo de evaluación resulta de cruzar las acciones que el proyecto ejecuta con los factores ambientales que el sitio presenta. Las acciones se toman de la descripción del proyecto y de su zonificación de desmonte; los factores, de la caracterización del sistema ambiental en sus tres escalas. Ninguna de las dos listas se propone en este capítulo: se transcriben de los apartados que las declaran y de la memoria de cálculo de la valoración de impactos (Anexo F), y aquí sólo se organizan.

Acciones del proyecto

El catálogo de identificación de impactos aplicado en este estudio contempla **30 acciones**, distribuidas en preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, y una etapa de cierre que pertenece al catálogo genérico del método y no a este proyecto en particular. **MIA_Fraccionamiento Sedona no declara etapa de cierre, desmantelamiento ni abandono**: es un fraccionamiento habitacional que se entrega a sus residentes y al municipio y permanece, sin desmantelamiento de infraestructura, restauración final ni retiro de estructuras (Capítulo I, apartado I.5.5). Las tres acciones de cierre de ese catálogo genérico —desmantelamiento de infraestructura, restauración y reforestación del sitio, y retiro de estructuras y disposición de materiales— no aplican en consecuencia a este expediente. Se declaran aquí, y no se omiten en silencio, porque de ellas depende una parte del universo identificado que este apartado tiene que explicar (más abajo).

De las acciones restantes, **21 producen al menos una interacción activa** dentro de las tres etapas reales del proyecto:

Tabla 8. Acciones del proyecto por etapa, aplicables a MIA_Fraccionamiento Sedona.

Etapa	Acción	Magnitud declarada
Preparación del sitio	Delimitación del área sujeta a CUSTF	13.4689 ha del Área del Proyecto
Preparación del sitio	Señalamiento de la vegetación a remover	12.5570 ha sujetas a cambio de uso de suelo
Preparación del sitio	Apertura de accesos y brechas	13.4689 ha del Área del Proyecto
Preparación del sitio	Derribo de la vegetación	12.5570 ha de selva baja caducifolia
Preparación del sitio	Despunte	Sobre los individuos derribados en las 12.5570 ha
Preparación del sitio	Desrame	Sobre los individuos derribados en las 12.5570 ha
Preparación del sitio	Troceo	193.2590 m³ en rollo total árbol
Preparación del sitio	Extracción/arrime de material vegetal	193.2590 m³ en rollo total árbol
Preparación del sitio	Despalme/remoción del horizonte orgánico del suelo	11.5560 ha con despalme
Preparación del sitio	Tránsito y operación de maquinaria	Toda la etapa de preparación del sitio
Preparación del sitio	Acopio temporal de material vegetal	193.2590 m³ en rollo total árbol
Preparación del sitio	Carga y transporte de material	Toda la etapa de preparación del sitio
Construcción	Movimiento de tierras (cortes, rellenos, nivelación)	13.4689 ha del Área del Proyecto
Construcción	Cimentaciones y estructuras	12.1378 ha de ocupación permanente
Construcción	Terracerías, vialidades y pavimentación	12.1378 ha de ocupación permanente
Construcción	Edificación de naves e instalaciones	12.1378 ha de ocupación permanente

Etapa	Acción	Magnitud declarada
Operación y mantenimiento	Almacenamiento/acopio de materiales o mercancías	Vida útil del desarrollo
Operación y mantenimiento	Carga, descarga y maniobras con maquinaria	Vida útil del desarrollo
Operación y mantenimiento	Tránsito vehicular / autotransporte	Vida útil del desarrollo
Operación y mantenimiento	Operación y manejo interno de instalaciones	Vida útil del desarrollo
Operación y mantenimiento	Iluminación nocturna de instalaciones	Vida útil del desarrollo

Fuente: descripción del proyecto y zonificación de desmonte (Capítulo II) y catálogo de identificación de acciones del método de evaluación de impactos empleado en este estudio, memoria de cálculo de la valoración de impactos (Anexo F).

Estas 21 acciones son las que generan la totalidad de las interacciones adversas activas aplicables al proyecto (IV.3.3). Ninguna de ellas genera, en esta valoración, una interacción benéfica puntuada: la única acción del catálogo que produce beneficio ambiental valorado es la restauración final del sitio, propia de la etapa de cierre que el proyecto no ejecuta. Esto no significa que el proyecto carezca de un componente positivo: las obras de conservación de suelo y agua y la reforestación del predio de compensación (IV.4) actúan sobre la **recuperabilidad** de los impactos adversos ya identificados —de ahí que una parte de los impactos severos baje de clase en la síntesis de residuales (IV.6.4)— y no como una interacción ambiental distinta y puntuada por separado en esta matriz.

Factores ambientales receptores

El catálogo contempla **13 factores**: **11 ambientales**, sobre los que se aplica la valoración cuantitativa de Conesa, y **2 socioeconómicos** —empleo/ingreso y derrama económica local—, que la matriz de identificación reconoce como benéficos pero no sujeta a esa valoración cuantitativa, porque el método de Conesa está construido para calificar impactos adversos; el componente socioeconómico se describe aparte, en el apartado correspondiente y en el capítulo de vinculación social.

Tabla 9. Factores ambientales receptores sujetos a la valoración cuantitativa de Conesa.

Componente ambiental	Factor
Suelo	Suelo
Agua	Agua
Atmósfera	Aire/atmósfera
Atmósfera	Carbono/servicios
Atmósfera	Microclima
Ambiente sonoro	Ruido ambiental
Geomorfología	Relieve/geomorfología
Vegetación y flora	Flora
Vegetación y flora	Recursos forestales
Fauna	Fauna

Componente ambiental	Factor
Paisaje	Paisaje

Fuente: catálogo de factores ambientales del método de evaluación de impactos empleado en este estudio, memoria de cálculo de la valoración de impactos (Anexo F), sobre la caracterización del sistema ambiental del Capítulo III.

Dimensionamiento del universo

El cruce del catálogo completo —30 acciones por 13 factores— produce **161 interacciones plausibles**: las celdas de la matriz de identificación en las que el cribado por lista de chequeo y por red causa-efecto (Sorensen) reconoce una relación causal entre la acción y el factor. De ellas, **125 se activan** (el 77.6 % de las plausibles) y pasan a la valoración cuantitativa: **116 adversas**, sujetas a la clasificación de significancia de Conesa, y **9 benéficas**, identificadas y con una importancia calculada por la misma fórmula pero no sometidas a esa clasificación, reservada por el método a los impactos adversos. Las **36 combinaciones restantes** (161 − 125) no muestran relación causal activa sobre este predio y se descartan sin generar fila; el criterio de descarte de cada celda —ausencia de mecanismo causal plausible entre esa acción y ese factor— se documenta en la matriz de identificación (Anexo F).

De esas 125 activas, 19 corresponden íntegramente a la etapa de cierre del catálogo genérico del método —10 adversas, por el desmantelamiento de infraestructura y el retiro de estructuras, y las 9 únicas benéficas, todas por la restauración y reforestación del sitio— y no aplican a MIA_Fraccionamiento Sedona, que no declara esa etapa (Capítulo I, apartado I.5.5). No se omiten en silencio: se declaran aquí y se excluyen de manera explícita en la lectura por etapa (IV.3.3).

El universo aplicable a este proyecto es, en consecuencia, de 106 interacciones (116 − 10), todas adversas: 4 compatibles, 83 moderadas y 19 severas; ninguna crítica. Que el balance ambiental del proyecto no incluya, en esta matriz, una interacción benéfica puntuada no equivale a que el proyecto carezca de componente positivo: éste se expresa donde corresponde —en la recuperabilidad de los impactos adversos que las medidas modifican (IV.6.4) y en los servicios ambientales que la reforestación del predio de compensación repone (IV.4)—, no en un renglón adicional de esta matriz.

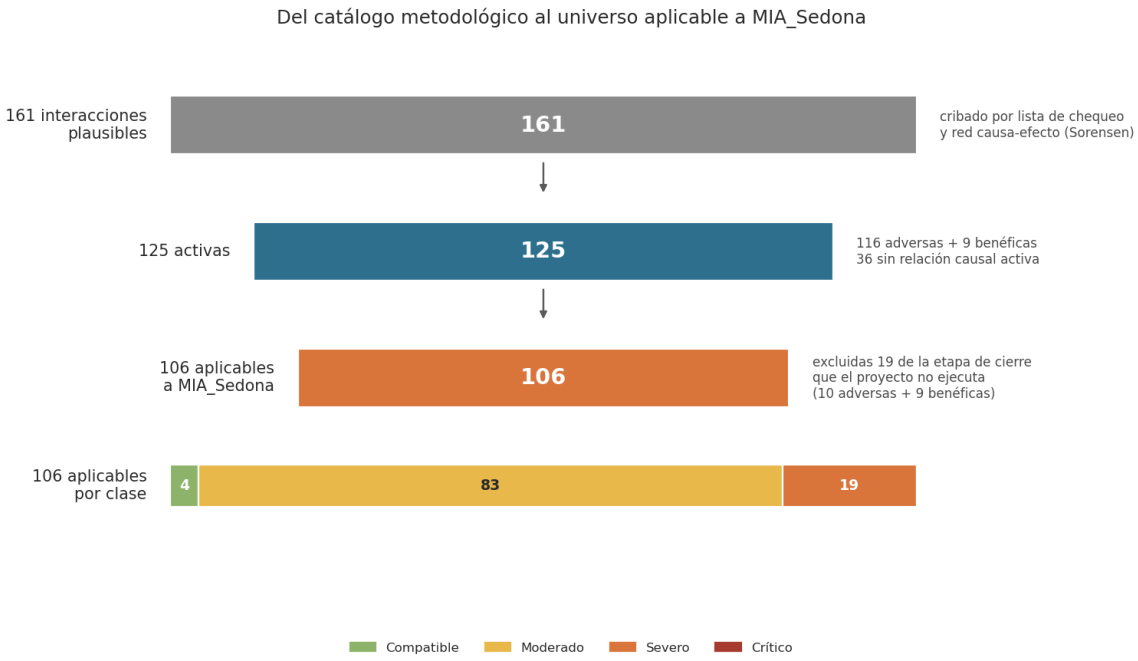


Figura 6. Del cribado metodológico (161 interacciones plausibles) al universo aplicable a este proyecto (106), con el desglose de las tres reducciones sucesivas y la clase de las 106 aplicables.

Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos, Anexo F.

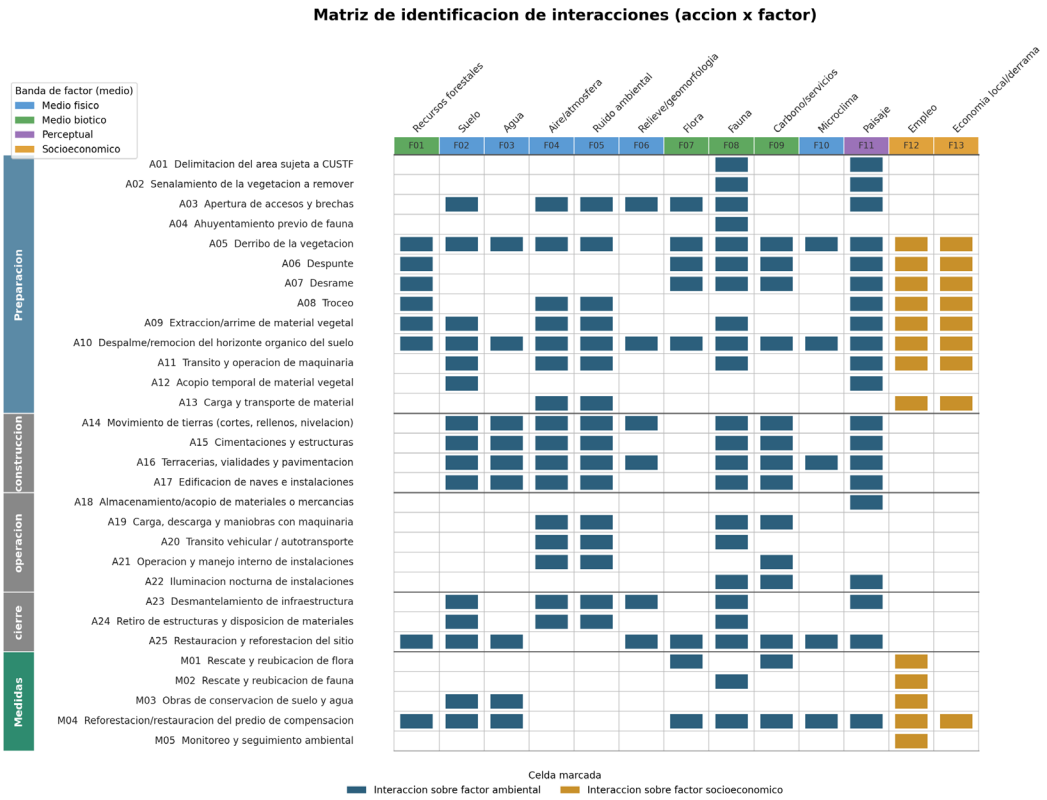


Figura 7. Matriz de identificación del catálogo metodológico completo: 30 acciones (25 del ciclo del proyecto y 5 medidas) por 13 factores, agrupadas por etapa y por banda de medio. Marca la presencia de interacción, no su Importancia; es el tamiz que antecede a la valoración de Conesa.

Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos, Anexo F.

La matriz confirma, celda por celda, la lectura de la Figura F.05: las tres filas de la banda «cierre» (A23-A25) son las únicas del catálogo que MIA Fraccionamiento Sedona no ejecuta, y son las que producen las 10 interacciones adversas y las 9 benéficas que IV.3.1 y IV.6.5 excluyen del universo aplicable. Las cinco filas de la banda «Medidas» (M01-M05) no son parte del universo que se valora: son las medidas mismas, incluidas aquí porque también interactúan con factores del medio —el rescate de flora y fauna con Flora/Fauna, las obras de conservación con Suelo/Agua, la reforestación de compensación con seis factores distintos— y esa cobertura amplia es la que sostiene, en IV.6.1, que ninguno de los diecinueve impactos significativos queda sin una medida asociada.

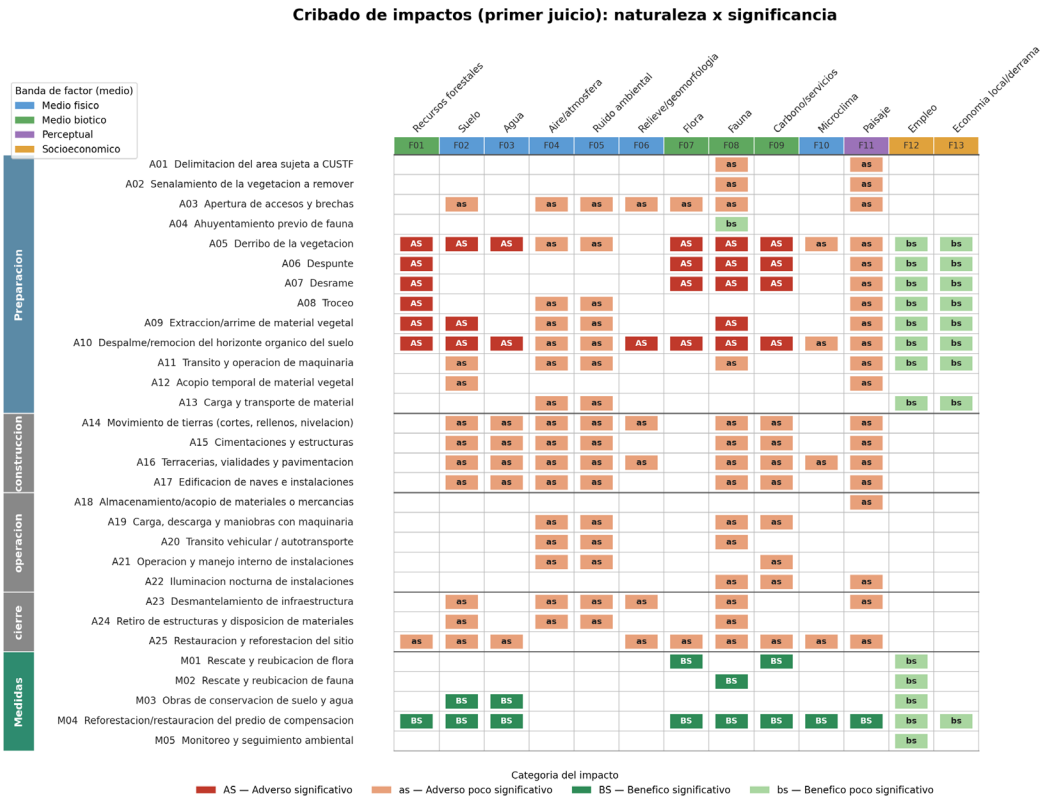


Figura 8. Primer juicio de cribado (Leopold) sobre el catálogo completo: naturaleza —adverso o benéfico— cruzada con significancia preliminar, previa a la valoración cuantitativa de Conesa que hace definitiva la clasificación.

Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos, Anexo F.

Este cribado es la etapa 2 del flujo metodológico (IV.1.1): filtra qué interacciones plausibles pasan a la valoración detallada y cuáles se descartan sin generar fila. Los pocos «AS» (adverso significativo, en rojo) y «BS» (benéfico significativo, en verde intenso) del cribado anticipan casi exactamente los 19 impactos que la valoración de Conesa confirma como severos en IV.6.1, y las cinco medidas (M01-M05) son las únicas filas con celdas «BS»: el cribado ya distingue, antes de calcular un solo índice de Conesa, que el beneficio del proyecto vive en las medidas y no en el catálogo de acciones que ejecuta.

Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos (Anexo F), sobre el catálogo de acciones y factores del método de evaluación de impactos empleado en este estudio y la descripción del proyecto.

IV.3.2 Tabla maestra de impactos y medidas

La valoración de Conesa califica **116 interacciones adversas**: 4 compatibles, 93 moderadas y 19 severas; ninguna crítica. De ellas, 10 corresponden a la etapa de cierre que este proyecto no declara (IV.3.1) y quedan fuera de la lectura por etapa (IV.3.3), aunque su registro se conserva en la memoria de cálculo. Reproducir las 116 filas en el cuerpo del capítulo excede lo que un documento de lectura puede sostener sin volverse ilegible: lo que hace falta es que el evaluador pueda encontrar, examinar y verificar cada impacto, no que el texto los reimprima todos.

Este apartado publica, íntegras y con sus diez atributos, las **19 interacciones que alcanzan la clase Severa** —el 16.4 % de las adversas y la totalidad de las que superan el umbral de significancia (|I| ≥ 50) en este

proyecto—, porque son las que orientan el diseño de las medidas y las que un evaluador revisa primero. Las 97 restantes (93 moderadas y 4 compatibles) se transcriben íntegras, con sus mismos diez atributos, en la hoja `Valoracion_Conesa` de la memoria de cálculo `MEMORIA_IMPACTOS_MIA_IV.xlsx` (Anexo F), que no se reproduce en el cuerpo del capítulo. Las 19 severas ocurren, sin excepción, en la etapa de **preparación del sitio**: es el hallazgo que IV.3.3 desarrolla por etapa.

Cada renglón declara la medida cuyo efecto la valoración de Conesa pudo anclar sobre esa interacción, y el parámetro con el que se verificará su cumplimiento. El proyecto compromete un programa de dieciséis medidas (IV.4), pero sólo tres agregados —M03, M04 y M05— tienen una magnitud física con la que anclar un cambio de recuperabilidad en esta corrida; las demás, incluidos los programas de rescate y reubicación de flora (M-1, Anexo A) y de ahuyentamiento y rescate de fauna (M-2, Anexo B), sí existen y sí atienden a los impactos de Flora y Fauna de esta tabla, pero su efecto no se expresa como un cambio del índice de Conesa (IV.4 desarrolla por qué).

Clave	Medida	Tipo	Indicador	Plazo
M03	Obras de conservación de suelo y agua	Mitigación	Superficie con obras establecidas (ha) y retención de suelo / reducción de azolve lograda	7 años
M04	Reforestación/restauración del predio de compensación	Compensación	Supervivencia de la planta establecida (%) y densidad lograda (ind/ha)	7 años
M05	Monitoreo y seguimiento ambiental	Seguimiento	Número de informes de supervisión entregados y % de cumplimiento verificado de las medidas	7 años

Fuente: programa de medidas de mitigación, compensación y seguimiento (apartado IV.4) y memoria de cálculo de la valoración de impactos (Anexo F).

M03 se asocia a los impactos sobre el suelo; M04, a los impactos sobre la vegetación, la fauna y el carbono, porque la reforestación del predio de compensación es la vía por la que el proyecto repone cobertura, hábitat y stock de carbono fuera del polígono; M05 se aplica de manera transversal a los 19 renglones, porque el seguimiento no depende del factor sino del cumplimiento de las otras dos medidas.

Tabla maestra — impactos de clase Severa

Tabla 10. Identificación, descripción y evaluación de los 19 impactos ambientales adversos de clase Severa del proyecto y medidas asociadas. Todos ocurren en la etapa de preparación del sitio. `EF = 4` en la totalidad de estos 19 renglones, por lo que el efecto es directo en todos los casos.

`impacto_id`	Obra o actividad del Proyecto	Componente ambiental en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto (10 atributos de Conesa)	Efectos	Tipo de Medida	Descripción de la medida	Parámetros de verificación
`IMP-024`	Apertura de accesos y brechas	Suelo	Compactación y remoción del suelo en la traza de accesos y brechas, con pérdida de su horizonte superficial y de su capacidad de infiltración en la franja abierta.	Adverso · IN=12, EX=2, MO=4, PE=4, RV=4, SI=2, AC=4, EF=4, PR=4, MC=2 · **I = −68 — Severo**	Directo	M03 · M05	**M03** Obras de conservación de suelo y agua: retención del suelo expuesto en la traza de accesos, reducción del azolve aportado a la red de drenaje. **M05** Monitoreo y seguimiento ambiental.	**M03** Superficie con obras establecidas (ha) y retención de suelo lograda; frecuencia anual, plazo 7 años. **M05** Informes de supervisión entregados y % de cumplimiento verificado; plazo 7 años.
`IMP-029`	Apertura de accesos y brechas	Vegetación y flora — Flora	Pérdida de individuos de flora y de la cobertura correspondiente en la franja de accesos y brechas, previa al desmonte del resto del polígono.	Adverso · IN=8, EX=1, MO=4, PE=4, RV=4, SI=1, AC=1, EF=4, PR=4, MC=4 · **I = −52 — Severo**	Directo	M04 · M05	**M04** Reforestación/restauración del predio de compensación: recuperación de cobertura equivalente fuera del polígono. **M05** Monitoreo y seguimiento ambiental.	**M04** Supervivencia de la planta establecida (%) y densidad lograda (ind/ha); plazo 7 años. **M05** Informes de supervisión y % de cumplimiento verificado; plazo 7 años.
`IMP-030`	Apertura de accesos y brechas	Fauna	Pérdida de hábitat y desplazamiento forzado de la fauna silvestre presente en la franja de accesos y brechas.	Adverso · IN=8, EX=1, MO=4, PE=4, RV=4, SI=1, AC=1, EF=4, PR=4, MC=4 · **I = −52 — Severo**	Directo	M04 · M05	**M04** Reforestación/restauración del predio de compensación: recuperación de hábitat fuera del polígono. **M05** Monitoreo y seguimiento ambiental.	**M04** Supervivencia de la planta establecida (%) y densidad lograda (ind/ha); plazo 7 años. **M05** Informes de supervisión y % de cumplimiento verificado; plazo 7 años.
`IMP-034`	Derribo de la vegetación	Vegetación y flora — Recursos forestales	Pérdida del volumen forestal en pie por el derribo de los individuos arbóreos y arbustivos del polígono.	Adverso · IN=12, EX=1, MO=4, PE=4, RV=4, SI=1, AC=1, EF=4, PR=4, MC=4 · **I = −64 — Severo**	Directo	M04 · M05	**M04** Reforestación/restauración del predio de compensación: reposición de volumen y cobertura forestal equivalente. **M05** Monitoreo y seguimiento ambiental.	**M04** Supervivencia de la planta establecida (%) y densidad lograda (ind/ha); plazo 7 años. **M05** Informes de supervisión y % de cumplimiento verificado; plazo 7 años.

`impacto_id`	Obra o actividad del Proyecto	Componente ambiental en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto (10 atributos de Conesa)	Efectos	Tipo de Medida	Descripción de la medida	Parámetros de verificación
`IMP-035`	Derribo de la vegetación	Suelo	Exposición del suelo al derribarse la cobertura que lo protegía, con pérdida de la intercepción de lluvia y del aporte de hojarasca.	Adverso · IN=12, EX=2, MO=4, PE=4, RV=4, SI=2, AC=4, EF=4, PR=4, MC=2 · **I = −68 — Severo**	Directo	M03 · M05	**M03** Obras de conservación de suelo y agua. **M05** Monitoreo y seguimiento ambiental.	**M03** Superficie con obras establecidas (ha) y retención de suelo lograda; plazo 7 años. **M05** Informes de supervisión y % de cumplimiento verificado; plazo 7 años.
`IMP-040`	Derribo de la vegetación	Vegetación y flora — Flora	Pérdida de los individuos de flora derribados y del banco de propágulos que contenían.	Adverso · IN=8, EX=1, MO=4, PE=4, RV=4, SI=1, AC=1, EF=4, PR=4, MC=4 · **I = −52 — Severo**	Directo	M04 · M05	**M04** Reforestación/restauración del predio de compensación. **M05** Monitoreo y seguimiento ambiental.	**M04** Supervivencia de la planta establecida (%) y densidad lograda (ind/ha); plazo 7 años. **M05** Informes de supervisión y % de cumplimiento verificado; plazo 7 años.
`IMP-041`	Derribo de la vegetación	Fauna	Pérdida directa de hábitat de la fauna silvestre que ocupaba la cobertura derribada.	Adverso · IN=8, EX=1, MO=4, PE=4, RV=4, SI=1, AC=1, EF=4, PR=4, MC=4 · **I = −52 — Severo**	Directo	M04 · M05	**M04** Reforestación/restauración del predio de compensación. **M05** Monitoreo y seguimiento ambiental.	**M04** Supervivencia de la planta establecida (%) y densidad lograda (ind/ha); plazo 7 años. **M05** Informes de supervisión y % de cumplimiento verificado; plazo 7 años.
`IMP-042`	Derribo de la vegetación	Atmósfera — Carbono/servicios	Emisión a la atmósfera del carbono contenido en la biomasa derribada y pérdida del sumidero local que representaba.	Adverso · IN=8, EX=2, MO=4, PE=4, RV=4, SI=2, AC=1, EF=4, PR=4, MC=2 · **I = −53 — Severo**	Directo	M04 · M05	**M04** Reforestación/restauración del predio de compensación: recuperación de stock de carbono. **M05** Monitoreo y seguimiento ambiental.	**M04** Supervivencia de la planta establecida (%) y densidad lograda (ind/ha); plazo 7 años. **M05** Informes de supervisión y % de cumplimiento verificado; plazo 7 años.

`impacto_id`	Obra o actividad del Proyecto	Componente ambiental en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto (10 atributos de Conesa)	Efectos	Tipo de Medida	Descripción de la medida	Parámetros de verificación
`IMP-045`	Despunte	Vegetación y flora — Recursos forestales	Pérdida adicional de volumen forestal por el despunte de las copas de los individuos ya derribados.	Adverso · IN=8, EX=1, MO=4, PE=4, RV=4, SI=1, AC=1, EF=4, PR=4, MC=4 · **I = −52 — Severo**	Directo	M04 · M05	**M04** Reforestación/restauración del predio de compensación. **M05** Monitoreo y seguimiento ambiental.	**M04** Supervivencia de la planta establecida (%) y densidad lograda (ind/ha); plazo 7 años. **M05** Informes de supervisión y % de cumplimiento verificado; plazo 7 años.
`IMP-056`	Desrame	Vegetación y flora — Recursos forestales	Pérdida adicional de volumen forestal por el desrame del material derribado.	Adverso · IN=8, EX=1, MO=4, PE=4, RV=4, SI=1, AC=1, EF=4, PR=4, MC=4 · **I = −52 — Severo**	Directo	M04 · M05	**M04** Reforestación/restauración del predio de compensación. **M05** Monitoreo y seguimiento ambiental.	**M04** Supervivencia de la planta establecida (%) y densidad lograda (ind/ha); plazo 7 años. **M05** Informes de supervisión y % de cumplimiento verificado; plazo 7 años.
`IMP-067`	Troceo	Vegetación y flora — Recursos forestales	Pérdida adicional de volumen forestal por el troceo del material vegetal derribado para su manejo.	Adverso · IN=8, EX=1, MO=4, PE=4, RV=4, SI=1, AC=1, EF=4, PR=4, MC=4 · **I = −52 — Severo**	Directo	M04 · M05	**M04** Reforestación/restauración del predio de compensación. **M05** Monitoreo y seguimiento ambiental.	**M04** Supervivencia de la planta establecida (%) y densidad lograda (ind/ha); plazo 7 años. **M05** Informes de supervisión y % de cumplimiento verificado; plazo 7 años.
`IMP-078`	Extracción/arrime de material vegetal	Vegetación y flora — Recursos forestales	Pérdida adicional de volumen forestal asociada a la extracción y arrime del material vegetal fuera del polígono.	Adverso · IN=8, EX=1, MO=4, PE=4, RV=4, SI=1, AC=1, EF=4, PR=4, MC=4 · **I = −52 — Severo**	Directo	M04 · M05	**M04** Reforestación/restauración del predio de compensación. **M05** Monitoreo y seguimiento ambiental.	**M04** Supervivencia de la planta establecida (%) y densidad lograda (ind/ha); plazo 7 años. **M05** Informes de supervisión y % de cumplimiento verificado; plazo 7 años.

`impacto_id`	Obra o actividad del Proyecto	Componente ambiental en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto (10 atributos de Conesa)	Efectos	Tipo de Medida	Descripción de la medida	Parámetros de verificación
`IMP-079`	Extracción/arrime de material vegetal	Suelo	Compactación y remoción adicional del suelo por el tránsito de arrime del material vegetal extraído.	Adverso · IN=8, EX=2, MO=4, PE=4, RV=4, SI=2, AC=4, EF=4, PR=4, MC=2 · **I = −56 — Severo**	Directo	M03 · M05	**M03** Obras de conservación de suelo y agua. **M05** Monitoreo y seguimiento ambiental.	**M03** Superficie con obras establecidas (ha) y retención de suelo lograda; plazo 7 años. **M05** Informes de supervisión y % de cumplimiento verificado; plazo 7 años.
`IMP-089`	Despalme/remoción del horizonte orgánico del suelo	Vegetación y flora — Recursos forestales	Pérdida del banco de propágulos y de la fracción forestal contenida en el horizonte orgánico despalmado.	Adverso · IN=12, EX=1, MO=4, PE=4, RV=4, SI=1, AC=1, EF=4, PR=4, MC=4 · **I = −64 — Severo**	Directo	M04 · M05	**M04** Reforestación/restauración del predio de compensación. **M05** Monitoreo y seguimiento ambiental.	**M04** Supervivencia de la planta establecida (%) y densidad lograda (ind/ha); plazo 7 años. **M05** Informes de supervisión y % de cumplimiento verificado; plazo 7 años.
`IMP-090`	Despalme/remoción del horizonte orgánico del suelo	Suelo	Remoción del horizonte orgánico sobre 11.5560 ha —el 85.80 % del Área del Proyecto—, que suprime el sustrato biológicamente activo del terreno.	Adverso · IN=12, EX=2, MO=4, PE=4, RV=4, SI=2, AC=4, EF=4, PR=4, MC=2 · **I = −68 — Severo**	Directo	M03 · M05	**M03** Obras de conservación de suelo y agua. **M05** Monitoreo y seguimiento ambiental.	**M03** Superficie con obras establecidas (ha) y retención de suelo lograda; plazo 7 años. **M05** Informes de supervisión y % de cumplimiento verificado; plazo 7 años.
`IMP-095`	Despalme/remoción del horizonte orgánico del suelo	Vegetación y flora — Flora	Pérdida de individuos de flora de porte bajo y de propágulos contenidos en el horizonte orgánico despalmado.	Adverso · IN=8, EX=1, MO=4, PE=4, RV=4, SI=1, AC=1, EF=4, PR=4, MC=4 · **I = −52 — Severo**	Directo	M04 · M05	**M04** Reforestación/restauración del predio de compensación. **M05** Monitoreo y seguimiento ambiental.	**M04** Supervivencia de la planta establecida (%) y densidad lograda (ind/ha); plazo 7 años. **M05** Informes de supervisión y % de cumplimiento verificado; plazo 7 años.

`impacto_id`	Obra o actividad del Proyecto	Componente ambiental en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto (10 atributos de Conesa)	Efectos	Tipo de Medida	Descripción de la medida	Parámetros de verificación
`IMP-096`	Despalme/remoción del horizonte orgánico del suelo	Fauna	Pérdida de la fauna edáfica y de refugio asociada al horizonte orgánico despalmado.	Adverso · IN=8, EX=1, MO=4, PE=4, RV=4, SI=1, AC=1, EF=4, PR=4, MC=4 · **I = −52 — Severo**	Directo	M04 · M05	**M04** Reforestación/restauración del predio de compensación. **M05** Monitoreo y seguimiento ambiental.	**M04** Supervivencia de la planta establecida (%) y densidad lograda (ind/ha); plazo 7 años. **M05** Informes de supervisión y % de cumplimiento verificado; plazo 7 años.
`IMP-097`	Despalme/remoción del horizonte orgánico del suelo	Atmósfera — Carbono/servicios	Emisión del carbono contenido en el horizonte orgánico removido.	Adverso · IN=8, EX=2, MO=4, PE=4, RV=4, SI=2, AC=1, EF=4, PR=4, MC=2 · **I = −53 — Severo**	Directo	M04 · M05	**M04** Reforestación/restauración del predio de compensación. **M05** Monitoreo y seguimiento ambiental.	**M04** Supervivencia de la planta establecida (%) y densidad lograda (ind/ha); plazo 7 años. **M05** Informes de supervisión y % de cumplimiento verificado; plazo 7 años.
`IMP-101`	Tránsito y operación de maquinaria	Suelo	Compactación del suelo por el tránsito reiterado de maquinaria sobre la superficie ya desprovista de cobertura.	Adverso · IN=8, EX=2, MO=4, PE=4, RV=4, SI=2, AC=4, EF=4, PR=4, MC=2 · **I = −56 — Severo**	Directo	M03 · M05	**M03** Obras de conservación de suelo y agua. **M05** Monitoreo y seguimiento ambiental.	**M03** Superficie con obras establecidas (ha) y retención de suelo lograda; plazo 7 años. **M05** Informes de supervisión y % de cumplimiento verificado; plazo 7 años.

Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos, Anexo F.

Una lectura de conjunto de estas 19 filas muestra que **11 de las 19 recaen sobre la vegetación** —recursos forestales, flora y fauna— y **5 sobre el suelo**; las 2 restantes son sobre el carbono almacenado. Cinco acciones distintas del desmonte —derribo, despunte, desrame, troceo y extracción/arrime— producen, cada una, la misma pérdida marginal de volumen forestal (`I = −52`), porque son etapas sucesivas del manejo del mismo material vegetal y la valoración de Conesa las pondera una por una en vez de consolidarlas en un solo renglón; leerlas como cinco impactos independientes sobredimensionaría la afectación real, que es la del desmonte de 12.5570 ha en su conjunto (IV.3.3 la retoma como un solo evento).

El detalle íntegro de las 116 interacciones adversas —incluidas las 97 de clase Compatible y Moderada que no se reproducen aquí, y las 10 de la etapa de cierre que no aplican a este proyecto— vive en la hoja `Valoracion_Conesa` de la memoria de cálculo `MEMORIA_IMPACTOS_MIA_IV.xlsx` (Anexo F), con sus mismos diez atributos, su importancia y su clasificación.

> **Fuente:** memoria de cálculo de la valoración de impactos (Anexo F), construida sobre la descripción del proyecto, su zonificación de desmonte y la caracterización del sistema ambiental.

IV.3.3 Lectura por etapa

Las tres etapas que este proyecto declara no reparten la afectación de manera pareja, y esa asimetría es el hallazgo más útil de la evaluación para quien tenga que vigilarla.

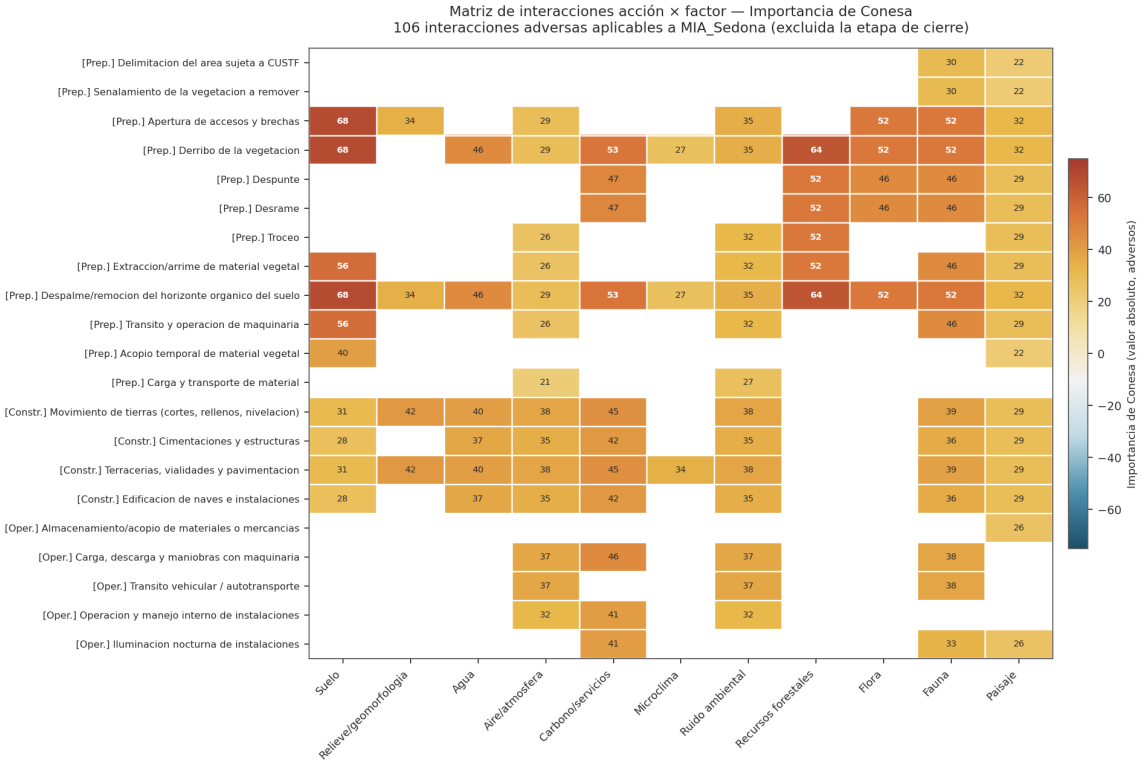


Figura 9. Importancia de Conesa de las 106 interacciones adversas aplicables, por acción y factor, agrupadas por etapa.

Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos, Anexo F.

Dos filas concentran visualmente la matriz: el despalme del horizonte orgánico del suelo y la apertura de accesos y brechas son las únicas que alcanzan −68 sobre Suelo, y son también las que más celdas llenan —nueve y ocho factores tocados respectivamente—, lo que confirma en la matriz lo que IV.6.2 y IV.6.3 ya establecen por separado: son las acciones que sostienen la acumulación y la sinergia del proyecto. La banda de preparación domina el mapa de color; construcción y operación quedan en tonos moderados, sin una sola celda roja.

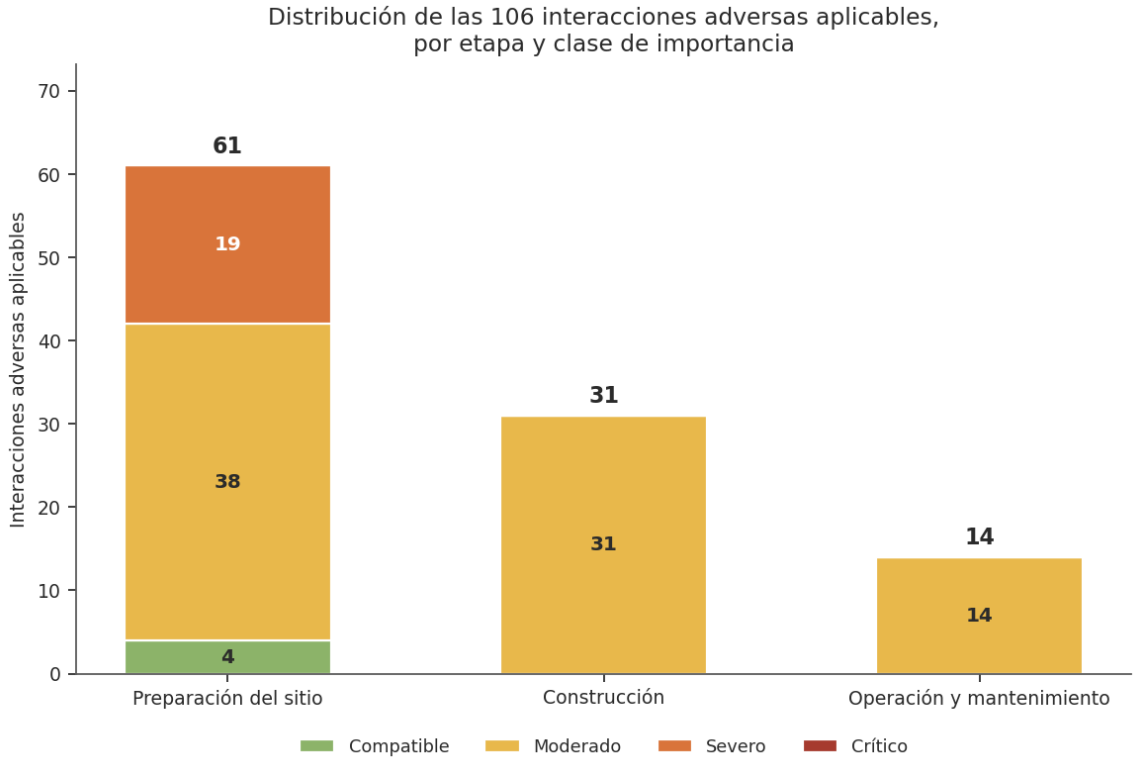


Figura 10. Impactos adversos por etapa y clase de importancia, en las tres etapas que el proyecto ejecuta.
Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos, Anexo F.

El universo aplicable a este proyecto es de 106 interacciones, todas adversas, una vez excluidas las 19 que el catálogo genérico del método asigna a la etapa de cierre —desmantelamiento, restauración final y retiro de estructuras— y que MIA Fraccionamiento Sedona no declara (IV.3.1; Capítulo I, apartado I.5.5). De esas 106: **61 ocurren en la preparación del sitio, 31 en la construcción y 14 en la operación y mantenimiento**. La concentración es contundente: la preparación del sitio, la etapa más corta de las tres, reúne el 57.5 % de las interacciones adversas y, sobre todo, **la totalidad de las 19 que alcanzan la clase Severa**. Ninguna interacción de construcción ni de operación llega al umbral de significancia (|I| ≥ 50); la más cercana se queda en −46.

Sobre el componente benéfico, este apartado declara lo que la matriz realmente contiene y no lo que sería cómodo que contuviera: dentro de las tres etapas que el proyecto ejecuta, la valoración de Conesa **no identifica ninguna interacción benéfica puntuada**. La única acción del catálogo que genera un beneficio ambiental valorado —la restauración y reforestación del sitio— pertenece a la etapa de cierre, que este proyecto no declara, y sus 9 filas quedan fuera del universo aplicable por la misma razón que las 10 adversas

de esa etapa. Esto no equivale a que el proyecto carezca de componente positivo: la reforestación del predio de compensación y las obras de conservación de suelo y agua (M04 y M03; IV.4) sí operan sobre este expediente, pero lo hacen mejorando la **recuperabilidad** de los impactos adversos ya identificados —de ahí que la síntesis de residuales reclasifique a la baja una parte de los 19 severos (IV.6.4)—, no generando un renglón adicional y separado en esta matriz. Es una diferencia de método, no de compromiso ambiental, y se declara aquí porque de otro modo el lector la inferiría mal de la sola comparación de conteos.

Preparación del sitio

Es la etapa que define el resultado ambiental del proyecto. En ella se concentran las acciones que producen la afectación irreversible sobre la vegetación y el suelo, y en ella se agotan las oportunidades de evitar: lo que no se prevenga aquí ya no se previene, se mitiga o se compensa.

De las 61 interacciones adversas de la etapa, **19 son severas, 38 moderadas y 4 compatibles**. Las 19 severas se concentran en dos frentes. Sobre el **suelo**, la apertura de accesos y brechas (`IMP-024`), el derribo de la vegetación (`IMP-035`), el despalme del horizonte orgánico (`IMP-090`), la extracción/arrime del material vegetal (`IMP-079`) y el tránsito de la maquinaria (`IMP-101`) alcanzan importancias de −56 a −68: es la misma superficie —hasta 11.5560 ha, el 85.80 % del Área del Proyecto— sometida a compactación y remoción por acciones sucesivas del mismo proceso de preparación, y es sobre este frente donde actúan las obras de conservación de suelo y agua (M03). Sobre la **vegetación**, el derribo (`IMP-034`, recursos forestales, I = −64) y el despalme (`IMP-089`, recursos forestales, I = −64) son los de mayor magnitud; el despunte, el desrame, el troceo y la extracción/arrime del material ya derribado (`IMP-045`, `IMP-056`, `IMP-067`, `IMP-078`) repiten la misma importancia (−52) porque son etapas sucesivas del manejo de un mismo volumen forestal, no cinco pérdidas independientes: leídas en conjunto describen el desmonte de las 12.5570 ha del CUSTF como el evento único que en realidad es. Sobre la **fauna** y la **flora**, la apertura de accesos (`IMP-029`, `IMP-030`) y el derribo (`IMP-040`, `IMP-041`, `IMP-095`, `IMP-096`) producen pérdida directa de hábitat e individuos, atendida por la reforestación del predio de compensación (M04). Sobre el **carbono**, el derribo (`IMP-042`, I = −53) y el despalme (`IMP-097`, I = −53) liberan el stock contenido en la biomasa y en el horizonte orgánico removidos.

Las 38 interacciones moderadas y las 4 compatibles de la etapa recaen, sobre todo, en el paisaje, el ruido y la calidad del aire —ninguna alcanza siquiera la mitad del umbral de significancia— y en factores donde la intensidad de la acción es baja por diseño, como la delimitación y el señalamiento previos al desmonte.

Construcción

En la construcción la afectación cambia de naturaleza: ya no se remueve, se sella. Las 31 interacciones de la etapa —movimiento de tierras, cimentaciones y estructuras, terracerías y pavimentación, y edificación de naves e instalaciones— son todas de clase Moderada; ninguna alcanza el umbral de significancia, pero varias se le acercan. Las de mayor importancia recaen sobre el **carbono** —la huella de la operación de maquinaria y del sellado de superficie, entre −42 y −45— y sobre el **relieve**, por el corte y la nivelación de terracerías (hasta −42). Que ninguna cruce el umbral no las vuelve triviales: son permanentes y no se recuperan en el sitio, y es sobre ellas donde el balance de suficiencia del artículo 93 (suelo, agua y carbono) se juega a nivel de sistema, no de interacción individual (IV.5).

Operación y mantenimiento

Ninguna de las 14 interacciones de esta etapa alcanza la clase Severa; la de mayor importancia —la operación de carga, descarga y maniobras con maquinaria sobre el carbono, I = −46— tampoco cruza el

umbral. Eso no la vuelve irrelevante: es la etapa que dura, y sus impactos —la demanda de agua y energía, el tránsito vehicular interno, la iluminación nocturna y el manejo de residuos— son permanentes y continuos aunque su intensidad sea baja. Describen la huella estable del desarrollo una vez habitado, y es la etapa en la que el monitoreo y seguimiento ambiental (M05) adquiere su función más simple: verificar que lo construido y lo revegetado se mantenga en la condición con la que se entregó.

El paisaje, y qué puede y qué no puede afirmarse de él

El paisaje recibe **17 interacciones adversas** repartidas en las tres etapas —11 en la preparación del sitio, 4 en la construcción y 2 en la operación—, y ninguna es significativa: la de mayor magnitud llega a I = −32, en la apertura de accesos y brechas, el derribo de la vegetación y el despalme del horizonte orgánico. La valoración de Conesa no identifica, dentro de las etapas que este proyecto ejecuta, una interacción benéfica puntuada sobre el paisaje: la única del catálogo pertenece, igual que el resto del componente benéfico, a la etapa de cierre que el proyecto no declara. Que ninguna interacción sobre el paisaje sea significativa exige sostenerse, porque un evaluador puede legítimamente preguntar por qué un conjunto habitacional de 13.4689 ha no constituye impacto visual significativo.

La respuesta descansa en el receptor, no en la obra. El predio se localiza sobre la línea de contacto entre la selva y la ciudad: en el Área de Influencia la zona urbana ocupa 128.55 ha —el 46.54 %— y la selva baja caducifolia ocupa 128.55 ha —el 46.55 %—. Lo que el proyecto introduce no contrasta con un ámbito natural continuo sino que continúa una textura urbana que ya ocupa la mitad del entorno visual inmediato.

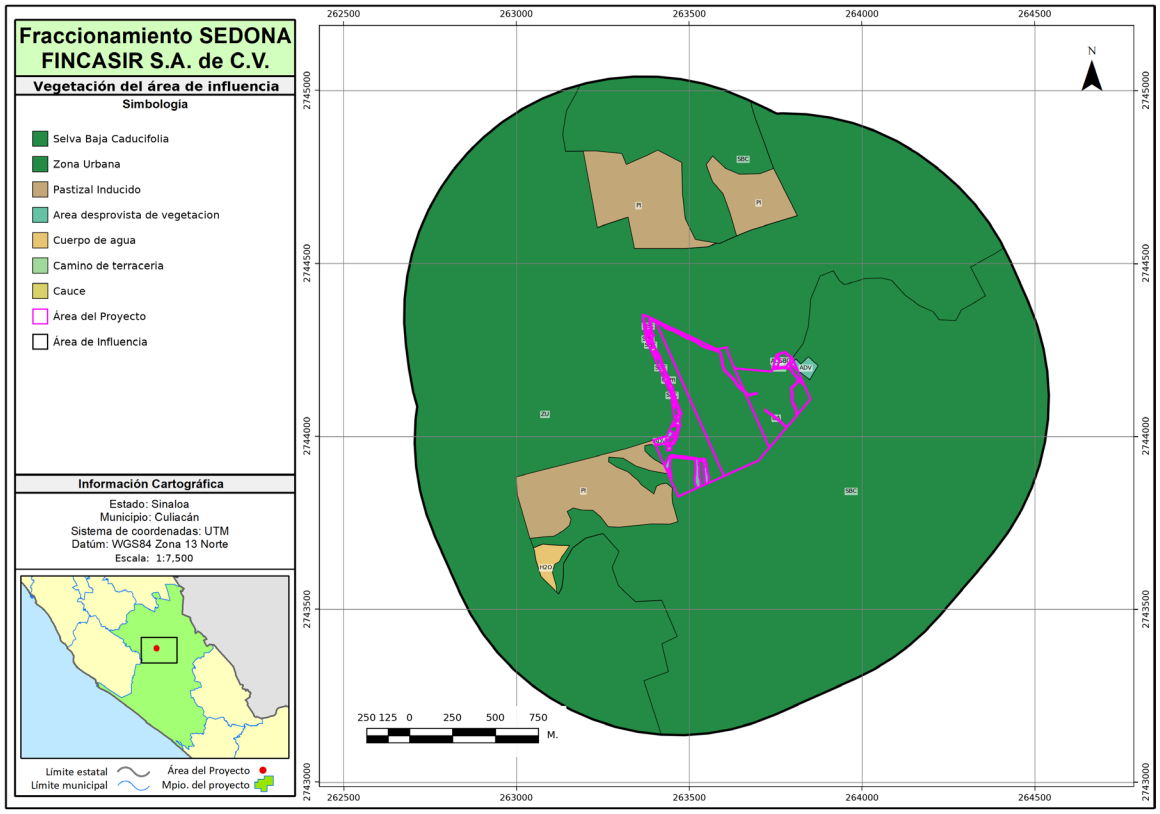


Figura 11. Cobertura vegetal y uso de suelo del Área de Influencia del proyecto, 276.19 ha.
Fuente: cartografía propia del proyecto, fotointerpretación verificada en campo, proyección UTM WGS 84 zona 13 Norte.

La figura sustenta lo anterior y también acota lo que puede afirmarse. Muestra que el predio no se inserta en el interior del macizo forestal sino en su borde, con superficie urbanizada en contacto directo; y muestra que el pastizal inducido —17.26 ha, el 6.25 %— y las áreas desprovistas de vegetación completan un mosaico ya intervenido. Lo que la figura **no** muestra, y por lo tanto no se afirma, es desde dónde será visible el conjunto edificado: el encuadre del Área de Influencia no es la cuenca visual, y confundirlos convertiría una caracterización de 276.19 ha en una afirmación sobre un territorio cuya extensión el estudio no ha medido.

Ese territorio sí está medido, y el apartado III.2.4 lo publica. La cuenca visual efectiva del conjunto edificado es de **3,755.44 ha**, el **9.89 %** de la Región Ecológica, y dentro de ella residen **1,961 habitantes en 20 localidades** de los 5,720 habitantes y 65 localidades del entorno analizado. Los observadores próximos son el tránsito de las vialidades primarias del oriente de Culiacán Rosales —la avenida Giambologna a 482 metros es la más cercana— y la localidad de Los Nopales, a 529 metros.

Con esa medición el argumento deja de ser parcial y se completa en tres términos. **Primero, la extensión está acotada:** el desarrollo será perceptible desde una superficie que no alcanza la décima parte de la unidad regional, y no desde un territorio indeterminado. **Segundo, la exposición es minoritaria:** dos de cada tres habitantes del entorno no tendrán línea de visión hacia el conjunto. **Y tercero, el receptor es de calidad baja:** el paisaje que se altera se califica en 1.7 sobre la escala del método, en su tramo inferior, lo que es coherente con un predio que se implanta en el borde donde la ciudad y el remanente de selva ya están en contacto.

A esos tres se suma uno que el proyecto no produce pero sí conserva: **la vegetación en pie absorbe 2,259.61 ha —el 37.6 %— de la exposición que habría sobre terreno desnudo.** Esa capacidad es del sitio, y el respeto de la cubierta perimetral que el proyecto conserva fuera del CUSTF es lo que impide que se pierda; no es, en esta valoración, una interacción distinta y puntuada, sino una propiedad del entorno que las medidas de conservación (IV.5) ayudan a mantener.

IV.4 Clasificación e identificación de las medidas

El proyecto compromete un programa de **dieciséis medidas**, con un costo total de 8,954,156.08 pesos (IV.9), que se describe íntegro en este apartado y en IV.5, IV.8 e IV.9. Trece de ellas tienen partida propia en la cartera de costos; las tres restantes —el desmonte progresivo por frentes (P-2), la conservación de las Áreas de Restricción Pluvial y de Talud como superficie no edificable (P-3) y la conexión de las descargas sanitarias a la red municipal (P-6)— están igualmente comprometidas pero no generan costo separado, porque lo ejecutan la misma cuadrilla, la misma maquinaria o la misma infraestructura que ya cotiza la obra general (IV.9 lo desarrolla). De las dieciséis, la valoración cuantitativa de Conesa (IV.1 a IV.3, IV.6) sólo pudo anclar el efecto de tres agregados sobre la recuperabilidad de los impactos —las obras de conservación de suelo y agua, la reforestación del predio de compensación y el Programa de Vigilancia Ambiental—, porque son las que tienen una cifra física con la que anclar la mejora (erosión retenida, recarga recuperada, stock de carbono). Las trece medidas restantes, incluidos los programas de rescate de flora y de fauna, están comprometidas y verificables por su propio indicador, pero su beneficio no se tradujo en un cambio de la Importancia de Conesa porque el método no tiene, para ellas, una magnitud física que anclar de la misma manera. Esa distinción se declara aquí con toda su precisión, para que no se lea como ausencia de compromiso.

Criterio de clasificación

Las categorías de la evaluación de impacto se distinguen por lo que hacen con el impacto, no por dónde se ejecutan ni por cuánto cuestan:

- **Prevención (P):** evita que el impacto adverso llegue a generarse. Actúa antes, sobre la acción.
- **Mitigación (M):** reduce, controla o minimiza la magnitud, la extensión o la duración del impacto que ya no puede evitarse. Actúa durante, sobre el efecto.
- **Restauración (R):** recupera y restablece las condiciones del factor afectado, en el mismo sitio. Actúa después, sobre el receptor.
- **Compensación (C):** genera beneficios ambientales equivalentes o superiores fuera del sitio, cuando lo anterior no resulta técnica ni ambientalmente viable. Actúa en otro lugar, sobre la función.

Catálogo de medidas comprometidas

Tabla 11. Catálogo de las dieciséis medidas del proyecto, con su clave, tipo, indicador y plazo de seguimiento. Las tres marcadas «sin partida propia» están comprometidas pero su costo vive dentro del presupuesto general de la obra (IV.9). El catálogo muestra un programa que cubre las cuatro categorías de la evaluación de impacto — prevención, mitigación, restauración y compensación— sin dejar ninguna vacía, y con un plazo de seguimiento que se extiende hasta 7 años en las medidas de vegetación (M-5 y C-1); esa cobertura completa es la que sostiene, en IV.6.1 y IV.6.4, que ninguno de los diecinueve impactos significativos del proyecto queda sin al menos una medida asociada.

Clave	Tipo	Nombre de la medida	Indicador	Plazo
P-1	Prevención	Delimitación física y señalamiento del polígono de intervención	Perímetro delimitado y señalizado (m)	obra
P-2	Prevención	Desmonte progresivo por frentes, dirigido hacia la vegetación remanente	Frentes ejecutados conforme a la secuencia programada *(sin partida propia)*	obra
P-3	Prevención	Conservación de las Áreas de Restricción Pluvial y de Talud como superficie no edificable	Superficie no edificable respetada (ha) *(sin partida propia)*	permanente
P-4	Prevención	Manejo de residuos, sanitarios portátiles y control de derrames	Lotes de residuos retirados; sanitarios en servicio	obra
P-5	Prevención	Riego de superficies descubiertas y cubrimiento de materiales y camiones	Meses de riego activo en preparación del sitio	24 meses
P-6	Prevención	Conexión de las descargas sanitarias a la red municipal	Viviendas conectadas a la red (%) *(sin partida propia)*	obra

Clave	Tipo	Nombre de la medida	Indicador	Plazo
M-1	Mitigación	Programa de rescate y reubicación de flora	Jornadas-cuadrilla de rescate ejecutadas; individuos extraídos y reubicados	obra
M-2	Mitigación	Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna	Brigada-jornadas ejecutadas sobre la superficie del CUSTF	obra
M-3	Mitigación	Mulching y acomodo del material vegetal del desmonte	Superficie con mulch establecido (ha) y cobertura lograda (%)	obra
M-4	Mitigación	Cortina rompevientos perimetral con especies nativas	Longitud de cortina establecida (m)	obra
M-5	Mitigación	Terrazas individuales en la zona de mitigación in situ	Terrazas construidas (pieza) y retención de suelo lograda	7 años
M-6	Mitigación	Conservación, acopio y reintegración del suelo despalmado	Volumen de suelo orgánico reincorporado (m^3)	obra
M-7	Mitigación	Control de emisiones y de ruido de la maquinaria y del transporte	Campañas de sonometría realizadas; unidades verificadas	60 meses
C-1	Compensación	Reforestación del predio de compensación	Supervivencia de la planta establecida (%) y densidad lograda (ind/ha)	7 años
R-1	Restauración	Restauración y revegetación de las superficies de afectación temporal	Superficie revegetada (ha) y cobertura alcanzada (%)	3 años
PVA	Seguimiento	Programa de Vigilancia Ambiental	Informes de supervisión entregados y % de cumplimiento verificado	7 años

Fuente: cartera de medidas del proyecto y memoria de cálculo de costos (IV.9).

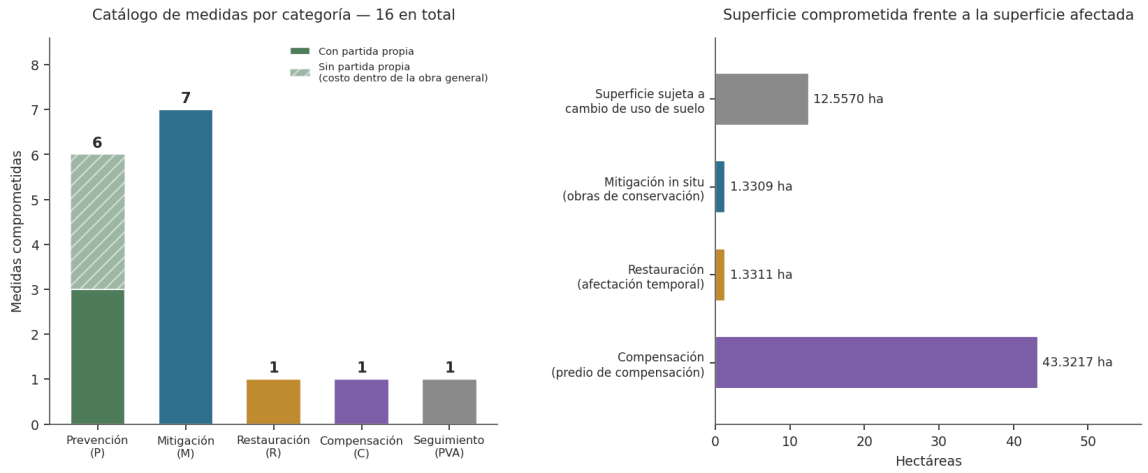


Figura 12. Catálogo de las dieciséis medidas por categoría —seis de prevención (tres sin partida propia), siete de mitigación, una de restauración, una de compensación y el Programa de Vigilancia Ambiental— y la superficie que cada frente de compensación y restauración compromete frente a las 12.5570 ha sujetas a cambio de uso de suelo.

Fuente: cartera de medidas del proyecto y zonificación de desmonte georreferenciada, Anexo IV.

Ninguna de las cuatro categorías de la evaluación de impacto queda vacía, y la desproporción entre columnas de la izquierda no es casual: prevención y mitigación concentran doce de las dieciséis medidas porque actúan antes y durante el impacto, sobre trece de los dieciséis factores del catálogo (IV.3.1); restauración y compensación son una medida cada una porque su función es puntual —reponer, no evitar—, pero esa única medida de compensación es la que compromete la mayor superficie del programa: 43.3217 ha, 3.45 veces la superficie removida.

El desarrollo de cada medida —descripción, alcance, ubicación y parámetros de verificación— se presenta en IV.5 (verificación) y IV.8 (las de compensación y restauración); su costeo por partida, en IV.9.

Las tres agregadas que la valoración de Conesa sí pudo anclar

M03 (obras de conservación de suelo y agua) agrega, para efecto de la valoración cuantitativa, el conjunto M-3/M-4/M-5/M-6: atiende los impactos sobre **Suelo** y **Agua**, anclado a la erosión hídrica, la erosión eólica y la reducción de la recarga que esas obras retienen (IV.6.4).

M04 (reforestación/restauración del predio de compensación) corresponde a **C-1**: atiende los impactos sobre **Recursos forestales**, **Flora**, **Fauna** y **Carbono/servicios**, anclado a la recuperación del stock de carbono (IV.6.4).

M05 (monitoreo y seguimiento ambiental) corresponde al **PVA**: no atiende un factor específico, verifica el cumplimiento y la eficacia del conjunto.

Lo que la valoración de Conesa no pudo anclar, y por qué

M-1 y M-2 (rescate de flora y de fauna) no modifican ningún atributo de la matriz de Conesa de esta valoración, y la razón no es que carezcan de efecto: es que ese efecto —individuos que sobreviven el traslado, especies que se manejan sin mortalidad— no es una magnitud que la valoración cuantitativa sepa anclar de la misma manera que ancla toneladas de erosión o metros cúbicos de recarga. Su indicador propio

(IV.5) es, precisamente, la forma en que este capítulo hace verificable un compromiso que el índice de Conesa no puede expresar en su fórmula.

P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, P-6, M-7 y R-1 son de bajo costo unitario o sin partida propia (IV.9) y actúan sobre factores —delimitación del polígono, secuencia del desmonte, superficies no edificables, manejo de residuos, riego, conexión sanitaria, ruido y superficies pequeñas de restauración in situ— que ya se valoraron como Compatible o Moderado sin necesidad de una medida específica; se comprometen porque son buena práctica y obligación normativa y, en el caso de M-7, porque atienden la fracción dominante de la huella de carbono de la maquinaria (IV.9), no porque el índice de Conesa exigiera una medida para bajarlos de clase.

Lo que las medidas modifican, y lo que no

Ninguna de las dos medidas con efecto directo altera la naturaleza, la intensidad ni la extensión del impacto que atiende. Lo que M03 y M04 modifican es la **recuperabilidad** (atributo MC) del factor y, cuando la medida tiene componente de restauración —como ocurre con la revegetación dentro de M04—, también su **persistencia** (atributo PE). Esta regla, ya declarada en IV.1.1, es la que sostiene la lectura de los impactos residuales en IV.6.4: los impactos significativos de este proyecto siguen siendo los mismos hechos físicos después de las medidas; lo que cambia es qué tan reparable se vuelve su consecuencia.

Suficiencia medida por las memorias de cálculo aguas arriba (transcrita, no recalculada)

Estas cifras provienen de las memorias de cálculo de erosión, infiltración y carbono, no de este capítulo; se transcriben con su veredicto tal como se reportan (Regla 12).

Tabla 12. Arquitectura de la demostración de suficiencia, por recurso: línea base, magnitud sin medidas, cierre con las medidas comprometidas y regla de suficiencia que decide el veredicto.

Recurso	Escenario 1 — línea base	Escenario 2 — sin medidas	Cierre — con las medidas del proyecto	Regla de suficiencia (artículo 93)	Veredicto
Suelo — erosión hídrica	5.77 ton·año^{-1}	334.51 ton·año^{-1} (+328.74)	Obras M03: 4,948.31 t retenidas frente a 1,643.67 t de impacto, acumulado en 7 años	Azolve entregado al cauce: 38.66 → 0.00 ton·año^{-1}	**Cumple — satisfactorio**
Suelo — erosión eólica	1.92 ton·año^{-1}	180.17 ton·año^{-1} (+178.25)	Obras M03: 974.82 t retenidas frente a 891.26 t de impacto, acumulado en 7 años	Retención acumulada ≥ impacto acumulado	**Cumple**
Agua — recarga	pérdida de 24,298 m³·año^{-1}	194,385 m³ perdidos en el horizonte de 8 años	Recuperación acumulada de 840,374 m³ (margen de +645,989 m³)	Recuperación acumulada ≥ pérdida acumulada	**Cumple — compensado**

Recurso	Escenario 1 — línea base	Escenario 2 — sin medidas	Cierre — con las medidas del proyecto	Regla de suficiencia (artículo 93)	Veredicto
Carbono (sistema {CUSTF + predio de compensación})	934.26 tCO_2e	626.79 tCO_2e (−307.47)	1,292.10 tCO_2e con el predio de compensación restaurado	Escenario con medidas ≥ línea base (existencias)	**Cumple**
Recursos forestales, Flora, Fauna	—	14 de los 19 impactos significativos, recuperabilidad «largo plazo/irrecuperable»	Reforestación de compensación (C-1/M04), verificada 7 años; sin indicador de equivalencia funcional entre lo removido y lo restaurado	No existe, en los insumos disponibles, una magnitud física agregable para un balance neto	**Adverso, no cuantificado en su equivalencia funcional**

Fuente: memorias de cálculo de erosión hídrica y eólica, infiltración y carbono del expediente de cambio de uso de suelo, Anexo F.

Las cuatro primeras filas cierran con un veredicto binario porque suelo, agua y carbono tienen una magnitud física propia —toneladas, metros cúbicos, tCO_2e— que admite sumarse y compararse contra un umbral. La quinta fila no se fuerza a esa misma forma: declararla «cumple» sin una cifra que lo sostenga sería inventar una precisión que este estudio no tiene (Regla 2), y declararla en blanco sería ocultar que el compromiso —la reforestación verificada durante siete años— sí existe y es real, aunque su suficiencia biológica no esté, todavía, cuantificada.

Suelo — erosión hídrica. El cambio de uso de suelo eleva la erosión hídrica del predio de 5.77 a 334.51 ton·año⁻¹, un incremento de 328.74 ton·año⁻¹. Las obras de M03 acumulan, en el horizonte de 7 años, 4,948.31 toneladas frente a un impacto acumulado de 1,643.67 toneladas: **cumple**. El criterio que decide la suficiencia del artículo 93 por esta vía es el balance de azolve entregado al cauce, que pasa de 38.66 a 0.00 ton·año⁻¹: **satisfactorio**.

Suelo — erosión eólica. El incremento por el cambio de uso de suelo es de 178.25 ton·año⁻¹ (de 1.92 a 180.17 ton·año⁻¹ de línea base a escenario sin medidas). Las obras acumulan 974.82 toneladas frente a un impacto de 891.26 toneladas: **se cumple**.

Agua — recarga. La pérdida de recarga por impermeabilización es de 24,298 m³·año⁻¹ (194,385 m³ en el horizonte de 8 años). La recuperación acumulada por las dos vías que la memoria reconoce suma 840,374 m³, con un margen de 645,989 m³ sobre lo perdido: el servicio de recarga queda **compensado**. Una advertencia metodológica que conviene transcribir sin editar: el escenario con medidas que la memoria de cálculo hídrica calcula en sitio cubre únicamente 1.3309 ha —la superficie efectivamente restaurada in situ, el 10.6 % del CUSTF— y no es comparable con la línea base ni con el escenario sin medidas, que sí se calculan sobre el CUSTF completo; no existe, en la memoria disponible, un escenario con medidas del predio completo. La suficiencia del artículo 93 por esta vía se resuelve con el balance de cantidad recuperada frente a la perdida, no con esa comparación en sitio.

Carbono. El sistema {CUSTF + predio de compensación} almacena 934.26 tCO_2e en línea base, cae a 626.79 tCO_2e sin medidas —la diferencia son las 307.47 tCO_2e que libera el cambio de uso de suelo— y alcanza 1,292.10 tCO_2e con el predio de compensación restaurado: **cumple** el criterio de existencias del artículo 93 (Esc3 ≥ Esc1).

Biodiversidad (Flora, Fauna, Recursos forestales). A diferencia de suelo, agua y carbono, la memoria de cálculo no reporta, a la fecha, un indicador cuantitativo de detección de beneficio para estos tres factores: los campos correspondientes de diversidad alfa y beta contexto-foco están vacíos. Esto no significa que M04 no vaya a operar sobre ellos —su indicador de supervivencia y densidad de planta es el compromiso verificable—, sino que el balance de equivalencia funcional entre lo que se remueve y lo que se restaura todavía no tiene, en los insumos de este estudio, una cifra que transcribir. Se declara así en vez de omitirlo.

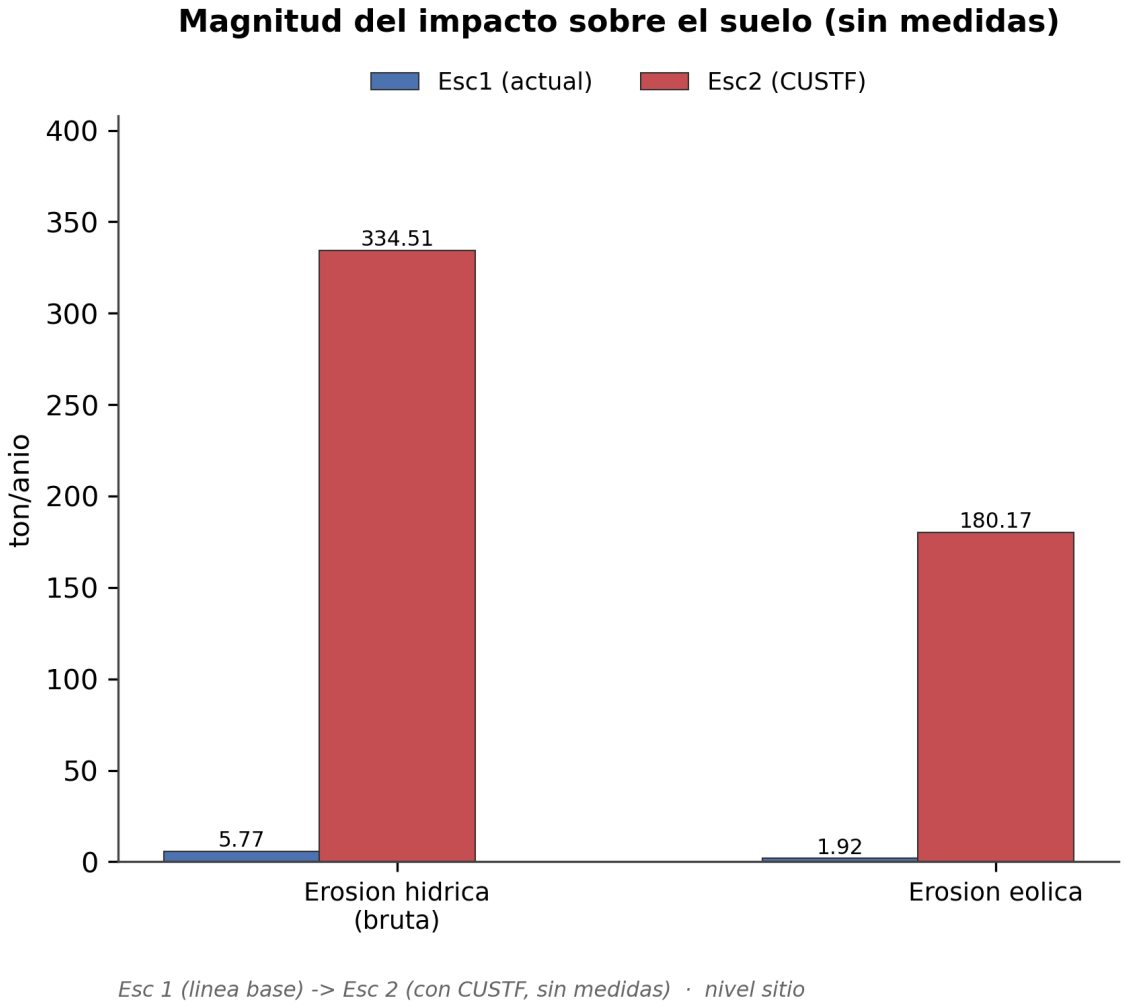


Figura 13. Erosión hídrica y eólica de línea base (Esc1) y con el CUSTF sin medidas (Esc2), a nivel de sitio.
Fuente: memoria de cálculo de erosión hídrica y eólica del expediente de cambio de uso de suelo, Anexo F.

La erosión hídrica crece 58 veces sobre la línea base (5.77 a 334.51 ton·año⁻¹) y la eólica 94 veces (1.92 a 180.17 ton·año⁻¹): es la magnitud bruta que las obras de M03 tienen que cerrar, antes de aplicar ninguna medida.

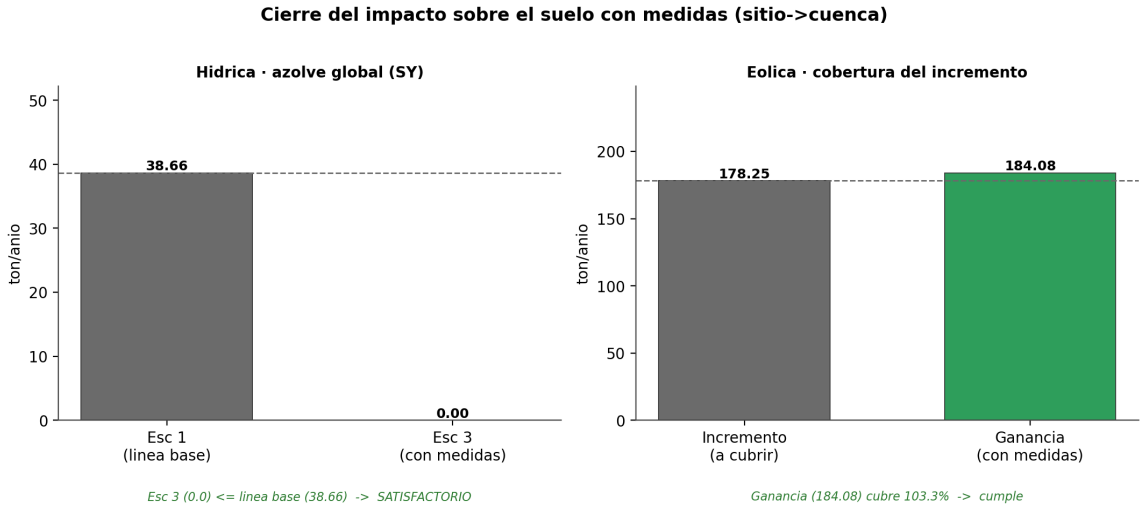


Figura 14. Cierre del balance de suelo: azolve global entregado al cauce (línea base contra con medidas) para la vía hídrica, y cobertura del incremento por la ganancia de las obras para la vía eólica.

Fuente: memoria de cálculo de erosión hídrica y eólica del expediente de cambio de uso de suelo, Anexo F.

La vía hídrica cierra por azolve —no por erosión bruta— porque es el criterio que el artículo 93 evalúa a escala de sistema; la vía eólica, más ajustada (cobertura del 103.3 %), cierra porque el impacto de línea base ya era pequeño, no porque la obra rinda menos.

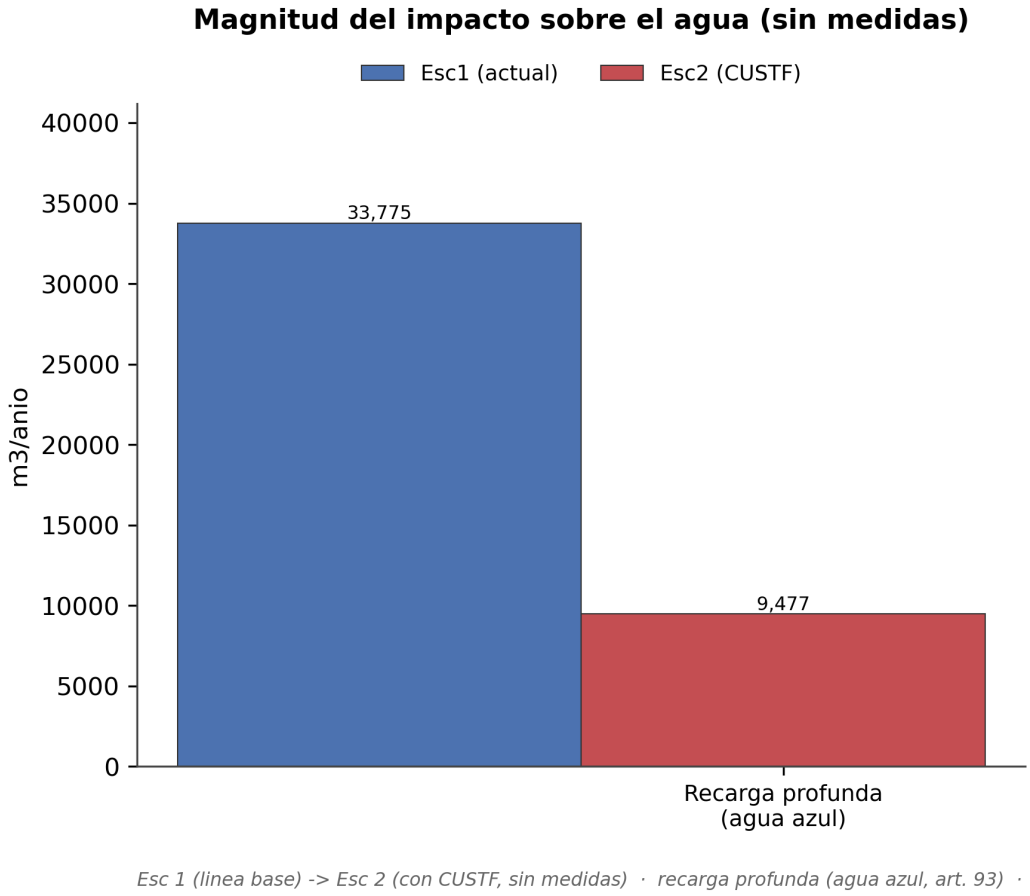


Figura 15. Recarga profunda (agua azul) de línea base y con el CUSTF sin medidas, a nivel de sitio y por año.
Fuente: memoria de cálculo de infiltración del expediente de cambio de uso de suelo, Anexo F.

La recarga anual cae 72 % (33,775 a 9,477 m³·año⁻¹) por la impermeabilización del CUSTF; es la pérdida anual que, acumulada en el horizonte de 8 años, la Tabla 12 compara contra la recuperación de las medidas.

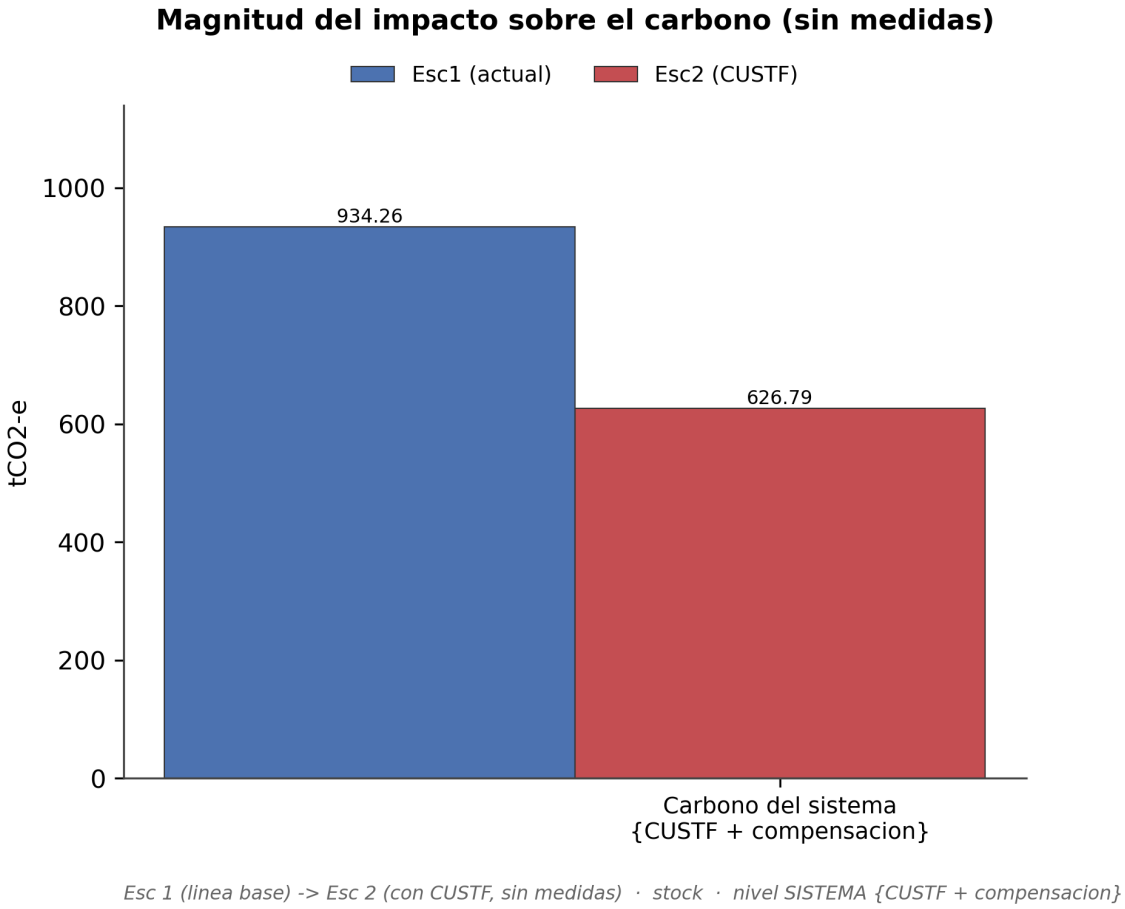


Figura 16. Stock de carbono del sistema {CUSTF + predio de compensación}, línea base contra CUSTF sin medidas.
Fuente: memoria de cálculo de carbono del expediente de cambio de uso de suelo, Anexo F.

El sistema pierde 307.47 tCO_2e —el stock íntegro del CUSTF— sin que el predio de compensación, todavía sin restaurar en este escenario, compense nada.

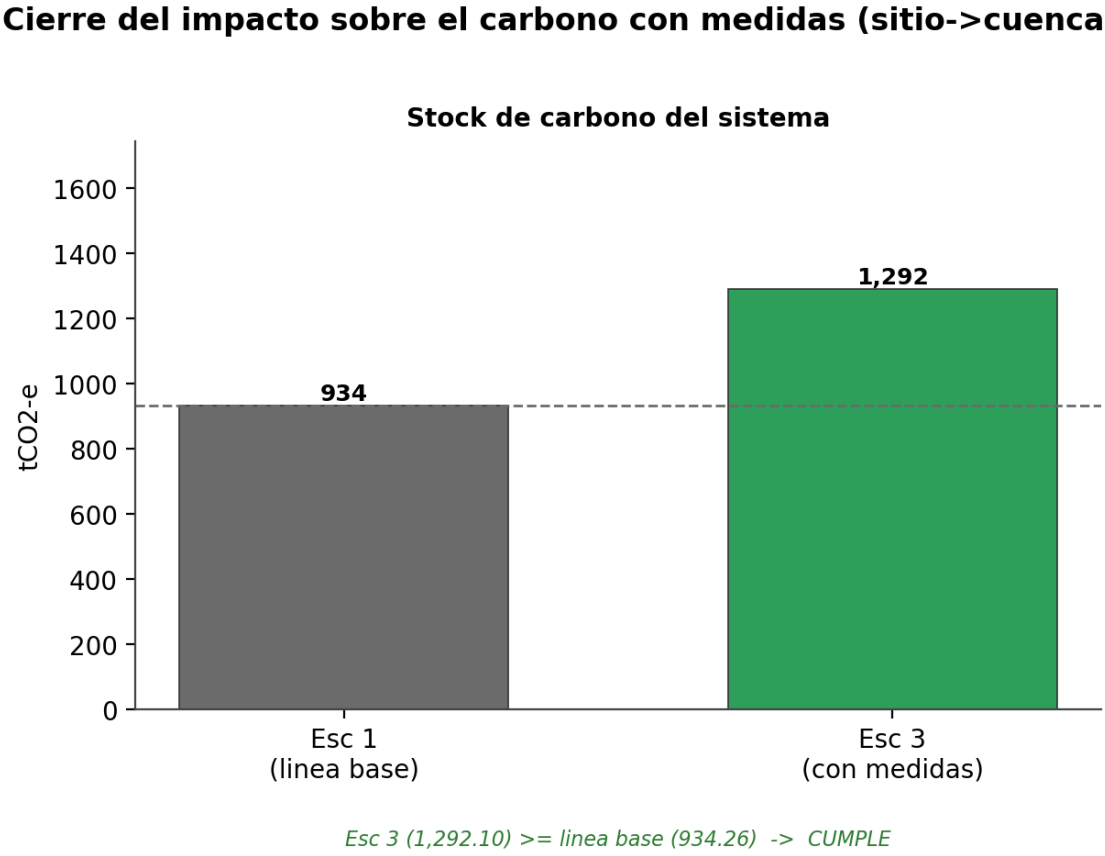


Figura 17. Stock de carbono del sistema {CUSTF + predio de compensación}, línea base contra escenario con el predio de compensación restaurado.

Fuente: memoria de cálculo de carbono del expediente de cambio de uso de suelo, Anexo F.

Frente a la Figura F.18, ésta es la diferencia que hace la reforestación de compensación: el sistema no sólo repone las 307.47 tCO_2e perdidas, las supera en 357.84 tCO_2e sobre la línea base.

Superficie y diseño de las obras

La superficie, la ubicación y el diseño constructivo de las obras que agrega M03 y de la reforestación de C-1/M04 sí están declarados, en la cartera de medidas del proyecto y en la zonificación del predio de compensación: 1,708 terrazas individuales (D = 1.0 m, P = 0.1 m) sobre 1.3309 ha de zona de mitigación in situ; cortina rompevientos de 1,391.0 m en **2 hileras con 1.5 m de separación entre hileras**; mulching sobre 0.9597 ha con el material vegetal del propio desmonte; y 15,163 plantas con sus terrazas asociadas sobre las 43.3217 ha del predio de compensación. El desarrollo completo de C-1 y de R-1 —ubicación, alcance, plazo y parámetros de verificación— se presenta en IV.8; los planos georreferenciados en UTM WGS 84 zona 13 Norte se entregan en el Anexo IV.

Fuentes: cartera de medidas del proyecto; memorias de cálculo de erosión, infiltración y carbono del expediente de cambio de uso de suelo, Anexo F; programa de reforestación y de obras de conservación, Anexos C y D.

IV.5 Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia

Una medida sin indicador es una intención. La diferencia entre ambas cosas es que el indicador permite responder, en una fecha determinada y con un método reproducible, si la medida se ejecutó y si produjo el efecto que justificó su inclusión. Este apartado asigna a cada una de las **trece medidas con partida de costo propia** del proyecto (IV.4) su indicador de cumplimiento, su meta y su frecuencia de verificación; las tres restantes —P-2, P-3 y P-6, sin partida propia— llevan igual su indicador, al final de esta tabla.

La distinción entre **cumplimiento** y **eficacia** organiza la tabla. Un indicador de cumplimiento pregunta si la medida se ejecutó —cuántas jornadas se realizaron, cuántas hectáreas quedaron con obras—. Un indicador de eficacia pregunta si funcionó —qué retención de suelo se logró, qué supervivencia alcanzó la plantación— . Las medidas que establecen vegetación u obra permanente llevan ambos; las de ejecución puntual (delimitación, rescate, manejo de residuos), sólo cumplimiento.

Tabla 13. Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia, trece medidas.

Clave	Medida	Indicador de cumplimiento	Meta	Indicador de eficacia	Frecuencia	Medio de verificación
P-1	Delimitación y señalamiento del polígono	Longitud delimitada y señalizada	3,199.48 m (perímetro del Área del Proyecto)	—	Una vez, antes del desmonte	Recorrido de verificación con registro fotográfico
P-2	Desmonte progresivo por frentes, dirigido hacia la vegetación remanente	Frentes ejecutados en la secuencia programada	100 % de los frentes conforme a programa	Fauna desplazada por sí misma antes del derribo de cada frente	Por frente	Bitácora de obra y de manejo de fauna
P-3	Conservación de las Áreas de Restricción Pluvial y de Talud como superficie no edificable	Superficie no edificable respetada	100 % de las áreas declaradas en la zonificación	—	Al cierre de cada etapa	Recorrido de verificación con registro fotográfico

Clave	Medida	Indicador de cumplimiento	Meta	Indicador de eficacia	Frecuencia	Medio de verificación
P-4	Manejo de residuos, sanitarios y control de derrames	Lotes de residuos retirados; sanitarios en servicio	1 lote de retiro de residuos de obra; 3 sanitarios portátiles durante los 24 meses de preparación del sitio y 8 durante los 60 meses de construcción, a razón de uno por cada diez trabajadores (Capítulo I, apartado I.5.2)	—	Mensual	Manifiesto de disposición de residuos
P-5	Riego de superficies descubiertas y cubrimiento de cargas	Meses de riego activo	24 meses (preparación del sitio)	—	Diaria en frentes activos	Bitácora de obra
P-6	Conexión de las descargas sanitarias a la red municipal	Viviendas conectadas a la red municipal	100 % de las viviendas	Ausencia de descarga a suelo o cuerpo receptor	Previo a la ocupación de cada etapa	Constancia de conexión de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado
M-1	Rescate y reubicación de flora	Jornadas-cuadrilla ejecutadas; individuos extraídos y reubicados	243.52 jornadas-cuadrilla; 6,088 individuos	Supervivencia de la planta rescatada (%)	Antes del derribo; supervivencia semestral los primeros 3 años	Bitácora de rescate y sitios de reubicación georreferenciados, Anexo A
M-2	Ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna	Brigada-jornadas ejecutadas	26 brigada-jornadas sobre 12.5570 ha del CUSTF	Especies del protocolo manejadas sin mortalidad	Antes y durante el desmonte	Bitácora de manejo de fauna, Anexo B
M-3	Mulching y acomodo del material vegetal	Superficie con mulch establecido	0.9597 ha, espesor 0.05 m, cobertura ≥ 80 %	Cobertura de mulch alcanzada (%)	Al término del desmonte; verificación semestral	Recorrido de verificación con registro fotográfico
M-4	Cortina rompevientos perimetral	Longitud de cortina establecida	1,391.0 m	Supervivencia de la planta de la cortina (%)	Semestral los primeros 3 años	Recorrido de verificación con registro fotográfico

Clave	Medida	Indicador de cumplimiento	Meta	Indicador de eficacia	Frecuencia	Medio de verificación
M-5	Terrazas individuales en la zona de mitigación in situ	Terrazas construidas	1,708 piezas sobre 1.3309 ha	Retención de suelo lograda (ton·año⁻¹)	Anual, dentro del plazo de 7 años	Levantamiento de campo georreferenciado, UTM WGS 84 zona 13 Norte
M-6	Conservación y reintegración del suelo despalmado	Volumen de suelo reincorporado	11,556 m³	—	Al término de cada frente	Bitácora de movimiento de tierras
M-7	Control de emisiones y de ruido	Campañas de sonometría; unidades verificadas	20 campañas trimestrales; 3 unidades de la flota (los 2 camiones de volteo y el camión pipa, único inventario que circula por vía pública, Capítulo I, apartado I.5.2)	Nivel sonoro perimetral dentro del límite normativo	Trimestral, 60 meses	Reporte de sonometría
C-1	Reforestación del predio de compensación	Superficie reforestada; densidad establecida	43.3217 ha; 15,163 plantas (350 ind/ha)	Supervivencia de la planta establecida (%)	Semestral los primeros 3 años; anual del 4.º al 7.º	Sitios de muestreo permanentes, UTM WGS 84 zona 13 Norte, e informe anual de supervivencia
R-1	Restauración de superficies de afectación temporal	Superficie revegetada; densidad establecida	1.3311 ha; 1,708 plantas (1,283 ind/ha)	Cobertura vegetal alcanzada (%)	Semestral los primeros 3 años	Transectos de cobertura y reporte fotográfico desde puntos fijos
PVA	Programa de Vigilancia Ambiental	Informes de supervisión entregados	2 responsivas semestrales (año 1) + 12 semestrales (años 2–7) + 7 informes anuales	% de cumplimiento verificado de las doce medidas anteriores	Semestral y anual, 7 años	Informes de supervisión ambiental integrados al expediente

Fuente: cartera de medidas del proyecto y memoria de cálculo de costos (IV.9).

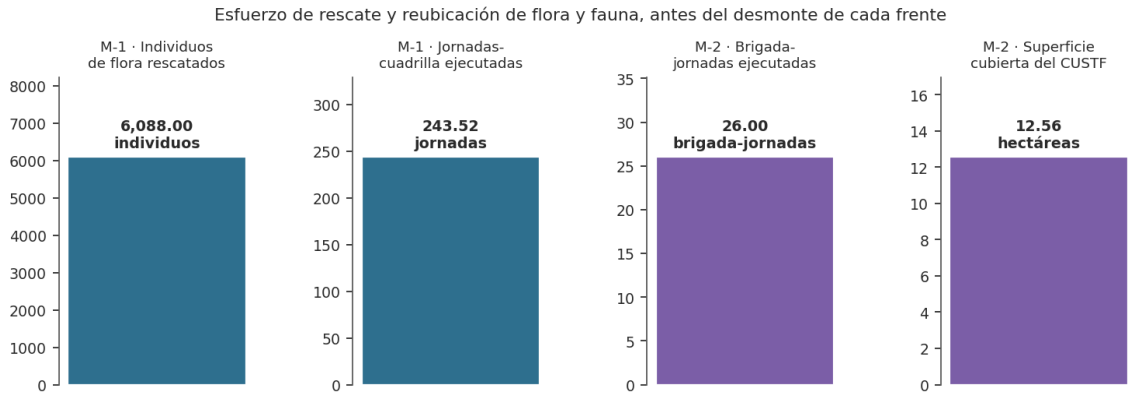


Figura 18. Individuos de flora rescatados y jornadas-cuadrilla de M-1; brigada-jornadas y superficie del CUSTF cubierta por M-2.

Fuente: cartera de medidas del proyecto, programas de rescate de flora y de fauna, Anexos A y B.

Los dos programas de rescate se miden en unidades distintas porque atienden objetos distintos: M-1 cuenta individuos porque su compromiso es con cada planta que se traslada, y M-2 cuenta brigada-jornadas porque su compromiso es con la cobertura del recorrido de ahuyentamiento antes de cada frente, no con un conteo de ejemplares que la fauna móvil no permite fijar de antemano. Las 26 brigada-jornadas de M-2 cubren la totalidad de las 12.5570 ha del CUSTF, frente por frente; las 243.52 jornadas-cuadrilla de M-1 son casi diez veces más porque el rescate de flora —extracción, traslado y reubicación de cada individuo— es una operación más lenta que el recorrido de ahuyentamiento.

Las metas numéricas de la tabla provienen de la cartera de medidas del proyecto y de la memoria de cálculo de costos (IV.9), y del programa de obra y el inventario de maquinaria y transporte del Capítulo I (apartado I.5.2), de donde salen el número de trabajadores por etapa —30 en preparación, 80 en construcción— y de flota que circula por vía pública —2 camiones de volteo y 1 camión pipa—; ninguna se estima en este apartado.

Responsable de cada medida. El responsable técnico de cada medida —biólogo, ingeniero forestal o responsable de obra, según corresponda— será designado por el promovente e incorporado al Programa de Vigilancia Ambiental antes del inicio de la etapa de construcción.

Umbrales que disparan medidas correctivas

Tabla 14. Umbrales que disparan una medida correctiva y corrección que corresponde a cada uno.

Indicador que no alcanza su meta	Medida correctiva
Individuos de flora u obras de M-1/M-3/M-4/M-5 por debajo de la meta comprometida	Complemento de la partida faltante antes del cierre de la temporada de lluvias siguiente
Especies de fauna manejadas con mortalidad (M-2) o supervivencia de plantación por debajo de la meta (M-4, C-1, R-1)	Revisión del protocolo de manejo o de la técnica y especie de plantación en los sitios de mayor mortalidad, con reposición en la siguiente temporada de lluvias
Nivel sonoro fuera del límite normativo (M-7)	Ajuste operativo de la maquinaria y, de persistir, restricción del equipo que lo genera

Indicador que no alcanza su meta	Medida correctiva
Informes de supervisión del PVA no entregados en la periodicidad comprometida	Regularización inmediata de la entrega y, de persistir, escalamiento a la autoridad conforme al Programa de Vigilancia Ambiental

Fuente: cartera de medidas del proyecto e indicadores de cumplimiento y eficacia de la Tabla 13.

Métodos de cálculo de los indicadores

Los métodos de cálculo de cada indicador —diseño de los sitios de muestreo permanentes, protocolo de manejo de fauna, procedimiento de verificación de las obras— se detallan en los programas de manejo que respaldan cada medida: Anexos A, B, C, D y L.

> **Fuentes:** cartera de medidas del proyecto; memoria de cálculo de costos (IV.9); memorias de cálculo de erosión, infiltración y carbono, Anexo F; programas de rescate, reforestación y conservación, Anexos A, B, C y D.

IV.6 Análisis de impactos significativos, acumulativos, sinérgicos y residuales

Los cuatro adjetivos que dan nombre a este apartado no describen cuatro conjuntos separados de impactos: describen cuatro preguntas distintas que se le hacen al mismo conjunto de **106 interacciones adversas aplicables** a este proyecto (IV.3.1). Confundirlos produce el error más frecuente en este capítulo, que es presentar cuatro listas parcialmente repetidas como si fueran hallazgos independientes.

Las preguntas son estas. **¿Cuáles pesan lo suficiente para exigir atención específica?** —los significativos, IV.6.1—. **¿Cuáles se suman a un deterioro que la Región Ecológica ya presenta?** —los acumulativos, IV.6.2—. **¿Cuáles se refuerzan entre sí porque dos acciones concurren sobre el mismo factor?** —los sinérgicos, IV.6.3—. **¿Qué queda después de aplicar las medidas?** —los residuales, IV.6.4—. Un mismo impacto puede responder afirmativamente a varias de las cuatro, y varios lo hacen.

Las 106 aplicables son parte del catálogo general de 125 interacciones activas que la memoria de cálculo de la valoración de impactos produce para el ciclo completo de un proyecto de este tipo; las 19 restantes —10 adversas y las 9 únicas benéficas del catálogo— corresponden a una etapa de cierre y desmantelamiento que este proyecto no ejecuta (IV.1, IV.3.1) y quedan fuera del alcance de este capítulo, como se precisa en IV.6.5. El apartado cierra con un resumen ejecutivo (IV.6.5) que reúne el resultado de las cuatro preguntas en una sola lectura.

IV.6.1 Significativos

Diecinueve de las ciento seis interacciones adversas aplicables (IV.3.1) alcanzan el umbral de significancia ($|I| \geq 50$), y se clasifican como Severas. Ninguna alcanza la clase Crítica. Las diecinueve ocurren en la etapa de **preparación del sitio**: ninguna en construcción, ninguna en operación, y ninguna en la etapa de cierre y desmantelamiento que el catálogo genérico de la memoria de cálculo contempla pero que este proyecto no declara (IV.1 de este capítulo y el Capítulo I no describen desmantelamiento de la infraestructura habitacional; ver la nota de alcance en IV.6.5). Es, en sí mismo, un hallazgo de gestión: la vigilancia ambiental debe concentrarse en los primeros meses del proyecto.

Los diecinueve se concentran en **cinco factores**: Suelo, Recursos forestales, Flora, Fauna y Carbono/servicios —los cuatro que el estándar sustantivo del artículo 93 de la Ley General de Desarrollo

Forestal Sustentable nombra expresamente, más Flora y Fauna como componentes biológicos del mismo cambio de uso de suelo—. Un chequeo independiente por criterios múltiples (método de Canter, con el umbral en tres de ocho criterios) confirma la misma lista de factores y añade dos más —Agua y Ruido ambiental— que no cruzan el umbral numérico de ningún impacto individual pero acumulan suficientes criterios cualitativos como para no perderlos de vista; ese chequeo se reporta como una referencia complementaria y no cambia el conteo de diecinueve, que es el que fija el umbral de Conesa.

Tabla 15. Impactos ambientales significativos del proyecto, agrupados por factor.

`impacto_id`	Acción (preparación del sitio)	Factor	I	Recuperabilidad (MC) sin medidas
`IMP-024`	Apertura de accesos y brechas	Suelo	−68	2 (mediano plazo)
`IMP-035`	Derribo de la vegetación	Suelo	−68	2 (mediano plazo)
`IMP-090`	Despalme/remoción del horizonte orgánico del suelo	Suelo	−68	2 (mediano plazo)
`IMP-079`	Extracción/arrime de material vegetal	Suelo	−56	2 (mediano plazo)
`IMP-101`	Tránsito y operación de maquinaria	Suelo	−56	2 (mediano plazo)
`IMP-034`	Derribo de la vegetación	Recursos forestales	−64	4 (largo plazo/irrecuperable)
`IMP-089`	Despalme/remoción del horizonte orgánico del suelo	Recursos forestales	−64	4 (largo plazo/irrecuperable)
`IMP-045`	Despunte	Recursos forestales	−52	4 (largo plazo/irrecuperable)
`IMP-056`	Desrame	Recursos forestales	−52	4 (largo plazo/irrecuperable)
`IMP-067`	Troceo	Recursos forestales	−52	4 (largo plazo/irrecuperable)
`IMP-078`	Extracción/arrime de material vegetal	Recursos forestales	−52	4 (largo plazo/irrecuperable)
`IMP-029`	Apertura de accesos y brechas	Flora	−52	4 (largo plazo/irrecuperable)
`IMP-040`	Derribo de la vegetación	Flora	−52	4 (largo plazo/irrecuperable)
`IMP-095`	Despalme/remoción del horizonte orgánico del suelo	Flora	−52	4 (largo plazo/irrecuperable)

`impacto_id`	Acción (preparación del sitio)	Factor	I	Recuperabilidad (MC) sin medidas
`IMP-030`	Apertura de accesos y brechas	Fauna	−52	4 (largo plazo/irrecuperable)
`IMP-041`	Derribo de la vegetación	Fauna	−52	4 (largo plazo/irrecuperable)
`IMP-096`	Despalme/remoción del horizonte orgánico del suelo	Fauna	−52	4 (largo plazo/irrecuperable)
`IMP-042`	Derribo de la vegetación	Carbono/servicios	−53	2 (mediano plazo)
`IMP-097`	Despalme/remoción del horizonte orgánico del suelo	Carbono/servicios	−53	2 (mediano plazo)

Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos (método de Conesa), Anexo F.

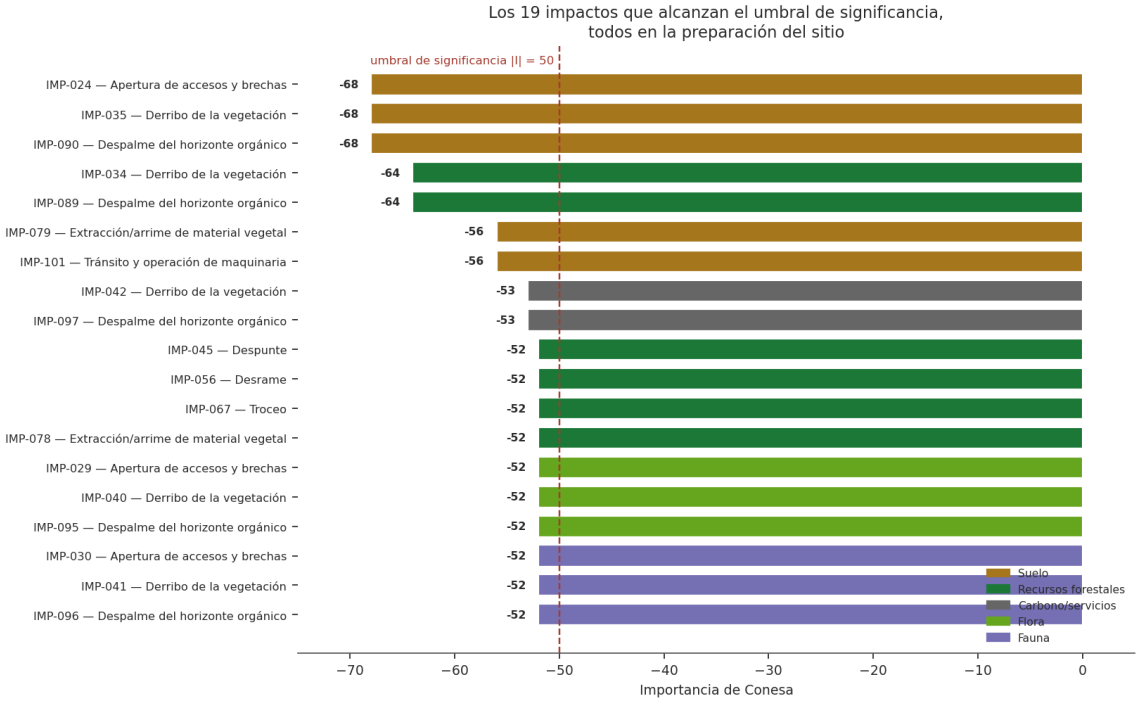


Figura 19. Importancia de los 19 impactos significativos, ordenados de mayor a menor y coloreados por factor.
Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos (método de Conesa), Anexo F.

Los tres impactos de mayor importancia —apertura de accesos, derribo de la vegetación y despalme, los tres sobre Suelo con I = −68— comparten la misma acción física de fondo: son el punto en que la preparación del sitio deja el perfil edáfico sin cobertura ni horizonte orgánico. El resto de la escala desciende de forma escalonada, no gradual: Recursos forestales ocupa el siguiente peldaño (−64 y −52), y Flora, Fauna y Carbono/servicios convergen en un mismo valor, −52 y −53, porque describen el mismo hecho —remoción de biomasa— medido sobre tres factores distintos.

Por qué cada grupo alcanza el umbral

Suelo (5 impactos, entre −56 y −68). Comparten intensidad alta (intensidad total o muy alta según la acción), extensión parcial, persistencia y reversibilidad permanentes, y son el único grupo del proyecto en el que aparecen a la vez acumulación declarada y sinergia declarada (IV.6.2 e IV.6.3): la apertura de accesos, el derribo, el despalme, la extracción de material y el tránsito de maquinaria concurren, en secuencia, sobre el mismo perfil edáfico. Su recuperabilidad sin medidas es de mediano plazo —la mejor de los cinco grupos significativos— porque, a diferencia de la biomasa, el suelo admite una obra de conservación in situ: es el factor que atiende M03.

Recursos forestales (6 impactos, entre −52 y −64). Es el único factor del proyecto en el que el 100 % de los impactos adversos resulta significativo: sus seis interacciones son todas Severas y ninguna es Moderada. La intensidad es máxima o casi máxima sobre una extensión puntual, pero con reversibilidad nula y, sin medidas, recuperabilidad irrecuperable a largo plazo: no existe una obra de conservación in situ que repare la pérdida de biomasa forestal en el punto donde ocurre, y es la reforestación del predio de compensación (C-1/M04) la que repone la función que se pierde.

Flora (3 impactos, −52 cada uno). Comparte el mismo patrón de atributos que Recursos forestales, porque describe el mismo hecho físico —pérdida de individuos y de cobertura por la apertura de accesos, el derribo y el despalme— medido sobre el factor biológico. El proyecto atiende este grupo por dos vías: el programa de rescate y reubicación de flora (M-1, Anexo A) traslada los individuos antes del derribo, y la reforestación del predio de compensación (C-1/M04) repone la cobertura. Sólo el efecto de C-1/M04 quedó anclado en la valoración de Conesa de este estudio (IV.4); el de M-1 es igualmente real y verificable por su propio indicador (IV.5), aunque el índice de Conesa no lo exprese.

Fauna (3 impactos, −52 cada uno). Mismo patrón que Flora: el programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna (M-2, Anexo B) atiende el desplazamiento de los individuos antes del derribo, y la reforestación de compensación (C-1/M04) repone el hábitat. Igual que en Flora, sólo el efecto de C-1/M04 se reflejó en el índice de esta valoración.

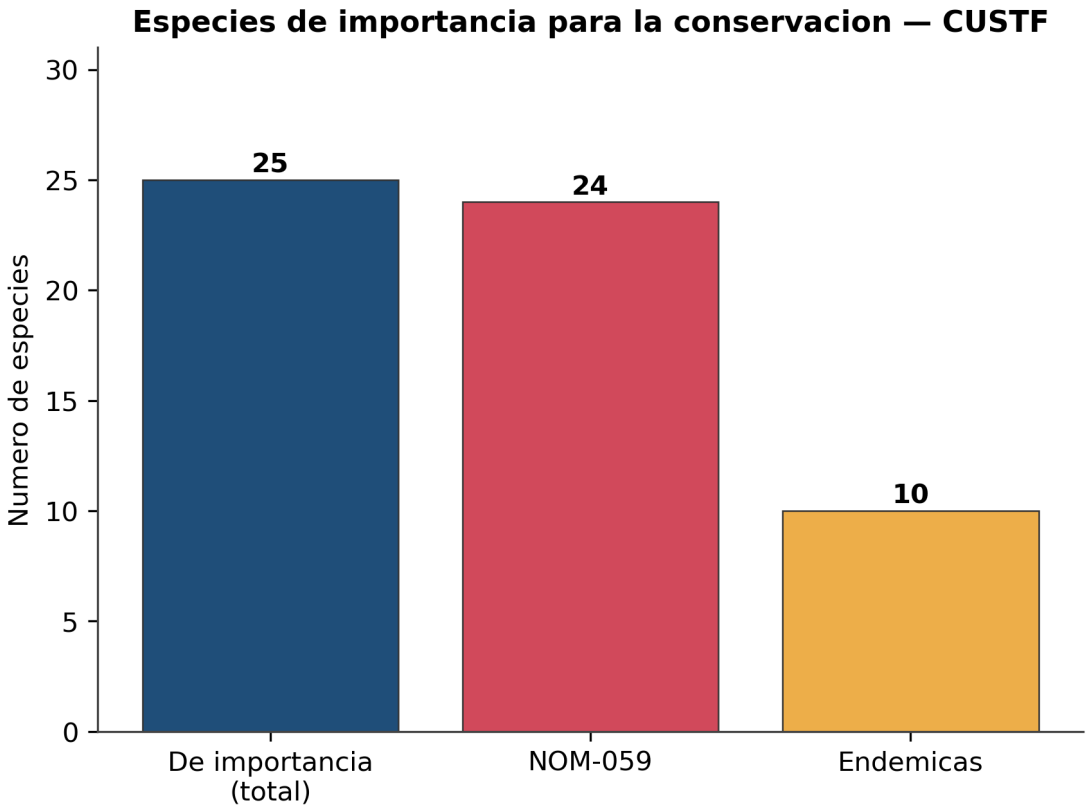


Figura 20. Especies con estatus de conservación cuya presencia se registra dentro del polígono sujeto a cambio de uso de suelo.

Fuente: caracterización de flora y fauna del proyecto, Anexo A/B.

De las 25 especies con estatus que inciden en el CUSTF, 24 están en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y 10 son endémicas —los dos subconjuntos se traslapan con el total, no se suman a él—. Esta es la base que eleva la sensibilidad de Flora y Fauna por encima de lo que su sola Importancia de Conesa exigiría, y la que justifica que el proyecto comprometa un programa de rescate dedicado (M-1, M-2) además de la reforestación de compensación que sí entra al índice.

Carbono/servicios (2 impactos, −53 cada uno). Es el único de los cinco grupos con extensión que supera el ámbito puntual y con sinergia declarada: el derribo y el despalme no liberan carbono de forma aislada, sino que ambas acciones retiran biomasa y materia orgánica sobre el mismo balance atmosférico y el efecto se refuerza. Su recuperabilidad sin medidas es de mediano plazo, mejor que la de Flora, Fauna y Recursos forestales, de forma consistente con que la memoria de cálculo de carbono sí detecta una recuperación de existencias por la reforestación del predio de compensación (1,292.10 tCO_2e frente a 934.26 tCO_2e de línea base).

Cierre por grupo significativo

El grupo Suelo se cierra con las obras de conservación de suelo y agua (M03, que agrega M-3/M-4/M-5/M-6 de IV.4) y su verificación bajo el Programa de Vigilancia Ambiental. Los grupos Recursos forestales, Flora, Fauna y Carbono/servicios —catorce de los diecinueve impactos significativos— se atienden con la reforestación del predio de compensación (C-1/M04) y, en Flora y Fauna, además con los programas de rescate (M-1, M-2); todos quedan sujetos a la verificación del Programa de Vigilancia Ambiental. Ninguno de los diecinueve queda sin al menos una medida asociada; el detalle de qué proporción de ellos deja de ser significativo tras aplicar las medidas se desarrolla en IV.6.4.

> **Fuentes:** memoria de cálculo de la valoración de impactos ambientales (método de Conesa) del expediente de cambio de uso de suelo, Anexo F; hoja de atributos y clasificación de IV.3.2.

IV.6.2 Acumulativos

Un impacto es acumulativo cuando el efecto del proyecto no se agota en sí mismo: se suma, acción sobre acción, sobre un mismo receptor que ya venía deteriorándose. En la valoración de Conesa ese refuerzo se declara en el atributo de acumulación (AC), y en este proyecto se concentra donde el criterio lo exige, no donde una lectura laxa lo extendería a todo el catálogo.

Seis de las ciento seis interacciones adversas aplicables (IV.3.1) llevan acumulación declarada, y las seis recaen sobre el mismo factor: **Suelo**. Ninguna otra interacción del proyecto —ni las que afectan Agua, Flora, Fauna, Carbono, Aire o Ruido— lleva acumulación declarada, aunque varias de ellas tengan también una problemática regional detrás (IV.2). La razón no es que esos otros factores carezcan de contexto regional, sino que el atributo de acumulación describe algo más específico: si las propias acciones del proyecto se refuerzan entre sí, turno tras turno, sobre el mismo receptor. Ese refuerzo directo entre acciones del proyecto sólo se detectó, con trazabilidad, sobre el suelo.

Tabla 16. Interacciones adversas con acumulación declarada (AC = 4).

`impacto_id`	Acción	Factor	I	Clase
`IMP-024`	Apertura de accesos y brechas	Suelo	−68	Severo
`IMP-035`	Derribo de la vegetación	Suelo	−68	Severo
`IMP-090`	Despalme/remoción del horizonte orgánico del suelo	Suelo	−68	Severo
`IMP-079`	Extracción/arrime de material vegetal	Suelo	−56	Severo
`IMP-101`	Tránsito y operación de maquinaria	Suelo	−56	Severo
`IMP-112`	Acopio temporal de material vegetal	Suelo	−40	Moderado

Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos (método de Conesa), Anexo F.

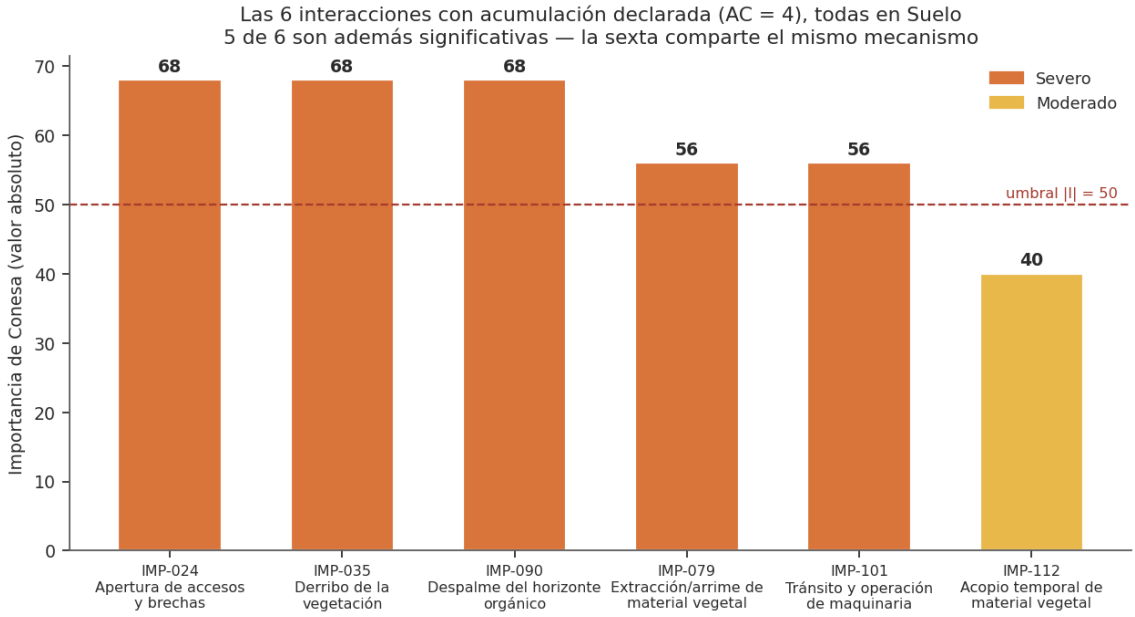


Figura 21. Importancia de las 6 interacciones con acumulación declarada (AC = 4), todas sobre el factor Suelo.
Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos (método de Conesa), Anexo F.

Cinco de los seis son, además, significativos (IV.6.1): son el mismo grupo de impactos visto desde dos preguntas distintas, no dos hallazgos independientes. El sexto —el acopio temporal de material vegetal— no cruza el umbral de significancia por sí solo, pero comparte el mismo mecanismo de acumulación que los otros cinco.

Por qué se acumulan, y sobre qué

El suelo del predio ya erosiona antes de que el proyecto intervenga: la línea base es de 5.77 ton·año⁻¹ por vía hídrica y 1.92 ton·año⁻¹ por vía eólica (memoria de cálculo de erosión, Anexo F). El cambio de uso de suelo no introduce un evento aislado sobre esa condición: la apertura de accesos, el derribo de la vegetación, el despalme del horizonte orgánico, la extracción y arrime del material y el tránsito de la maquinaria se ejecutan en secuencia sobre la misma superficie durante toda la preparación del sitio, y cada acción deja el perfil edáfico más expuesto para la siguiente. El resultado medido de esa secuencia —no de una sola acción— es el incremento de 328.74 ton·año⁻¹ por vía hídrica y 178.25 ton·año⁻¹ por vía eólica que se reporta en IV.6.4. Esa es la problemática que el atributo de acumulación describe: no un dato adicional de la Región Ecológica, sino el hecho de que el proyecto mismo construye, acción sobre acción, la magnitud del impacto que después hay que reponer.

La Región Ecológica, por su parte, presenta —según la caracterización que IV.2 desarrolla— una condición de degradación edáfica que antecede al proyecto. La afectación de este proyecto se suma a esa condición regional en el sentido más amplio del término, pero el atributo de acumulación de la valoración de Conesa no mide esa suma regional: mide el refuerzo entre las propias acciones del proyecto, y ese refuerzo es el que las seis filas de la tabla anterior documentan.

Lo que las medidas oponen a esta acumulación

M03 —obras de conservación de suelo y agua— es la medida que responde directamente al grupo acumulativo: acumula 4,948.31 toneladas de retención hídrica frente a un impacto de 1,643.67 toneladas, y 974.82 toneladas de retención eólica frente a un impacto de 891.26 toneladas, en el horizonte de 7 años (IV.4). Los dos veredictos de suficiencia del artículo 93 por esta vía son favorables. Lo que la medida no puede hacer —y no pretende hacerlo— es evitar que las seis acciones concurran sobre el mismo suelo durante la preparación del sitio: sólo puede compensar, con una obra que actúa después, el efecto acumulado que esa concurrencia produce.

> **Fuentes:** memoria de cálculo de la valoración de impactos ambientales (método de Conesa), Anexo F; memoria de cálculo de erosión hídrica y eólica del expediente de cambio de uso de suelo, Anexo F.

IV.6.3 Sinérgicos

La sinergia no se evalúa como una lista aparte de impactos, porque no lo es. Es el atributo SI de cada interacción, que expresa si el efecto de una acción se refuerza con el de otra que incide sobre el mismo factor, de modo que el resultado conjunto supera a la suma de los efectos por separado. Ese atributo ya está contabilizado en la importancia de cada renglón de la tabla maestra (IV.1). Lo que corresponde aquí es explicar de dónde sale: qué acciones concurren sobre qué factor y por qué esa concurrencia se refuerza.

Doce de las ciento seis interacciones adversas aplicables (IV.3.1) llevan sinergia declarada, todas en el grado intermedio de la escala (SI = 2, «sinérgico»); el proyecto no registra ningún impacto en el grado más alto de la escala («muy sinérgico»). Las doce se concentran en tres factores.

Tabla 17. Concurrencia de acciones sobre un mismo factor ambiental.

Factor receptor	Acciones que concurren	Impactos	Mecanismo del refuerzo
Suelo	Apertura de accesos y brechas, derribo de la vegetación, extracción/arrime de material vegetal, despalme del horizonte orgánico, tránsito y operación de maquinaria, acopio temporal de material vegetal	`IMP-024`, `IMP-035`, `IMP-079`, `IMP-090`, `IMP-101`, `IMP-112`	Seis acciones de remoción, transporte y tránsito se ejecutan en secuencia sobre el mismo perfil edáfico durante toda la preparación del sitio; cada una deja el suelo más expuesto para la siguiente, y es el mismo grupo que concentra la acumulación (IV.6.2)
Agua	Derribo de la vegetación, despalme del horizonte orgánico del suelo	`IMP-036`, `IMP-091`	Ambas acciones reducen, en secuencia inmediata, la intercepción por el dosel y la capacidad de infiltración del suelo sobre el mismo balance de recarga

Factor receptor	Acciones que concurren	Impactos	Mecanismo del refuerzo
Carbono/servicios	Derribo de la vegetación, despunte, desrame, despalme del horizonte orgánico del suelo	`IMP-042`, `IMP-053`, `IMP-064`, `IMP-097`	Cuatro acciones retiran biomasa y materia orgánica en secuencia sobre el mismo stock de carbono, y su efecto se acumula sobre el mismo balance atmosférico en lugar de sumarse de manera independiente

Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos (método de Conesa), Anexo F.

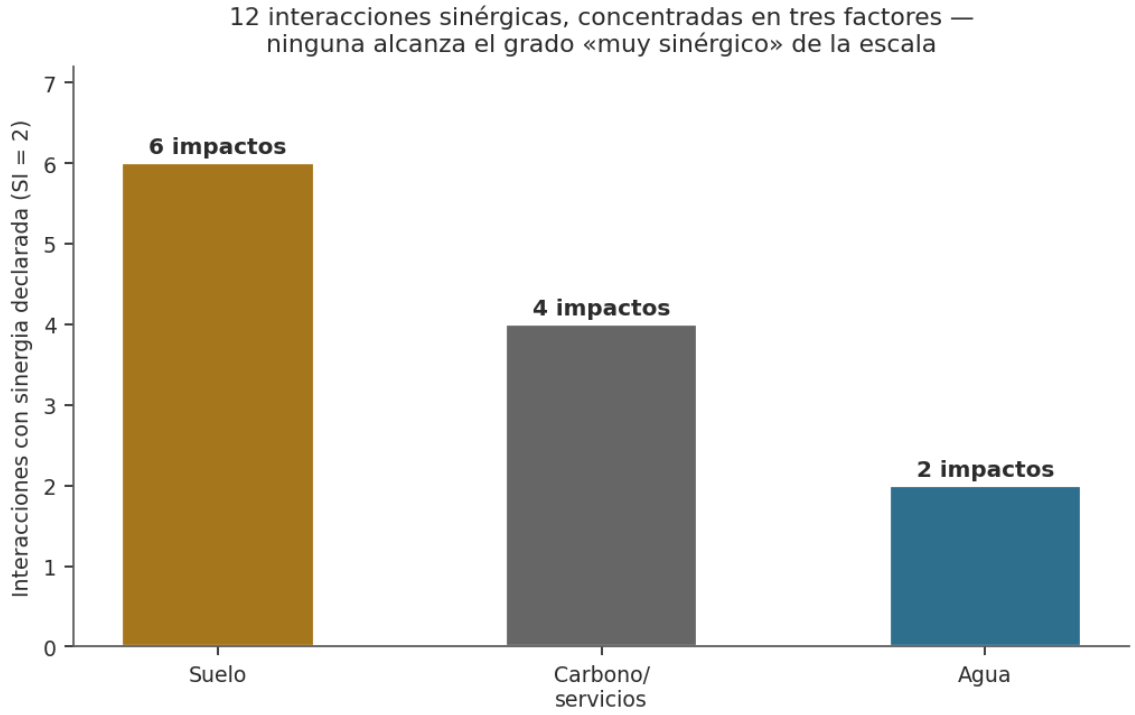


Figura 22. Número de interacciones con sinergia declarada (SI = 2), por factor receptor.

Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos (método de Conesa), Anexo F.

Suelo concentra el doble de interacciones sinérgicas que Carbono/servicios y el triple que Agua, y el orden no es casual: coincide con el número de acciones de la preparación del sitio que inciden sobre cada factor —seis sobre el perfil edáfico, cuatro sobre el balance de carbono, dos sobre la recarga—. La sinergia, igual que la acumulación de IV.6.2, no añade un impacto nuevo a la cuenta: describe por qué los que ya están en la tabla maestra alcanzan la magnitud que alcanzan.

Las interacciones sin sinergismo, y por qué

Noventa y cuatro de las ciento seis interacciones adversas aplicables se declaran de efecto simple (SI = 1). La mayoría corresponde a factores —Aire/atmósfera, Ruido ambiental, Paisaje, Relieve/geomorfología, Microclima— cuyas acciones no comparten, en la valoración de este proyecto, un mecanismo físico de refuerzo con otra acción sobre el mismo receptor: son efectos que se suman en el tiempo sin reforzarse entre

sí. Declararlas sin sinergismo no es una omisión: es lo que impide que el índice de importancia se infle de manera uniforme y pierda su capacidad de discriminar cuáles interacciones sí concurren.

Lo que la lectura de sinergia aporta a las medidas

Las dos concurrencias más numerosas —Suelo y Carbono/servicios— son también las que sostienen, en IV.6.1, la justificación de nueve de los diecinueve impactos significativos. No es una coincidencia: la sinergia describe por qué esos impactos alcanzan la magnitud que alcanzan, y las medidas que los atienden —M03 para el suelo, M04 para el carbono— son las mismas que IV.6.1 identifica como las únicas disponibles. La concurrencia sobre Agua, en cambio, no tiene una medida dedicada más allá de las obras de conservación de M03; se deja señalada aquí para que la verificación de M05 la tenga presente.

> **Fuentes:** memoria de cálculo de la valoración de impactos ambientales (método de Conesa), Anexo F; hoja de atributos y clasificación de IV.3.2.

IV.6.4 Residuales

El impacto residual es el que persiste después de aplicar las medidas. Su cálculo obedece a la regla ya enunciada en IV.4: **la medida no cambia la naturaleza, la intensidad ni la extensión del impacto**. Lo que M03 y M04 modifican es la recuperabilidad del factor y, cuando corresponde, su persistencia. La consecuencia de esa regla es que la importancia residual se mueve poco, aunque el número de impactos que dejan de ser significativos sí sea considerable. Ese resultado no se disimula ni se ajusta para que luzca mejor: se publica y se explica.

Tabla 18. Distribución de las interacciones adversas por clase, sin medidas y con medidas (residual). Universo de 106 —las 116 interacciones adversas del catálogo general de la valoración de impactos, excluidas las 10 de una etapa de cierre que este proyecto no ejecuta (IV.3.1)—.

Clase	Sin medidas	Residual (con medidas)
Compatible	4	4
Moderado	83	93
Severo	19	9
Crítico	0	0
Total	**106**	**106**

Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos (método de Conesa), Anexo F.

Diez de los diecinueve impactos significativos dejan de serlo y pasan a la clase Moderado tras aplicar las medidas; los otros nueve conservan su clase Severa. Ninguno sube de clase y ninguno era ni queda en la clase Crítica.

Tabla 19. Importancia agregada de las 106 interacciones adversas aplicables, sin medidas y residual.

Medida	Sin medidas	Residual	Reducción
Suma de \	I\	de los 106 impactos adversos	4,098

Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos (método de Conesa), Anexo F.

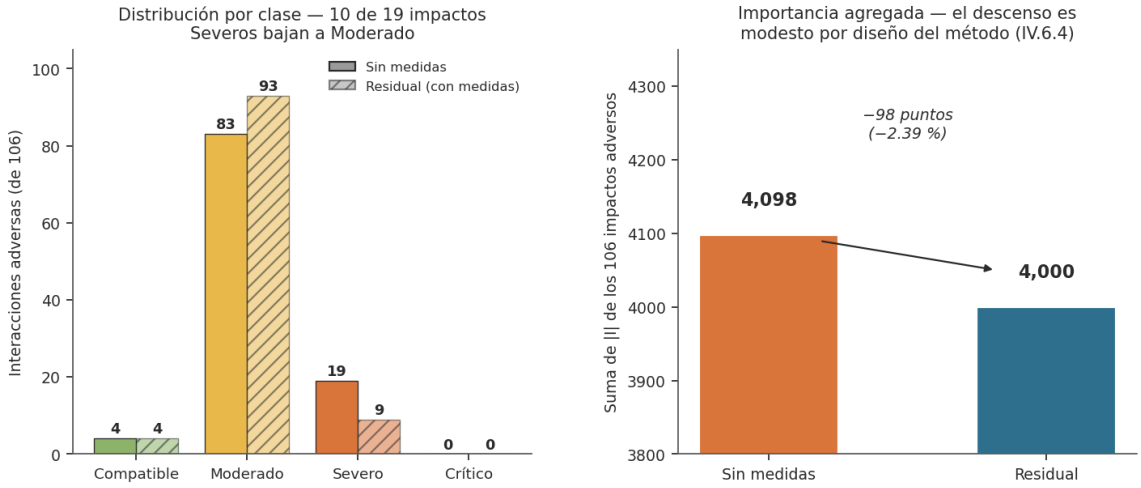


Figura 23. Izquierda: interacciones adversas por clase, sin medidas y residual (Tabla 18). Derecha: importancia agregada de las 106 interacciones adversas aplicables (Tabla 19).

Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos (método de Conesa), Anexo F.

Los dos paneles muestran, a propósito, dos magnitudes que se mueven a ritmos distintos: el panel izquierdo tiene un cambio grande —10 de 19 Severos bajan a Moderado— y el derecho uno pequeño —98 puntos sobre 4,098, el 2.39 %—. No son inconsistentes entre sí: son la misma regla metodológica (IV.4, IV.6.4) vista desde dos preguntas diferentes, y por eso conviene mirarlos juntos en lugar de citar sólo el que más convenga a la argumentación.

Por qué la reducción agregada es modesta aunque diez impactos cambien de clase

Estos dos hechos no se contradicen: cambiar de clase depende de cruzar el umbral de 50 puntos, y ese cruce puede lograrse con una variación de pocos puntos en el índice de un impacto que ya estaba cerca del umbral. Pero el índice de Conesa pondera la recuperabilidad (MC) y, en su caso, la persistencia (PE) con el mismo peso que los demás atributos dentro de una suma dominada por la intensidad (con un multiplicador de 3) y la extensión (con un multiplicador de 2); mover la recuperabilidad de un extremo a otro de la escala cambia el índice de un impacto individual en unos pocos puntos, no en decenas. Multiplicado por 106 impactos —la mayoría de los cuales ya eran Moderados o Compatibles antes de las medidas y no tenían margen para bajar de clase—, el efecto agregado es una reducción de 98 puntos sobre 4,098, el 2.39 %. Es el resultado esperable de un método que, por diseño, no permite que las medidas hagan desaparecer la magnitud del hecho físico: el resultado contrario —una reducción agregada grande— sería el que habría que explicar.

Tabla 20. Los diecinueve impactos significativos, con su recuperabilidad (MC) y persistencia (PE) antes y después de las medidas, y la clase residual que resulta.

`impacto_id`	Acción	Factor	I sin medidas	MC (sin → con)	PE (sin → con)	I residual	Clase residual
`IMP-024`	Apertura de accesos y brechas	Suelo	−68	2 → 2	4 → 2	−66	Severo
`IMP-035`	Derribo de la vegetación	Suelo	−68	2 → 2	4 → 2	−66	Severo
`IMP-090`	Despalme/remoción del horizonte orgánico del suelo	Suelo	−68	2 → 2	4 → 2	−66	Severo
`IMP-034`	Derribo de la vegetación	Recursos forestales	−64	4 → 2	4 → 2	−60	Severo
`IMP-089`	Despalme/remoción del horizonte orgánico del suelo	Recursos forestales	−64	4 → 2	4 → 2	−60	Severo
`IMP-079`	Extracción/arrime de material vegetal	Suelo	−56	2 → 2	4 → 2	−54	Severo
`IMP-101`	Tránsito y operación de maquinaria	Suelo	−56	2 → 2	4 → 2	−54	Severo
`IMP-042`	Derribo de la vegetación	Carbono/servicios	−53	2 → 2	4 → 2	−51	Severo
`IMP-097`	Despalme/remoción del horizonte orgánico del suelo	Carbono/servicios	−53	2 → 2	4 → 2	−51	Severo
`IMP-029`	Apertura de accesos y brechas	Flora	−52	4 → 2	4 → 2	−48	Moderado
`IMP-030`	Apertura de accesos y brechas	Fauna	−52	4 → 2	4 → 2	−48	Moderado
`IMP-040`	Derribo de la vegetación	Flora	−52	4 → 2	4 → 2	−48	Moderado
`IMP-041`	Derribo de la vegetación	Fauna	−52	4 → 2	4 → 2	−48	Moderado
`IMP-045`	Despunte	Recursos forestales	−52	4 → 2	4 → 2	−48	Moderado
`IMP-056`	Desrame	Recursos forestales	−52	4 → 2	4 → 2	−48	Moderado
`IMP-067`	Troceo	Recursos forestales	−52	4 → 2	4 → 2	−48	Moderado
`IMP-078`	Extracción/arrime de material vegetal	Recursos forestales	−52	4 → 2	4 → 2	−48	Moderado

`impacto_id`	Acción	Factor	I sin medidas	MC (sin → con)	PE (sin → con)	I residual	Clase residual
`IMP-095`	Despalme/remoción del horizonte orgánico del suelo	Flora	−52	4 → 2	4 → 2	−48	Moderado
`IMP-096`	Despalme/remoción del horizonte orgánico del suelo	Fauna	−52	4 → 2	4 → 2	−48	Moderado

Fuente: hoja `Residuales` de la memoria de cálculo de la valoración de impactos, Anexo F (atributos residuales por `impacto_id`); Importancia residual obtenida aplicando la fórmula de Conesa ya declarada en IV.1.2 a esos atributos —derivación trazada, Regla 12b—, verificada contra el agregado de las Tablas 18 y 19 antes de publicarse: reproduce exacto la distribución 4/93/9/0 y la reducción de 98 puntos (2.39 %).

El patrón se divide en dos grupos, y la frontera entre ellos es la que decide qué impacto cruza el umbral de vuelta. En **Suelo y Carbono/servicios** (9 filas), sólo la persistencia mejora —de 4 a 2—; la recuperabilidad ya estaba en el nivel intermedio (2) antes de las medidas, así que el descuento es de 2 puntos y ninguno de los nueve baja de clase: son los que M03 atiende con una obra que retiene, pero que no acelera más la recuperación del factor. En **Recursos forestales, Flora y Fauna** (10 filas), mejoran los dos atributos a la vez —recuperabilidad de 4 a 2 y persistencia de 4 a 2—, el descuento es el doble (4 puntos) y es exactamente ese descuento mayor el que empuja a los diez por debajo de 50: es la reforestación del predio de compensación (C-1/M04) actuando sobre un factor que, sin ella, no tenía ninguna vía de recuperación en el sitio.

Balance físico por recurso (transcrito, no recalculado)

El índice de Conesa clasifica la afectación; no lleva la contabilidad de los recursos. El balance de si el territorio conserva las funciones que prestaba se establece recurso por recurso, con las magnitudes físicas de cada uno, y esa lectura es la que sigue.

Suelo — erosión hídrica. El incremento por el cambio de uso de suelo es de 328.74 ton·año⁻¹ (de 5.77 a 334.51 ton·año⁻¹). Las obras de M03 acumulan 4,948.31 toneladas en 7 años frente a un impacto acumulado de 1,643.67 toneladas: **balance favorable**. El criterio del artículo 93 por esta vía —el balance de azolve entregado al cauce— pasa de 38.66 a 0.00 ton·año⁻¹: **satisfactorio**.

Suelo — erosión eólica. El incremento es de 178.25 ton·año⁻¹ (de 1.92 a 180.17 ton·año⁻¹). Las obras acumulan 974.82 toneladas frente a un impacto de 891.26 toneladas: **balance favorable**.

Agua — recarga. La pérdida es de 24,298 m³·año⁻¹ (194,385 m³ en 8 años). La recuperación acumulada suma 840,374 m³, con un margen de 645,989 m³: **balance favorable, con la advertencia metodológica** —ya transcrita en IV.4— de que el escenario con medidas calculado en sitio cubre sólo el 10.6 % del CUSTF y no es comparable en esa escala con la línea base ni con el escenario sin medidas.

Carbono. El sistema {CUSTF + predio de compensación} pasa de 934.26 tCO_2e en línea base a 626.79 tCO_2e sin medidas (pérdida de 307.47 tCO_2e) y a 1,292.10 tCO_2e con el predio de compensación restaurado: **balance favorable en existencias** (357.84 tCO_2e por encima de la línea base). La lectura es de existencias, no de una curva anual de captura, porque el estudio no midió la trayectoria de acumulación año con año.

Recursos forestales, Flora y Fauna. Es el balance que este estudio puede acreditar con menos precisión. Los catorce impactos significativos de estos tres factores (IV.6.1) no tienen, sin medidas, recuperabilidad mejor que «largo plazo/irrecuperable», y la única medida que los atiende es la reforestación del predio de compensación (M04). Pero ninguna memoria de cálculo aguas arriba reporta, a la fecha, un indicador

cuantitativo de diversidad o de composición que permita declarar si esa reforestación repone la función biológica que se pierde, más allá de su indicador de supervivencia y densidad de planta. El residual de estos tres factores se declara **adverso y no cuantificado en su equivalencia funcional**, y no se maquilla presentándolo de otro modo.

Cierre del análisis residual

Nueve de los diecinueve impactos significativos conservan su clase Severa después de las medidas. Todos los diecinueve tienen asignada al menos una medida de mitigación o de compensación (IV.6.1), y el balance físico es favorable en los tres recursos donde existe un indicador cuantitativo —suelo, agua y carbono—. En biodiversidad, el compromiso está fijado (M04, verificado por M05) pero su equivalencia funcional todavía no tiene una cifra que la respalde, y ese es el resultado que la autoridad debe pesar junto con los demás.

> **Fuentes:** memoria de cálculo de la valoración de impactos ambientales (método de Conesa), Anexo F; memorias de cálculo de erosión, infiltración y carbono del expediente de cambio de uso de suelo, Anexo F.

IV.6.5 Resumen ejecutivo del análisis

La memoria de cálculo de la valoración de impactos cubre un catálogo genérico de 125 interacciones activas para el ciclo completo de un proyecto de este tipo —preparación del sitio, construcción, operación y cierre— . De ellas, **116 son adversas** y se valoraron con el método de Conesa; las 9 restantes son benéficas.

Nota de alcance: la etapa de cierre no aplica a este proyecto

Este proyecto no declara una etapa de cierre o desmantelamiento. Ni IV.1 de este capítulo ni el Capítulo I describen el abandono o el desmantelamiento de la infraestructura habitacional que el proyecto construye. El catálogo genérico de la memoria de cálculo, sin embargo, sí contempla esa etapa, y dentro de ella caen dos bloques que no tienen correlato en el alcance real y autorizado de este proyecto:

- **Diez impactos adversos**, todos de clase Moderado, asociados al desmantelamiento de infraestructura y al retiro de estructuras y disposición de materiales.
- **Las nueve interacciones benéficas completas** del catálogo, generadas íntegramente por una sola acción —«restauración y reforestación del sitio»— que forma parte de esa misma etapa de cierre.

Se declara esto de manera explícita, en lugar de omitirlo: dentro del alcance real de este proyecto no hay, en el catálogo disponible, ninguna interacción benéfica identificada, y los impactos adversos aplicables son **106** de los 116 valorados (116 menos los diez de cierre), ninguno de los cuales pertenece al subconjunto de los diecinueve significativos —los diez de cierre son, los diez, de clase Moderado—. Excluirlos de los totales de este resumen es una resta simple y trazable sobre el catálogo real (IV.3.1), no una nueva valoración: no cambia ningún atributo de Conesa de ninguna interacción, sólo delimita el universo al alcance autorizado de este proyecto.

Distribución de las interacciones adversas

Tabla 21. Distribución de las 106 interacciones adversas aplicables por clase de importancia, sin medidas y residual.

Clase	Sin medidas	Residual (con medidas)
Compatible	4	4
Moderado	83	93
Severo	19	9
Crítico	0	0
Total	**106**	**106**

Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos (método de Conesa), Anexo F.

Ninguna interacción adversa alcanza la clase Crítica. Diecinueve son significativas —clase Severa— y, tras las medidas, diez de ellas dejan de serlo; las otras nueve conservan su clase. La importancia agregada de las 106 interacciones cae de 4,098 a 4,000 puntos, una reducción de 98 puntos (2.39 %) —modesta en términos agregados, por la razón metodológica que IV.6.4 desarrolla: las medidas cambian la recuperabilidad, no la intensidad ni la extensión del hecho físico.

Los diecinueve impactos significativos, por grupo de factor

Tabla 22. Impactos significativos del proyecto, agrupados por factor ambiental.

Factor	N.º de impactos significativos	I (rango)	Medida que los atiende
Recursos forestales	6	−52 a −64	C-1/M04 (reforestación del predio de compensación)
Suelo	5	−56 a −68	M03 (obras de conservación de suelo y agua)
Flora	3	−52	M-1 (rescate de flora) y C-1/M04
Fauna	3	−52	M-2 (rescate de fauna) y C-1/M04
Carbono/servicios	2	−53	C-1/M04

Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos (método de Conesa), Anexo F.

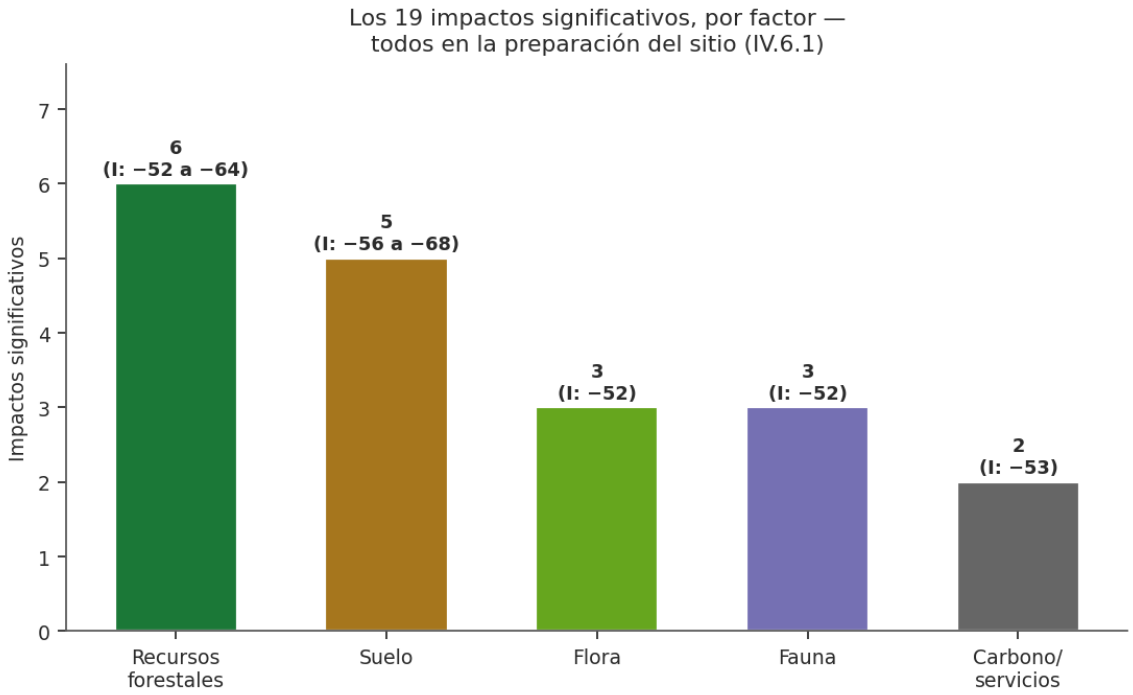


Figura 24. Número de impactos significativos por factor y rango de Importancia que alcanza cada grupo.
Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos (método de Conesa), Anexo F.

El detalle de cada uno, con su justificación individual, se desarrolla en IV.6.1. Los diecinueve ocurren en la preparación del sitio; ninguno en construcción, ninguno en operación. La reforestación del predio de compensación (C-1/M04) es la única medida cuyo efecto la valoración de Conesa pudo anclar sobre estos factores biológicos y forestales; el rescate de flora (M-1) y de fauna (M-2) también los atiende —trasladando los individuos antes del derribo— pero su beneficio no se tradujo en un cambio del índice de esta valoración, por la razón que IV.4 desarrolla.

Los seis impactos acumulativos y los doce sinérgicos

Seis de los 106 impactos adversos aplicables llevan acumulación declarada, y los seis recaen sobre el factor Suelo, en la misma secuencia de acciones de la preparación del sitio (IV.6.2). Doce llevan sinergia declarada —el grado intermedio de la escala, sin ningún caso en el grado más alto—, y se concentran en Suelo, Agua y Carbono/servicios (IV.6.3). Los grupos acumulativo y sinérgico sobre Suelo coinciden en buena medida con el grupo significativo del mismo factor: es el punto del proyecto donde las tres preguntas convergen con más fuerza.

Balance del análisis

La afectación de este proyecto es real: diecinueve impactos significativos de 106, concentrados en cinco factores durante la preparación del sitio, y este capítulo no la matiza en ninguna de sus páginas. Contra ella, el proyecto compromete un programa de dieciséis medidas (IV.4), trece de ellas con partida de costo propia y las tres restantes comprometidas dentro del presupuesto general de la obra. En suelo, agua y carbono —los tres recursos donde existe un indicador cuantitativo trazable a una memoria de cálculo— el balance físico es favorable: la erosión hídrica y eólica quedan compensadas dentro del horizonte de 7 años, la recarga del

acuífero queda compensada con margen, y el sistema {CUSTF + predio de compensación} termina con más carbono almacenado que en la línea base. En biodiversidad —recursos forestales, flora y fauna, que concentran catorce de los diecinueve impactos significativos— el proyecto compromete tanto el rescate directo de los individuos (M-1, M-2) como la reforestación de compensación (C-1), sujeta a verificación durante siete años; lo que aún no tiene, en los insumos disponibles, un indicador cuantitativo que lo respalde es la equivalencia funcional entre lo que se remueve y lo que se restaura.

> **Fuentes:** memoria de cálculo de la valoración de impactos ambientales (método de Conesa) del expediente de cambio de uso de suelo, Anexo F; hoja de atributos y clasificación de IV.3.2; catálogo de medidas del proyecto, IV.4.

El proyecto no evita afectar el medio; ningún cambio de uso de suelo lo hace, y sostener lo contrario sería falso. Lo que este capítulo acredita, con lo que hoy es trazable, es que la afectación está identificada interacción por interacción, valorada con un método reproducible y atendida con el programa de medidas comprometido. Lo que aún no está acreditado se declara como tal, para que el promovente y el perito lo completen antes de que el expediente se selle.

IV.7 Delimitación del Área de Influencia del proyecto

El Área de Influencia del proyecto comprende **276.19 ha**, en proyección UTM WGS 84 zona 13 Norte. Este apartado no la propone: la deriva del resultado de la evaluación, y muestra el razonamiento que conduce de los impactos valorados a esa superficie.

El criterio: la extensión y la intensidad vienen de impactos distintos

La delimitación se construye a partir de la extensión y de la intensidad de los impactos significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales. Las dos magnitudes no provienen de los mismos impactos, y la delimitación falla cuando se supone que sí.

La intensidad la aportan los impactos de mayor importancia, que en este proyecto se concentran en el Área del Proyecto y tienen extensión puntual o parcial. Los dos factores donde se registra la mayor importancia son Suelo, con |I| = 68 por la apertura de accesos, el derribo de la vegetación y el despalme del horizonte orgánico, y Recursos forestales, con |I| = 64 por el derribo y el despalme del mismo material. Los cinco impactos que alcanzan esas cifras comparten intensidad total (IN = 12) y, sin embargo, extensión parcial (Suelo) o puntual (Recursos forestales): son intensísimos y no se propagan. Si el Área de Influencia se delimitara por la intensidad, coincidiría con el polígono del proyecto, lo que dejaría fuera todo lo que sí se propaga.

La extensión la aportan los impactos difusos, que son de importancia moderada y alcanzan el Área de Influencia sin ser los de mayor magnitud. De los once factores ambientales sujetos a la valoración cuantitativa de Conesa (IV.3.1), cuatro —la fauna silvestre y su hábitat, la calidad del aire, el ruido ambiental y el microclima— son los que fijan hasta dónde llega el proyecto, y ninguno de ellos es el de mayor importancia. Los dos componentes socioeconómicos del catálogo —empleo/ingreso y derrama económica local— no se someten a esta valoración cuantitativa (IV.3.1) y por eso no figuran en esta tabla.

El Área de Influencia es, por lo tanto, **la envolvente del impacto probable máximo en extensión que alcanzan la fauna, la calidad del aire, el ruido y el microclima**. No es una geometría discrecional, y la tabla siguiente es el argumento que lo acredita.

Extensión alcanzada por cada factor ambiental

Tabla 23. Extensión máxima alcanzada por cada factor ambiental, escala correspondiente e interacción que la determina.

Factor ambiental	EX máximo	Escala alcanzada	Interacción que la determina	Superficie de referencia
Relieve y geomorfología	1	Área del Proyecto	Apertura de accesos y brechas, movimiento de tierras y terracerías	13.4689 ha — Área del Proyecto
Flora — individuos y material vegetal	1	Área del Proyecto	Derribo, despunte y desrame de los individuos señalados para su remoción	13.4689 ha — Área del Proyecto
Recursos forestales	1	Área del Proyecto	Derribo, troceo y extracción/arrime del material vegetal	13.4689 ha — Área del Proyecto
Paisaje	2	Área del Proyecto y su entorno inmediato	Movimiento de tierras, cimentaciones y edificación de naves e instalaciones	13.4689 ha — Área del Proyecto y su entorno inmediato
Suelo — horizonte orgánico y erosión	2	Área del Proyecto y su entorno inmediato	Apertura de accesos y brechas, derribo de la vegetación y despalme del horizonte orgánico	13.4689 ha — Área del Proyecto y su entorno inmediato
Fauna — poblaciones silvestres y su hábitat	4	Área de Influencia	Movimiento de tierras, cimentaciones y tránsito vehicular, en construcción y operación	276.19 ha — Área de Influencia
Aire/atmósfera — partículas y gases de combustión	4	Área de Influencia	Movimiento de tierras, terracerías y tránsito vehicular/autotransporte	276.19 ha — Área de Influencia
Ruido ambiental	4	Área de Influencia	Apertura de accesos, movimiento de tierras, terracerías y tránsito vehicular, a lo largo de las tres etapas	276.19 ha — Área de Influencia
Microclima	4	Área de Influencia	Terracerías, vialidades y pavimentación	276.19 ha — Área de Influencia
Agua	8	Rebasa toda escala cartografiable	Movimiento de tierras, cimentaciones y terracerías: impermeabilización que reduce la recarga del acuífero regional	Sin polígono asignable — se trata por balance hídrico
Carbono/servicios ambientales	8	Rebasa toda escala cartografiable	Movimiento de tierras, cimentaciones, terracerías y operación interna de las instalaciones	Sin polígono asignable — se trata por balance de emisiones

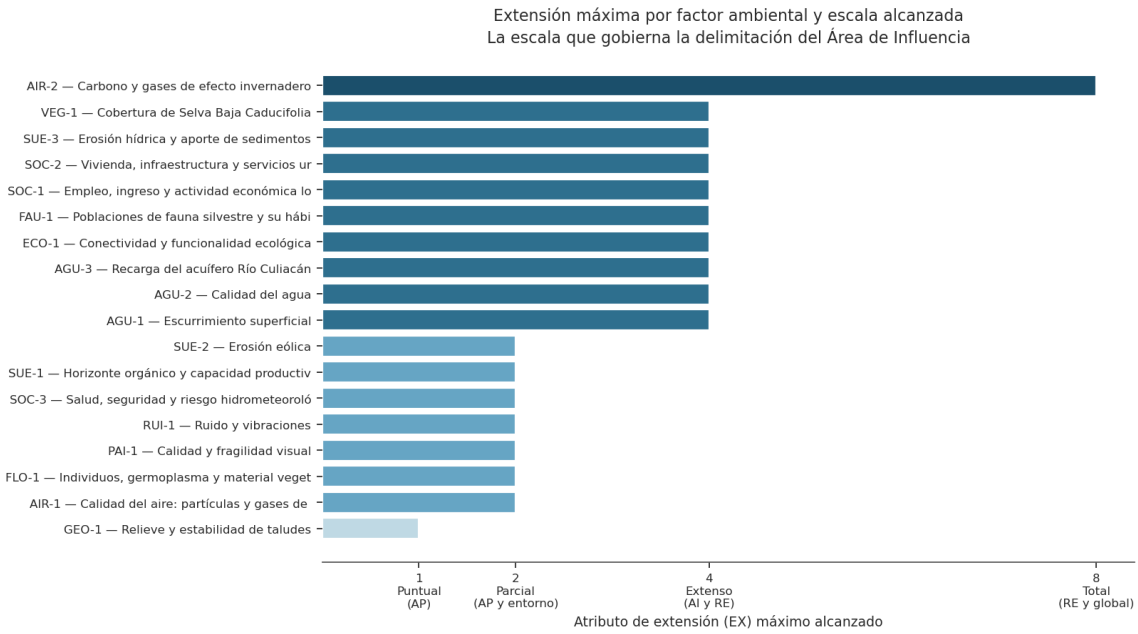


Figura 25. Extensión máxima alcanzada por cada factor ambiental y escala que le corresponde. Los once factores se agrupan en sólo cuatro escalas discretas y no en un gradiente continuo, y el salto entre ellas es la clave de lectura: nada queda en una posición intermedia entre el polígono del proyecto y el balance regional.

Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos (Anexo F).

La lectura de la tabla y de la figura ordena a los once factores en cuatro grupos, y cada grupo tiene una consecuencia distinta sobre la delimitación.

Factores de extensión puntual (EX = 1). El relieve, la flora y los recursos forestales no rebasan el polígono del proyecto: un talud conformado modifica la topografía exactamente donde se corta, y los individuos derribados, despuntados o desramados se remueven dentro de las 13.4689 ha del Área del Proyecto. No aportan superficie a la delimitación.

Factores de extensión parcial (EX = 2). El paisaje y el suelo —horizonte orgánico y erosión— alcanzan el Área del Proyecto y su entorno inmediato. Es en el suelo donde se registra la mayor importancia de todo el proyecto (|I| = 68), pero su efecto se atenúa a corta distancia del polígono.

Factores de extensión extensa (EX = 4). La fauna silvestre, la calidad del aire, el ruido ambiental y el microclima alcanzan el Área de Influencia. **Son estos cuatro factores los que fijan la superficie de 276.19 ha**, y por dos vías distintas: la biótica —el desplazamiento de la fauna hacia el macizo de selva baja caducifolia contiguo y el estrechamiento de su conectividad con el predio— y la atmosférica —la dispersión de partículas, gases de combustión, ruido de maquinaria y tránsito, y la alteración del microclima local que inducen las superficies pavimentadas—.

Factores de extensión total (EX = 8). El agua y el carbono son los dos factores cuyo efecto no admite delimitación cartográfica. El agua, porque la impermeabilización del suelo durante el movimiento de tierras, las cimentaciones y las terracerías reduce la recarga del acuífero regional, cuyo régimen no coincide con ningún polígono de este estudio. El carbono, porque su receptor es la atmósfera global. El tratamiento de ambos es por balance —hídrico y de emisiones, respectivamente— y no por superficie, y por eso no contribuyen a la geometría del Área de Influencia aunque sean, formalmente, los factores de mayor extensión.

La red de drenaje y el alcance del factor Agua

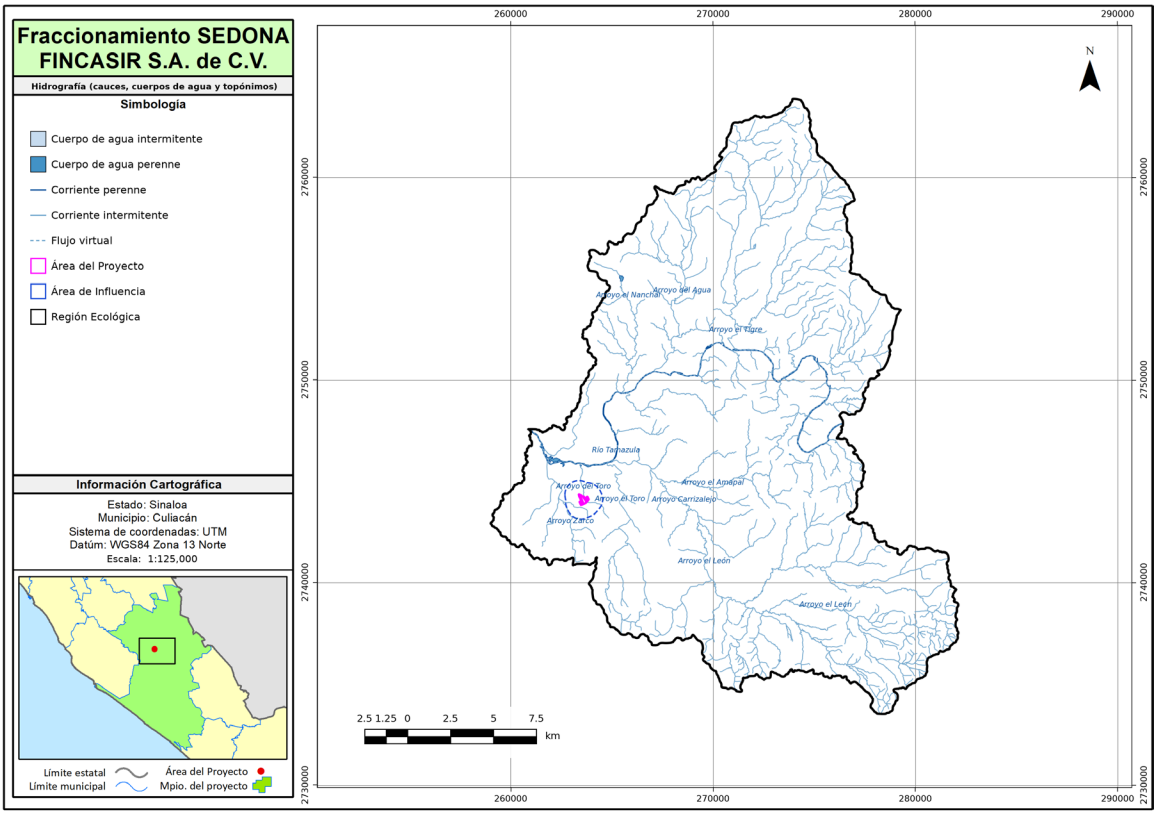


Figura 26. Red hidrográfica de la Región Ecológica, con la subcuenca del Río Tamazula en la que se inscribe el proyecto.

El polígono del proyecto no toca ningún cauce de la red dibujada; el más próximo, el Arroyo del Toro, corre a 232.0 m, lo que sitúa la propagación del factor Agua en la infiltración y el escurrimiento superficial y no en la afectación directa a un cuerpo de agua.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, red hidrográfica escala 1:50,000; recorte a la Región Ecológica delimitada para este estudio.

La figura sustenta la escala que alcanza el factor Agua. El predio se localiza en la subcuenca del Río Tamazula y drena hacia el Arroyo del Toro, cuyo cauce corre a 232.0 m del polígono, en una Región Ecológica con densidad de drenaje de 1.719 km·km^{-2} y jerarquía de Strahler que alcanza el orden 4. El efecto de la impermeabilización sobre la recarga no se agota en el predio ni en su entorno inmediato: se propaga por esa red hacia el cauce receptor y hacia el acuífero regional, y por eso el factor Agua no se valora con la extensión de 276.19 ha del Área de Influencia sino con la escala que rebasa toda delimitación cartográfica (EX = 8), la misma que corresponde al carbono atmosférico.

Ningún cauce atraviesa el Área del Proyecto: la caracterización del predio registra la ausencia de escurrimiento perenne o intermitente dentro del polígono —tampoco se identifica cuerpo de agua alguno—, y el cauce más próximo es el señalado. Eso acota la propagación hidrológica a la que ocurre por escurrimiento superficial hacia ese punto de entrega y por infiltración hacia el acuífero, y no por afectación directa a un cauce.

Consistencia con la delimitación de la Región Ecológica

La Región Ecológica se delimitó por criterio hidrográfico, como la microcuenca de 37,971.7516 ha que contiene al predio. El Área de Influencia se delimita dentro de ella y con un criterio compatible: recoge la superficie del entorno inmediato en la que se propagan la fauna, la calidad del aire, el ruido y el microclima, y esa superficie queda a su vez contenida en la unidad de escurrimiento que define la Región Ecológica. Las dos escalas son anidadas y no se contradicen: el Área de Influencia representa el 0.73 % de la Región Ecológica —resultado de 276.19 ÷ 37,971.7516 × 100— y el Área del Proyecto representa el 4.88 % del Área de Influencia —resultado de 13.4689 ÷ 276.19 × 100—.

Plano georreferenciado

El polígono del Área de Influencia se entrega en proyección **UTM WGS 84 zona 13 Norte (EPSG:32613)**, con su plano y sus archivos vectoriales en el Anexo IV. Su superficie —276.19 ha— es la que este capítulo emplea en todas sus tablas y figuras.

IV.8 Medidas de compensación y/o restauración ambiental

Dos de las trece medidas del proyecto (IV.4) reponen función ambiental en lugar de evitar o reducir la afectación: la reforestación del predio de compensación (**C-1**) y la restauración de las superficies de afectación temporal (**R-1**). La estabilización de taludes —lo que en la cartera de costos figuraba como **R-2**— no es una partida propia: es la conformación del corte de terracerías sobre una parte de la misma superficie que R-1 revegeta, y su costo y su alcance viven dentro de R-1 (IV.9). Entre las dos suman **44.6528 ha** de superficie comprometida, frente a las 12.5570 ha sujetas a cambio de uso de suelo.

Estas medidas son las que cierran los impactos residuales de IV.6.4. La distinción operativa entre ellas es de lugar y de objeto: la restauración recupera el factor **en el mismo sitio** donde se afectó, y por eso su superficie está acotada a lo que el proyecto no ocupa de manera permanente; la compensación repone la **función** en otro lugar, cuando recuperarla en el sitio no es técnica ni ambientalmente viable.

Tabla 24. Medidas de compensación y restauración: descripción, ubicación y parámetros de verificación.

Descripción, objetivos, alcances, periodicidad de implementación y plazo de ejecución	Ubicación	Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia, con sus indicadores y unidades
C-1 · Reforestación del predio de compensación. Establecimiento de plantación forestal con especies nativas de selva baja caducifolia sobre 43.3217 ha, con obras de conservación de suelo asociadas: terrazas individuales a 350 por hectárea, de 1.0 m de diámetro y 0.1 m de profundidad. **Objetivo:** generar un beneficio ambiental equivalente o superior a la afectación, recuperando cobertura arbórea en una superficie 3.45 veces mayor que la sujeta a cambio de uso de suelo. **Alcances:** producción o adquisición de planta tropical, plantación, mantenimiento y deshierbe durante los tres primeros años, reposición de la mortalidad y asistencia técnica. **Periodicidad:** establecimiento único, con mantenimiento y reposición anuales durante los tres primeros años. **Plazo:** desde el inicio de la construcción y por un horizonte mínimo de cinco años.	Predio de compensación, 43.3217 ha. Polígono georreferenciado en UTM WGS 84 zona 13 Norte, Anexo IV. Programa de manejo en el Anexo C	**Cumplimiento:** superficie efectivamente reforestada, en hectáreas — meta: 43.3217 ha. Densidad de plantación establecida, en plantas por hectárea. Terrazas individuales construidas, en número — meta: 350 por hectárea. **Eficacia:** sobrevivencia de la plantación, en porcentaje — meta: 80 % o más al tercer año. **Frecuencia:** semestral durante los tres primeros años, anual del cuarto al quinto. **Medio de verificación:** sitios de muestreo permanentes con coordenadas UTM WGS 84 zona 13 Norte e informe anual de sobrevivencia
R-1 · Restauración y revegetación de las superficies de afectación temporal, incluida la estabilización de taludes. Reintegración del suelo despalmado acopiado bajo la medida M-6 y revegetación con especies nativas de las 1.3311 ha que la zonificación del proyecto declara de afectación temporal y sujetas a restauración: áreas verdes comunes y municipales, áreas comunes y taludes. De esa superficie, 1.0758 ha son taludes generados por los cortes de terracería: sobre ellos, además de la revegetación, se ejecuta la conformación final del corte y obras de disipación de energía en las descargas pluviales que los alimentan, para restablecer la estabilidad del relieve y suprimir el aporte de sedimento hacia la red pluvial. **Objetivo:** restablecer la cobertura vegetal y la función de infiltración en las superficies que el proyecto afecta sin ocuparlas de manera definitiva, y la estabilidad en las que además son talud. **Alcances:** preparación del sustrato, aporte de suelo orgánico acopiado, plantación, riego de establecimiento, reposición y —en los taludes— perfilado y obras de disipación de energía. **Periodicidad:** única por frente, con mantenimiento durante los tres primeros años y, en taludes, revisión anual al término de la temporada de lluvias. **Plazo:** construcción y primeros tres años de operación.	Superficies con restauración declarada dentro del Área del Proyecto, 1.3311 ha, de las cuales 1.0758 ha son talud. Zonificación georreferenciada en UTM WGS 84 zona 13 Norte, Anexo IV. Programa de manejo en el Anexo D	**Cumplimiento:** superficie revegetada, en hectáreas — meta: 1.3311 ha; superficie de talud estabilizada — meta: 100 % de los taludes conformados. **Eficacia:** cobertura vegetal alcanzada, en porcentaje — meta: 70 % o más al tercer año; número de cárcavas activas en taludes — meta: cero al término de la temporada de lluvias. **Frecuencia:** semestral durante los tres primeros años; anual en taludes, al término de la temporada de lluvias. **Medio de verificación:** estimación de cobertura en transectos, reporte fotográfico desde puntos fijos y bitácora de mantenimiento

Fuente: cartera de medidas del proyecto y zonificación de desmonte georreferenciada (Anexo IV); programas de manejo de reforestación y de restauración (Anexos C y D).

Las 1.3311 ha que R-1 revegeta son la totalidad de los polígonos que la zonificación del proyecto declara sujetos a restauración —36 en conjunto—, con independencia de si esa superficie es forestal: 29 polígonos

son de selva baja caducifolia (1.3082 ha), 5 son de cauce (0.0134 ha) y 2 carecen de cobertura vegetal (0.0095 ha). El compromiso de la medida es con la superficie que el proyecto perturba y no ocupa de manera permanente, y por eso incluye también los polígonos no forestales; la porción forestal —1.3082 ha— es, además, la que cuenta para la superficie restaurada dentro del Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales que ampara este apartado (Regla 1).

Justificación de la equivalencia de la compensación

La compensación debe acreditar que el beneficio que genera es equivalente o superior a la afectación que compensa. La equivalencia se justifica en tres dimensiones —superficie, función ambiental y horizonte temporal— y el estudio las trata por separado porque el resultado no es igual en las tres.

Superficie. El proyecto retira 12.5570 ha de selva baja caducifolia y establece 43.3217 ha del mismo tipo de vegetación. La relación es de **3.45 a 1** —resultado de 43.3217 ÷ 12.5570— y el saldo es de **30.7647 ha** de superficie arbolada adicional. En esta dimensión la equivalencia se acredita con holgura.

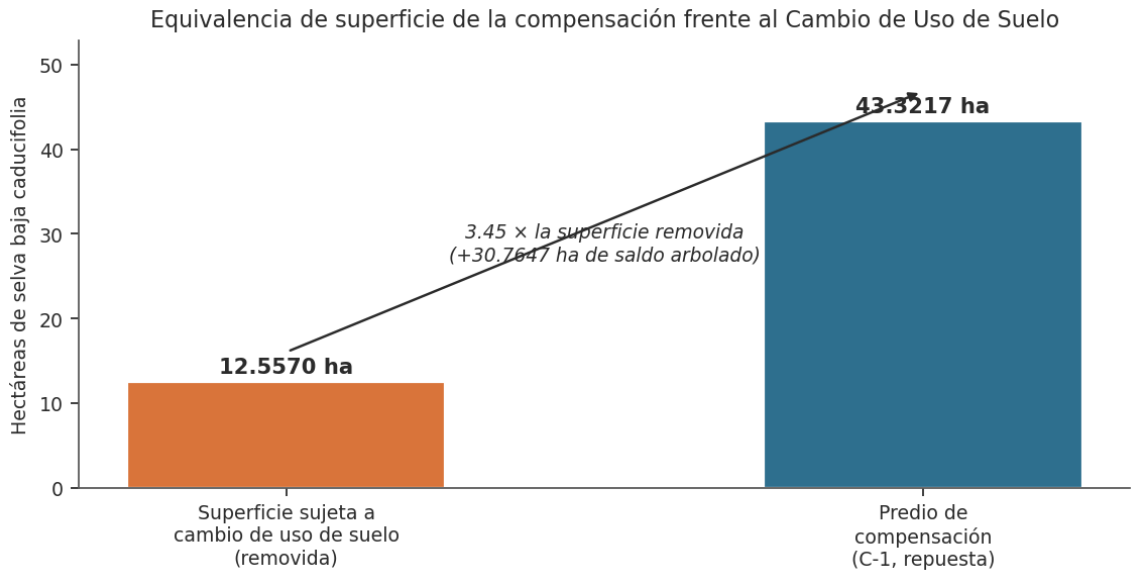


Figura 27. Superficie de selva baja caducifolia removida por el cambio de uso de suelo frente a la establecida en el predio de compensación.

Fuente: cartera de medidas del proyecto y zonificación de desmonte georreferenciada, Anexo IV.

Función ambiental. La superficie compensada repone las funciones que la removida prestaba, y lo hace por vías verificables:

- **Captura de carbono.** Frente a las 307.4653 tCO_2e liberadas, la plantación establecida en 43.3217 ha constituye un sumidero de superficie superior a la removida.
- **Retención de suelo.** Las 350 terrazas individuales por hectárea sobre 43.3217 ha incorporan obras de conservación a una superficie de la Región Ecológica que hoy carece de ellas, en una cuenca donde el 42.55 % del territorio presenta proceso erosivo hídrico activo y el 60.49 % presenta degradación en incremento.

- **Hábitat y conectividad.** La superficie compensada repone hábitat para la fauna desplazada y aporta continuidad de cobertura en un territorio cuyo 61.46 % de superficie evaluada tiene riesgo de deforestación Muy Alto.
- **Infiltración.** Una superficie arbolada con terrazas individuales infiltra más que la misma superficie sin ellas, y ese aporte se produce dentro de la misma unidad hidrográfica.

Horizonte temporal. Es la dimensión en la que la equivalencia no es inmediata, y el estudio no lo presenta de otro modo. Una plantación de tres años no tiene la estructura vertical ni la composición de la comunidad removida, y no la tendrá durante un periodo que este capítulo no puede acotar con las cifras disponibles. Lo que el proyecto compromete frente a ese desfase es el mantenimiento, la reposición de la mortalidad y la verificación durante cinco años, que es lo que separa una plantación establecida de un acto de plantar.

Criterio de selección del predio. La equivalencia funcional en hábitat y conectividad depende de que la superficie compensada sea accesible para la fauna desplazada y esté protegida más allá del plazo de la reforestación. El predio se eligió por cuatro razones que satisfacen ambas condiciones:

- **Proximidad y continuidad.** El predio de compensación es contiguo al polígono afectado y queda comprendido dentro del Área de Influencia del proyecto. No es una superficie equivalente en otro punto del territorio: es la misma unidad de paisaje, de modo que la fauna desplazada por el desmonte encuentra hábitat de reposición sin tener que atravesar una discontinuidad, y la superficie repuesta se suma al macizo existente en lugar de constituir un fragmento aislado.
- **Condición de la vegetación.** Su cubierta está degradada, y esa es precisamente la condición que lo hace idóneo. Compensar sobre un rodal bien conservado no añadiría cobertura —sólo trasladaría una superficie que ya presta la función—, mientras que el enriquecimiento de un rodal degradado incorpora estructura y composición donde hoy faltan, y la ganancia ambiental es real y verificable contra su propia línea de partida.
- **Tenencia.** Es propiedad privada del mismo titular del Área del Proyecto. La unidad de titularidad elimina el obstáculo que más veces impide ejecutar una compensación comprometida: la necesidad de convenir con un tercero el acceso, la ejecución de las obras y la permanencia de la superficie durante todo el horizonte del programa.
- **Permanencia.** Al recaer sobre un predio propio, el compromiso de conservación a largo plazo no depende de la vigencia de un acuerdo con terceros, y el promovente puede responder de él ante la autoridad durante todo el periodo de verificación.

Ejecución conforme a las guías técnicas aplicables

Los programas de reforestación y de restauración se ejecutan conforme a las guías y manuales técnicos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales aplicables a plantaciones forestales con especies nativas y a obras de conservación de suelo y agua, y su desarrollo detallado —selección de especies, producción de planta, calendario de plantación, obras de conservación asociadas y protocolo de monitoreo— se integra en los Anexos C y D.

Catálogo de conceptos del programa de reforestación

Tabla 25. Catálogo de conceptos de la medida C-1, con su unidad, cantidad y precio unitario.

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (MXN)	Importe (MXN)
Producción o adquisición de planta, ecosistema tropical	planta	15,163	5.07	76,876.41
Plantación y establecimiento, ecosistema tropical	planta	15,163	8.90	134,950.70
Mantenimiento y deshierbe, años 1 a 3, ecosistema tropical	hectárea	43.3217	17,449.35	755,935.51
Asistencia técnica	hectárea	43.3217	3,078.43	133,362.82
Costo total del programa de reforestación				**1,101,125.44**

Fuente: precios unitarios del Acuerdo por el que se dan a conocer los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento, Diario Oficial de la Federación, 8 de marzo de 2023, actualizados a pesos de 2026 con el factor del Índice Nacional de Precios al Consumidor que ordena su artículo 3; memoria de cálculo de costos, Anexo J.

La cantidad de planta —**15,163 individuos**— resulta de aplicar la densidad comprometida de 350 plantas por hectárea a las 43.3217 ha del predio, y es la misma cifra que gobierna las terrazas individuales asociadas, una por planta. El desglose completo por medida, la composición del monto por nivel de confianza del precio y la proporción respecto de la inversión del proyecto se presentan en IV.9.

La conformación del corte de terracerías en los taludes —lo que la cartera de costos identificaba como **R-2**— se ejecuta con la maquinaria y las cuadrillas de la propia obra, de modo que su costo pertenece al presupuesto de urbanización y no constituye partida independiente de este programa; declararlo aquí lo contabilizaría dos veces. La revegetación de esos mismos taludes sí tiene partida propia, porque va dentro del subtotal de **R-1** (IV.9): sólo el corte queda fuera.

Planos georreferenciados

Los polígonos de compensación y de restauración están georreferenciados en **UTM WGS 84 zona 13 Norte (EPSG:32613)** y sus planos formales integran el Anexo IV. El cuadro de construcción del predio de compensación es el siguiente.

Tabla 26. Cuadro de construcción del predio de compensación, 43.3217 ha. Coordenadas en UTM WGS 84 zona 13 Norte (EPSG:32613).

Vértice	X (m)	Y (m)	Lado	Rumbo	Distancia (m)
1	264,326.092	2,743,025.811	1–2	S 76°22′10″ W	468.198
2	263,871.080	2,742,915.474	2–3	N 23°52′10″ W	413.308
3	263,703.834	2,743,293.432	3–4	N 23°52′10″ W	560.172
4	263,477.159	2,743,805.693	4–5	N 68°17′11″ E	145.199
5	263,612.056	2,743,859.412	5–6	N 60°53′31″ E	153.797

Vértice	X (m)	Y (m)	Lado	Rumbo	Distancia (m)
6	263,746.429	2,743,934.228	6–7	N 42°36′32″ E	180.300
7	263,868.490	2,744,066.927	7–8	S 23°43′37″ E	431.248
8	264,042.015	2,743,672.131	8–9	S 31°55′54″ W	82.746
9	263,998.250	2,743,601.906	9–10	S 03°43′53″ E	161.953
10	264,008.789	2,743,440.297	10–11	S 21°52′56″ E	153.965
11	264,066.173	2,743,297.425	11–12	S 71°45′37″ E	173.036
12	264,230.514	2,743,243.265	12–1	S 23°43′37″ E	237.532
Perímetro					**3,161.454**

Fuente: polígono de compensación del proyecto, proyección UTM WGS 84 zona 13 Norte; plano en el Anexo IV. La superficie de 43.3217 ha es la declarada en el atributo de la capa y es la que este capítulo emplea en todas sus tablas y figuras.

El predio se resuelve en un polígono único de doce vértices y 3,161.454 m de perímetro, sin fracciones dispersas. Esa continuidad importa para la función que la compensación debe prestar: una superficie compacta de 43.3217 ha repone hábitat con interior aprovechable, mientras que la misma superficie repartida en fragmentos sería casi toda borde y no sostendría a las especies que evitan los márgenes.

Las superficies de restauración in situ —1.3311 ha en treinta y seis polígonos distribuidos dentro del Área del Proyecto— se localizan en la zonificación de desmonte, y su trazo se entrega en el mismo Anexo IV con la proyección declarada. Su geometría sigue el contorno de las áreas verdes, comunes y de talud que el proyecto no ocupa de manera permanente, y por eso es irregular y fragmentada: es la superficie residual del desarrollo, y ahí está su límite y también su razón de ser.

IV.9 Valoración económica de las medidas

La valoración económica del paquete de medidas convierte los compromisos de IV.4 a IV.8 en una cifra que el promovente debe presupuestar y que la autoridad puede contrastar con la magnitud de la afectación. De las dieciséis medidas del catálogo de IV.4, trece —incluido el Programa de Vigilancia Ambiental— están valuadas concepto por concepto, y su costo asciende a **8,954,156.08 pesos**; las tres restantes se desarrollan más abajo, en «Medidas cuyo costo no forma partida de este programa».

Cómo se construye cada partida

Cada partida resulta de multiplicar una **cantidad**, que la evaluación de este capítulo determina, por un **precio unitario** tomado de un catálogo de referencia externo al estudio. Ninguno de los dos términos se estima: la cantidad se deriva de las magnitudes ya publicadas —superficies, longitudes, densidades, rendimientos y plazos— y el precio proviene, en la parte del monto que sostiene el compromiso material, del Acuerdo por el que se dan a conocer los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 8 de marzo de 2023, actualizado a pesos de 2026 con el factor del Índice Nacional de Precios al Consumidor que ordena su artículo 3 —143.588 ÷ 127.336 = 1.1276— . Los jornales provienen del salario mínimo general vigente de la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos para 2026, y ya están expresados en pesos de ese año.

Las cantidades que no se leen directamente de una capa se resuelven así:

- **Delimitación del polígono (P-1).** El perímetro del Área del Proyecto mide **3,199.48 m**, que es la longitud que hay que delimitar y señalizar. Es una longitud auxiliar del costo, no una superficie: las superficies del estudio se leen del atributo de las capas.
- **Riego de superficies descubiertas (P-5).** El riego acompaña al movimiento de tierras, y el movimiento de tierras vive dentro de la preparación del sitio, que el programa de obra distribuye en **24 meses**.
- **Rescate de flora (M-1).** La provisión de extracción es de 6,088 individuos (IV.5). A un rendimiento de 25 individuos por jornada-cuadrilla de tres peones, el programa requiere **243.52 jornadas-cuadrilla** —resultado de 6,088 ÷ 25—. El rendimiento es un parámetro de productividad y no un precio: lo que se cotiza es la jornada-cuadrilla.
- **Rescate de fauna (M-2).** El área sujeta a cambio de uso de suelo es de 12.5570 ha y una brigada cubre 0.5 ha por jornada, de modo que se programan **26 brigada-jornadas** completas —resultado de 12.5570 ÷ 0.5 = 25.114, redondeado a jornadas enteras—.
- **Terrazas de la zona de mitigación (M-5).** La densidad comprometida es de 1,283 terrazas por hectárea sobre 1.3309 ha, lo que arroja **1,708 terrazas** —resultado de 1,283 × 1.3309 = 1,707.54, redondeado a pieza entera—.
- **Sonometría perimetral (M-7).** La medición sonora es trimestral y la obra dura 60 meses entre preparación del sitio y construcción, de modo que se programan **20 campañas** —resultado de 60 ÷ 3— .
- **Reforestación del predio de compensación (C-1).** La densidad comprometida es de **350 plantas por hectárea** sobre 43.3217 ha, lo que arroja **15,163 plantas** —resultado de 43.3217 × 350 = 15,162.595, redondeado a planta entera— y otras tantas terrazas individuales, una por planta. El mantenimiento y el deshierbe de los años 1 a 3 se contratan por hectárea; el mantenimiento de los años 4 a 7 se contrata por hectárea y año, lo que da **173.2868 ha·año** —resultado de 43.3217 × 4—; y la asistencia técnica por hectárea sobre la superficie completa del predio.
- **Restauración in situ (R-1).** La zonificación de desmonte declara **1.3311 ha** de afectación temporal sujetas a restauración. A la densidad de 1,283 plantas por hectárea que el proyecto fija para la revegetación in situ corresponden **1,708 plantas** —resultado de 1,283 × 1.3311 = 1,707.80—.
- **Programa de Vigilancia Ambiental.** El horizonte de seguimiento es de siete años: **2 semestres** de responsiva de primer año, **12 semestres** de responsiva de seguimiento para los años 2 a 7 y **7 informes** anuales de cumplimiento.

Costo de las medidas

Tabla 27. Valoración económica del paquete de medidas, por concepto, con su cantidad, precio unitario, importe y fuente del precio.

Medida	Concepto	Cantidad	Unidad	Precio unitario (MXN)	Importe (MXN)	Fuente del precio
P-1 Delimitación física y señalamiento del polígono	Malla, estacado y señalética ambiental instalados	3,199.48	metro lineal	50.00	159,974.00	Cotización de mercado 2026
	Subtotal P-1				**159,974.00**	

Medida	Concepto	Cantidad	Unidad	Precio unitario (MXN)	Importe (MXN)	Fuente del precio
P-4 Manejo de residuos, sanitarios y control de derrames	Retiro y disposición de residuos de obra a sitio autorizado	1	lote	15,000.00	15,000.00	Estimación de mercado 2026, sujeta a cotización
P-4	Sanitarios portátiles con servicio de limpieza	552	sanitario·mes	2,800.00	1,545,600.00	Cotización de mercado 2026
	Subtotal P-4				**1,560,600.00**	
P-5 Riego de superficies descubiertas y cubrimiento de cargas	Riego de superficies con pipa de agua	24	mes	15,000.00	360,000.00	Estimación de mercado 2026, sujeta a cotización
P-5	Cubrimiento de camiones de acarreo con lona	3	camión	800.00	2,400.00	Estimación de mercado 2026, sujeta a cotización
	Subtotal P-5				**362,400.00**	
M-1 Rescate y reubicación de flora	Jornada-cuadrilla de tres peones	243.52	jornada	945.12	230,155.62	Salario mínimo general 2026, Comisión Nacional de los Salarios Mínimos
M-1	Materiales de rescate: sustrato, contenedor y herramienta	1	lote	20,000.00	20,000.00	Estimación de mercado 2026, sujeta a cotización
	Subtotal M-1				**250,155.62**	
M-2 Ahuyentamiento y rescate de fauna	Equipo de brigada: jaulas, redes, posicionador y botiquín	1	lote	25,000.00	25,000.00	Estimación de mercado 2026, sujeta a cotización
M-2	Jornada de biólogo o técnico especializado	26	jornada	1,200.00	31,200.00	Estimación de mercado 2026, sujeta a cotización
	Subtotal M-2				**56,200.00**	
M-3 Mulching y acomodo del material vegetal	Picado y esparcido del material del desmonte	0.9597	hectárea	6,300.00	6,046.11	Mano de obra a salario mínimo general 2026; el insumo es el propio desmonte
	Subtotal M-3				**6,046.11**	

Medida	Concepto	Cantidad	Unidad	Precio unitario (MXN)	Importe (MXN)	Fuente del precio
M-4 Cortina rompevientos perimetral	Trazo y hoyado de la cortina	1,391.0	metro lineal	8.00	11,128.00	Mano de obra a salario mínimo general 2026
	Subtotal M-4				**11,128.00**	
M-5 Terrazas individuales en la zona de mitigación	Terraza individual de 1.0 m de diámetro y 0.10 m de profundidad	1,708	pieza	14.57	24,885.56	Acuerdo de costos de referencia, DOF 08/03/2023, actualizado por INPC
	Subtotal M-5				**24,885.56**	
M-6 Conservación y reintegración del suelo despalmado	Separación, acopio y reincorporación de 11,556 m³ de horizonte orgánico	11,556	metro cúbico	incorporado a la obra	0.00	Ejecutado con la maquinaria y las cuadrillas del movimiento de tierras
	Subtotal M-6				**0.00**	
M-7 Control de emisiones y de ruido	Monitoreo de ruido perimetral (sonometría), NOM-081-SEMARNAT-1994	20	campaña	8,000.00	160,000.00	Estimación de mercado 2026, sujeta a cotización
M-7	Verificación vehicular de la flota de obra	3	vehículo	600.00	1,800.00	Estimación de mercado 2026, sujeta a cotización
	Subtotal M-7				**161,800.00**	
C-1 Reforestación del predio de compensación	Producción o adquisición de planta, ecosistema tropical	15,163	planta	5.07	76,876.41	Acuerdo de costos de referencia, DOF 08/03/2023, actualizado por INPC
C-1	Plantación y establecimiento, ecosistema tropical	15,163	planta	8.90	134,950.70	Acuerdo de costos de referencia, DOF 08/03/2023, actualizado por INPC
C-1	Terraza individual asociada a la plantación, una por planta	15,163	pieza	14.57	220,924.91	Acuerdo de costos de referencia, DOF 08/03/2023, actualizado por INPC

Medida	Concepto	Cantidad	Unidad	Precio unitario (MXN)	Importe (MXN)	Fuente del precio
C-1	Mantenimiento y deshierbe, años 1 a 3, ecosistema tropical	43.3217	hectárea	17,449.35	755,935.51	Acuerdo de costos de referencia, DOF 08/03/2023, actualizado por INPC
C-1	Mantenimiento de la reforestación, años 4 a 7	173.2868	hectárea·año	25,000.00	4,332,170.00	Cotización de mercado 2026; el Acuerdo cubre sólo tres años
C-1	Asistencia técnica	43.3217	hectárea	3,078.43	133,362.82	Acuerdo de costos de referencia, DOF 08/03/2023, actualizado por INPC
	Subtotal C-1				**5,654,220.35**	
R-1 Restauración de las superficies de afectación temporal	Escarificación del suelo compactado y preparación del sustrato	1.3311	hectárea	3,500.00	4,658.85	Estimación de mercado 2026, sujeta a cotización
R-1	Producción o adquisición de planta, ecosistema tropical	1,708	planta	5.07	8,659.56	Acuerdo de costos de referencia, DOF 08/03/2023, actualizado por INPC
R-1	Plantación y establecimiento, ecosistema tropical	1,708	planta	8.90	15,201.20	Acuerdo de costos de referencia, DOF 08/03/2023, actualizado por INPC
R-1	Mantenimiento y deshierbe, años 1 a 3, ecosistema tropical	1.3311	hectárea	17,449.35	23,226.83	Acuerdo de costos de referencia, DOF 08/03/2023, actualizado por INPC
	Subtotal R-1				**51,746.44**	
PVA Programa de Vigilancia Ambiental	Responsiva ambiental, semestres del primer año	2	semestre	90,000.00	180,000.00	Cotización de responsable técnico 2026
PVA	Responsiva ambiental de seguimiento, años 2 a 7	12	semestre	25,000.00	300,000.00	Cotización de responsable técnico 2026

Medida	Concepto	Cantidad	Unidad	Precio unitario (MXN)	Importe (MXN)	Fuente del precio
PVA	Informe anual de cumplimiento a la autoridad	7	informe	25,000.00	175,000.00	Estimación de mercado 2026, sujeta a cotización
	Subtotal PVA				**655,000.00**	
	Total del programa de medidas				**8,954,156.08**	

Fuente: memoria de cálculo de costos del expediente, Anexo J; precios unitarios del Acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 8 de marzo de 2023, del tabulador 2026 de la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos, y cotización de mercado 2026 para el servicio de sanitarios portátiles.

La lectura de la tabla es que **la reposición de la función fuera del predio absorbe el 63.15 % del monto** —resultado de 5,654,220.35 ÷ 8,954,156.08 × 100—, y dentro de ella el sostenimiento pesa mucho más que la siembra: los años 4 a 7 de mantenimiento valen 4,332,170.00 pesos, el 76.62 % de la propia medida, frente a los 211,827.11 que cuestan la planta y su establecimiento. Esa proporción no es un desequilibrio del presupuesto sino la traducción económica de un criterio que este capítulo sostiene desde IV.8: una reforestación se acredita por la planta que sobrevive, no por la que se siembra, y sostener 43.3217 ha durante siete años cuesta más que plantarlas una vez. Un presupuesto que invirtiera esa proporción estaría comprometiendo un acto de plantar.

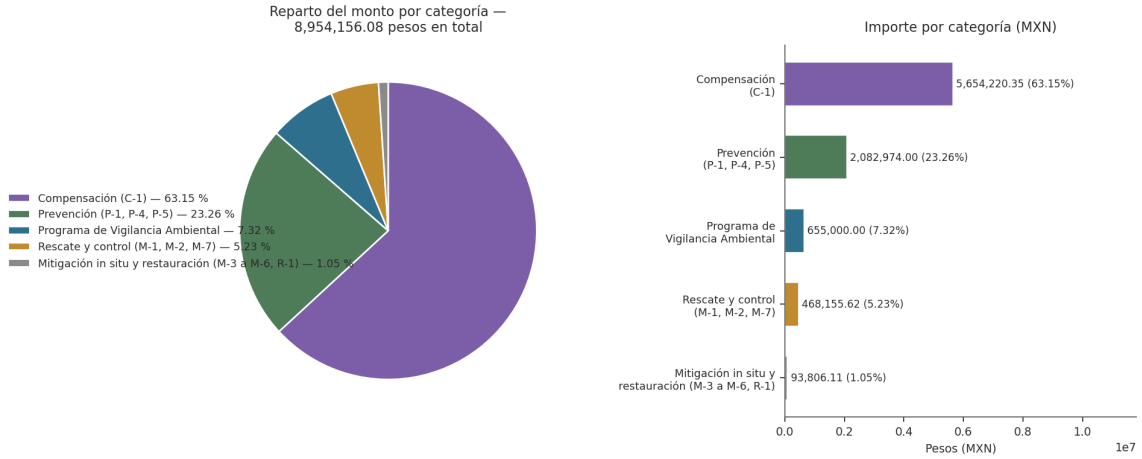


Figura 28. Reparto del monto del programa de medidas por categoría, 8,954,156.08 pesos en total.

Fuente: memoria de cálculo de costos del expediente, Anexo J.

El resto se ordena de manera coherente con lo que cada categoría puede hacer. El Programa de Vigilancia Ambiental toma el 7.32 % porque corre siete años y es lo que convierte una medida ejecutada en una medida verificada. La prevención toma el 23.26 % —P-1, P-4 y P-5— en partidas que corren durante toda la obra: la delimitación del polígono, el manejo de residuos y los sanitarios portátiles, y el riego de las superficies descubiertas con el cubrimiento de camiones. Los sanitarios portátiles son, dentro de ese bloque, la partida dominante —1,545,600.00 pesos de los 2,082,974.00 de la prevención—, porque cubren 552 sanitario-mes a lo largo de los 60 meses que dura el ciclo completo de la obra, no por un precio unitario elevado. La mitigación in situ y la restauración suman 93,806.11 pesos, el 1.05 %, y esa cifra pequeña merece explicación: no mide falta de esfuerzo sino la superficie sobre la que ese esfuerzo cabe —1.3309 ha de obras y 1.3311 ha de restauración, que es lo que el predio deja disponible una vez descontada la ocupación permanente—

y el hecho de que sus dos insumos principales no se compran. El material vegetal del desmonte y el suelo despalmado que M-6 conserva son residuos del propio proyecto que la medida convierte en insumo, y por eso M-3 y M-6 cuestan mano de obra o no cuestan nada. El rescate de flora y de fauna (M-1, M-2) y el control de emisiones y ruido (M-7) suman 468,155.62 pesos, el 5.23 % restante.

Confianza de los precios

Tabla 28. Composición del monto por nivel de confianza del precio unitario.

Confianza del precio	Importe (MXN)	Proporción	Origen
Alta	1,624,179.12	18.1 %	Precios oficiales: Acuerdo del DOF y salario mínimo vigente
Media	6,905,776.96	77.1 %	Precios de mercado con referencia verificable
Baja	424,200.00	4.7 %	Estimaciones de mercado a tanto alzado, sujetas a cotización

Fuente: memoria de cálculo de costos del expediente, Anexo J; clasificación por origen del precio unitario de la Tabla 27 —Acuerdo del Diario Oficial de la Federación y salario mínimo vigente (alta), cotización de mercado con referencia verificable (media), estimación a tanto alzado (baja)—.

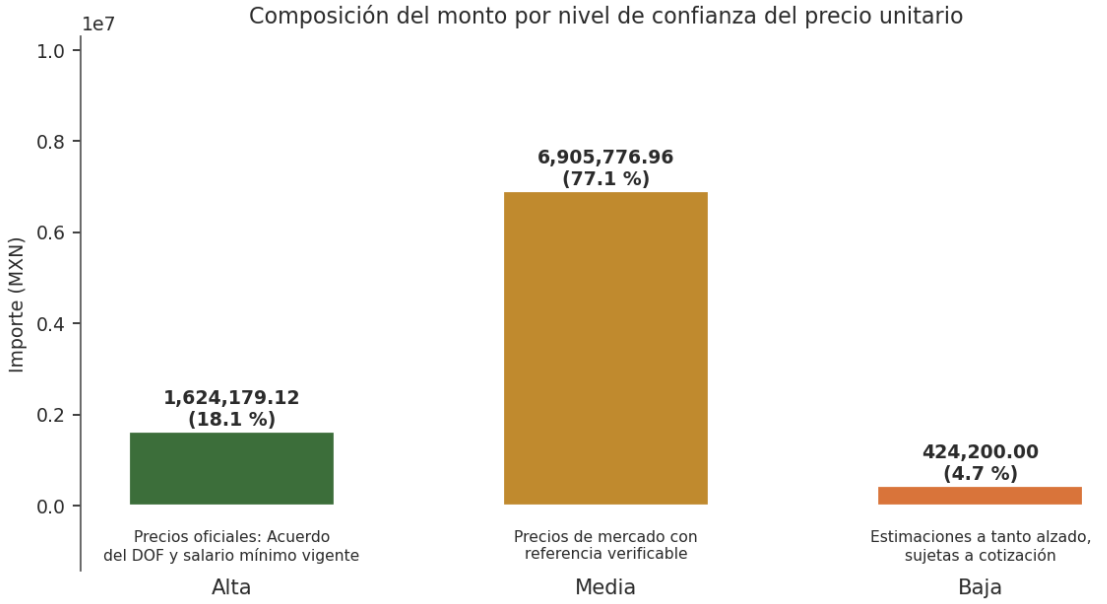


Figura 29. Importe y proporción del programa de medidas por nivel de confianza del precio unitario.

Fuente: memoria de cálculo de costos del expediente, Anexo J.

La composición está dominada por una sola partida y conviene decir cuál: el mantenimiento del predio de compensación durante los años 4 a 7 es el 48.38 % de todo el programa y no tiene precio oficial porque **el Acuerdo del Diario Oficial publica costos de referencia para un horizonte de tres años**. El proyecto compromete siete. La consecuencia es que el precio de esos cuatro años se cotiza en mercado, y la contrastación que la autoridad puede hacer es contra el propio referente oficial: el mantenimiento de los años 1 a 3 en ecosistema tropical vale 17,449.35 pesos por hectárea para los tres años, del orden de 5,816 pesos por hectárea y año, mientras que el de los años 4 a 7 se cotiza en 25,000 pesos por hectárea y año. La

diferencia es deliberada y no la explica la inflación: el mantenimiento tardío se ejecuta sobre planta ya establecida y en un predio en el que la reposición se vuelve más selectiva y el acceso más costoso conforme la cobertura cierra.

Descontada esa partida, el compromiso material descansa en precios oficiales publicados: la planta, su establecimiento, las terrazas, el mantenimiento de los tres primeros años y la asistencia técnica se toman del Acuerdo, y las jornadas de rescate del tabulador de salarios mínimos. El 4.7 % de confianza baja corresponde a partidas a tanto alzado —materiales de rescate de flora, equipo de brigada de fauna, retiro de residuos de obra, el riego con pipa, el cubrimiento de camiones de acarreo y la verificación vehicular— cuyo precio no escala con la magnitud del proyecto y que conviene respaldar con cotización antes del ingreso del trámite. Los sanitarios portátiles ya no forman parte de este grupo: su precio de 2,800.00 pesos por sanitario·mes es una cotización de mercado con referencia verificable, y por eso se clasifica en confianza media.

Proporción respecto de la inversión

El costo del programa de medidas, ya cerrado en su totalidad, equivale al **0.97 % de la inversión del proyecto** —resultado de 8,954,156.08 ÷ 924,990,356.80 × 100—. La cifra se presenta sin adorno y admite una lectura en dos direcciones. Es baja frente a la inversión, y eso demuestra que la reposición ambiental que el proyecto compromete no es una carga que condicione su viabilidad: el desarrollo puede pagarla sin dejar de ser lo que es. Y es alta frente a lo que la afectación exige, porque compra una superficie compensada 3.45 veces mayor que la removida y su mantenimiento durante los siete años en que la plantación se vuelve monte. La suficiencia financiera del compromiso queda, en esa proporción, acreditada.

Medidas cuyo costo no forma partida de este programa

Cuatro compromisos del capítulo no generan partida propia porque su costo está incorporado a la obra y presentarlos aquí los contabilizaría dos veces:

- El **desmonte progresivo por frentes dirigido hacia la vegetación remanente (P-2)** es un criterio de organización del desmonte: lo ejecutan la misma cuadrilla y la misma maquinaria que ya cotiza la obra, y no añade insumo ni jornada.
- La **conservación de las Áreas de Restricción Pluvial y de Talud como superficies no edificables (P-3)** es una restricción de ocupación del suelo, no una obra. Su efecto se produce por no construir.
- La **conexión de las descargas sanitarias a la red municipal (P-6)** es infraestructura del desarrollo y su costo pertenece al presupuesto de urbanización.
- La **conservación, acopio y reintegración del suelo despalmado (M-6)**, sobre un volumen estimado de **11,556 m³**, se ejecuta con la maquinaria y las cuadrillas del propio movimiento de tierras: el suelo se separa en el despalme, se acopia en el predio y se reintegra a las superficies revegetadas, sin transporte ni adquisición externos.

La **estabilización y revegetación de taludes (R-2)** merece una precisión distinta, porque sí tiene costo y ese costo ya está en la tabla. Los taludes sujetos a restauración son 1.0758 ha de las 1.3311 ha que R-1 revegeta, de modo que su planta, su escarificación y su mantenimiento están dentro del subtotal de R-1; lo que R-2 añade sobre esa base es la conformación del corte, que es obra de terracerías del proyecto. Abrirle partida propia duplicaría la revegetación bajo dos siglas.

El **manejo de residuos peligrosos**, cuando llegue a generarse, corresponde a la empresa constructora conforme a su propia obligación normativa, y no al programa de medidas del promovente.

Las tres partidas que dependían de la organización de la obra

Tres partidas de la Tabla 27 no podían cerrarse con una cifra de proyecto o de catálogo: el sanitario portátil, la lona y la verificación vehicular dependen de cuántas unidades organiza la obra, no de una superficie o una densidad que este capítulo ya conociera. El promovente declaró esa cantidad y el apartado I.6 del Capítulo I la pública:

Partida	Cantidad
P-4 · Sanitarios portátiles	3 unidades durante 24 meses en preparación del sitio; 8 unidades durante 60 meses en construcción, a razón de una por cada diez trabajadores
P-5 · Camiones de acarreo dotados de lona	3 unidades: los dos camiones de volteo de 7 m³ y el camión pipa de 10,000 L
M-7 · Unidades sujetas a verificación semestral	las mismas 3, únicas del inventario que circulan por vía pública

Fuente: apartado I.6 del Capítulo I (programa de obra e inventario de maquinaria y transporte del promovente).

Las tres están ya incorporadas al monto de la Tabla 27, con su cantidad y su precio cerrados.

Las cantidades de P-5 y M-7 se tradujeron directo a importe: 3 camiones × 800.00 pesos = 2,400.00 pesos; 3 vehículos × 600.00 pesos = 1,800.00 pesos, porque su unidad de precio es por pieza y no por tiempo. Para P-4 la cantidad es **552 sanitario mes**, resultado de 3 unidades × 24 meses de preparación del sitio + 8 unidades × 60 meses de construcción: el apartado I.5.2 del Capítulo I declara expresamente que las dos etapas «se traslapan porque cada etapa prepara su superficie mientras la anterior se edifica», de modo que los 24 y los 60 meses son la duración propia de cada etapa y no dos tramos sucesivos que deban sumarse; no hay conflicto de calendario que resolver. El precio unitario —2,800.00 pesos por sanitario mes, cotización de mercado 2026— ya está aplicado en el subtotal de P-4 (1,560,600.00 pesos) y en el total de la tabla.

Que sean de bajo importe unitario no las hace accesorias, y la proporción lo explica: actúan sobre la combustión de la maquinaria, que aporta **1,817.74 tCO_2e** frente a las **307.47 tCO_2e** de la pérdida de vegetación —casi seis veces más—. La fracción principal de la huella de carbono del proyecto se atiende con las partidas más baratas del programa, que es la relación que se busca en toda medida preventiva y la que sostiene que este presupuesto esté bien repartido y no sólo bien sumado.

IV.10 Estrategias integradas de protección ambiental

Las dieciséis medidas de IV.4 no operan de forma independiente. Cada componente ambiental afectado recibe varias de ellas, en momentos distintos y por vías distintas, y el resultado sobre ese componente depende de cómo se sostienen entre sí más que del efecto de cualquiera por separado. Este apartado presenta **estrategias por componente ambiental**, y su objeto no es repetir las medidas sino mostrar la arquitectura que forman.

Tabla 29. Componentes ambientales afectados, interacciones adversas aplicables, importancia máxima que registran y medidas que actúan sobre cada uno.

Componente ambiental	Interacciones adversas aplicables	\ máxima I\	Medidas que actúan sobre él
Suelo	10	68	P-1, P-4, P-5, M-3, M-4, M-5, M-6, C-1, R-1
Relieve/geomorfología	4	42	P-3, R-1 (conformación y estabilización de taludes)
Agua	6	46	P-4, P-5, M-3, M-5, R-1
Aire/atmósfera, carbono y microclima	28	53	P-4, P-5, M-3, M-6, M-7, C-1
Ruido ambiental	14	38	M-7
Vegetación y flora / recursos forestales	11	64	P-1, M-1, M-3, M-4, C-1, R-1
Fauna	16	52	M-2, M-4, C-1, R-1
Paisaje	17	32	M-4, C-1, R-1
Medio socioeconómico (empleo, ingreso, vivienda y servicios)	no sujeto a la valoración cuantitativa de Conesa (IV.3.1)	—	P-3, P-6

Las 106 interacciones adversas aplicables a este proyecto (IV.3.1) se reparten íntegras entre las ocho filas ambientales de la tabla.

Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos (Anexo F).

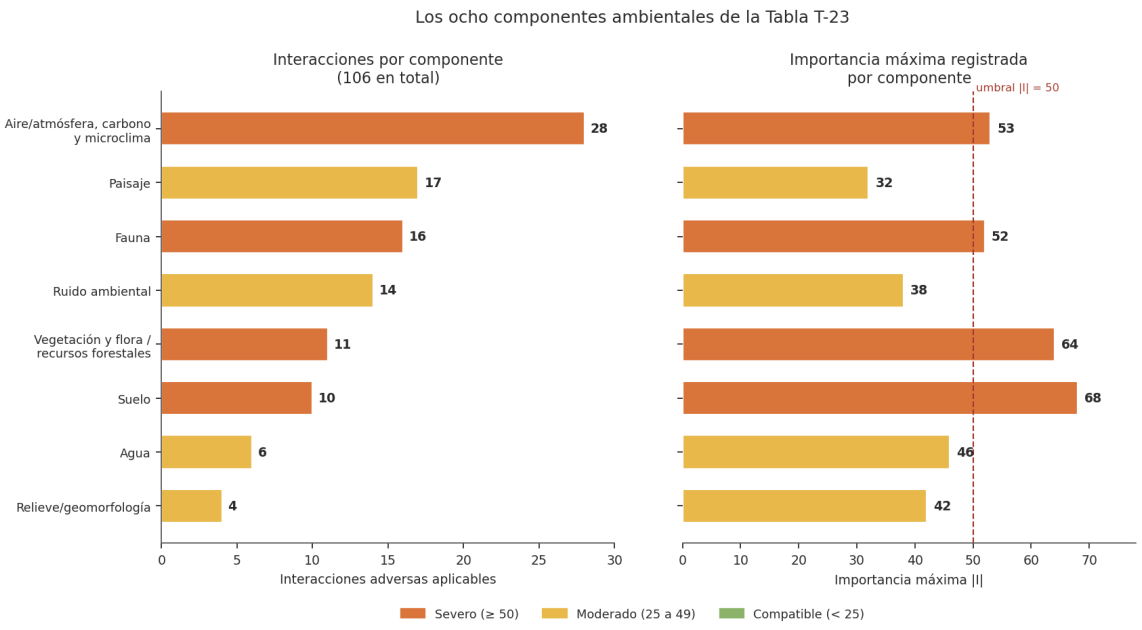


Figura 30. Interacciones adversas aplicables y su importancia máxima, por componente ambiental.

Fuente: memoria de cálculo de la valoración de impactos, Anexo F.

Los dos paneles no se mueven juntos, y esa disonancia es la que organiza el capítulo: Aire/atmósfera, carbono y microclima concentra más de la cuarta parte de las 106 interacciones (28) y además alcanza el umbral de significancia (53); Paisaje, con casi tantas interacciones (17), nunca lo cruza (32). Suelo tiene el menor número de interacciones ambientales de las ocho filas (10) y aun así registra la importancia máxima de todo el proyecto (68) — es la confirmación visual de que la estrategia de cada componente no puede dimensionarse por cuántas veces se repite, sino por qué tan alto llega cuando ocurre.

Estrategia 1 — Suelo

Es el componente que registra la mayor importancia de todo el proyecto —|I| = 68 (Tabla 29)— y el que exige la arquitectura más completa, porque el proyecto lo afecta por tres vías que exigen respuestas distintas: la remoción del horizonte orgánico, la exposición al viento y la exposición al agua.

La estrategia se construye en cuatro tiempos. **Se previene** limitando la superficie que se despalma a la que la traza exige, mediante la delimitación física del polígono (P-1) y la conservación de las áreas de restricción pluvial y de talud como superficies no edificables (P-3). **Se conserva el material removido** en lugar de disponerlo como residuo: la medida M-6 acopia el horizonte orgánico de las 11.5560 ha despalmadas — aproximadamente 11,556 m³— y lo reintegra a las superficies que se revegetan, con lo que el despalme deja de ser una pérdida definitiva para convertirse en un traslado. **Se protege la superficie desnuda** de inmediato, con el mulching sobre 0.9597 ha, la cortina rompevientos de 1,391.0 m y las terrazas individuales a 1,283 por hectárea sobre 1.3309 ha, que actúan sobre las dos formas de erosión a la vez y retienen **184.08 ton·año⁻¹** frente a una erosión eólica de línea base de 1.92 ton·año⁻¹. **Se repone la función** fuera del predio, en las 43.3217 ha del predio de compensación con 350 terrazas individuales por hectárea, que es lo único que responde al sellado permanente de 12.1378 ha bajo pavimento y edificación.

La coherencia de la estrategia está en que las cuatro piezas se necesitan: sin M-6 la revegetación de R-1 carecería de sustrato; sin las obras de M-3, M-4 y M-5 la superficie despalmada perdería el material que M-6 acopió antes de reintegrarlo; y sin C-1 el sellado permanente quedaría sin respuesta alguna.

Estrategia 2 — Geomorfología

Es el componente con la estrategia más acotada, porque el impacto es acotado: el corte de terracerías modifica el relieve exactamente donde se ejecuta y no se propaga. La estrategia tiene dos piezas. **Se previene** la ocupación de las superficies de pendiente pronunciada declarándolas no aptas para vivienda en la propia zonificación del proyecto (P-3), lo que evita que el corte se profundice para habilitarlas. Se estabiliza y se revegeta la superficie resultante: la conformación final del corte y las obras de disipación de energía en las descargas pluviales que lo alimentan son obra de terracerías del propio proyecto, y la revegetación del talud conformado queda dentro de la restauración de las superficies de afectación temporal (R-1), que es la partida que finalmente la cubre (IV.8).

El corte no se revierte —eso es imposible— y la estrategia no lo pretende. Lo que consigue es que el cambio de forma quede acotado a eso, un cambio de forma, y no derive en el proceso erosivo que un talud desnudo alimenta. El indicador que lo verifica es la ausencia de cárcavas activas al término de cada temporada de lluvias.

Estrategia 3 — Agua

El agua recibe impactos por tres subcomponentes —escurrimiento, calidad y recarga— y de las tres etapas del proyecto, lo que la convierte en el componente sobre el que actúan acciones de todo el ciclo. La estrategia responde en las tres.

Sobre el escurrimiento, el proyecto sustituye el flujo difuso sobre superficie desnuda por una conducción ordenada: red pluvial dimensionada y Áreas de Restricción Pluvial conservadas (P-3), con terrazas individuales que interrumpen la longitud de pendiente antes de que el flujo se concentre (M-5). **Sobre la calidad**, la totalidad de las descargas sanitarias se conecta a la red municipal, sin vertido al suelo ni al escurrimiento que drena hacia el Arroyo del Toro a 232.0 m (P-6), y el manejo de residuos y el control de derrames en el frente de obra evitan el aporte de finos y contaminantes durante la construcción (P-4). **Sobre la recarga**, las obras de conservación recuperan **19,325.0 m³ acumulados** de infiltración in situ (M-5, M-3), y las áreas de restricción y verdes conservan superficie permeable dentro del desarrollo.

La estrategia reconoce un límite que no oculta: la demanda de agua potable de la ocupación habitacional no admite compensación ambiental. Es demanda, y su atención corresponde a la capacidad del sistema de abastecimiento municipal, acreditada por la constancia de factibilidad que IV.6.2 solicita.

Estrategia 4 — Atmósfera y microclima

El componente recibe tres clases de impacto que la estrategia trata por separado porque tienen receptores distintos: las partículas y los gases de combustión, cuyo receptor es local; el carbono, cuyo receptor es global; y el microclima, cuyo efecto —el cambio de albedo y de capacidad de retención de humedad que induce el pavimento sobre la superficie de ocupación permanente— es también local pero de otra naturaleza física.

Sobre la calidad del aire local, la estrategia es de control de fuente: riego de superficies descubiertas y cubrimiento de materiales y de camiones de acarreo durante todo el movimiento de tierras (P-5), verificación vigente de la flota y control de horarios de las actividades de mayor emisión (M-7). Es una estrategia enteramente preventiva, y lo es porque una partícula emitida no se recupera.

Sobre el carbono, la estrategia es de reposición. Frente a las 307.4653 tCO_2e liberadas por la remoción de la biomasa, el proyecto establece un sumidero de 43.3217 ha —3.45 veces la superficie removida— cuya captura crece con el desarrollo de la plantación (C-1), y evita la emisión adicional que produciría la quema del material vegetal al comprometer su picado y esparcido sobre el suelo (M-3). El desfase temporal entre la liberación y la captura es el residual de este componente y se declara en IV.6.4.

Sobre el microclima, la estrategia es de mitigación de la superficie expuesta: la cortina rompevientos y las áreas verdes arboladas (M-4, C-1, R-1) mantienen cobertura vegetal dentro y en torno al desarrollo, que amortigua el efecto de isla de calor que la pavimentación y la edificación introducen sobre las 12.1378 ha de ocupación permanente.

Estrategia 5 — Ambiente sonoro

El ruido es el componente cuya afectación es más perceptible para el vecino inmediato y más reversible en el medio: cesa cuando cesa la fuente. La estrategia es por eso íntegramente de control de fuente y de horario (M-7), con verificación de la flota y sonometría trimestral en los linderos del predio. Ninguna interacción del componente alcanza el umbral de significancia y todas son de persistencia fugaz durante la obra, salvo el ruido de fondo que la ocupación introduce de manera permanente, que es de intensidad baja.

La estrategia depende de un dato que hoy falta: sin la medición del ruido de fondo previa al inicio de obra, el indicador sólo puede contrastarse contra el límite normativo aplicable y no contra el incremento efectivamente atribuible al proyecto. El hueco quedó declarado en IV.5.

Estrategia 6 — Vegetación y flora

Es el componente donde se concentra la mayor pérdida física del proyecto —la remoción de 12.5570 ha de selva baja caducifolia—, cuya interacción de mayor importancia sobre los recursos forestales alcanza I = −64 (derribo de la vegetación; el máximo del proyecto, I = −68, corresponde al suelo). La estrategia debe operar en las cuatro categorías porque ninguna basta por sí sola.

Se previene el desmonte fuera de la superficie autorizada mediante la delimitación física del polígono y su verificación semanal (P-1). **Se mitiga** la pérdida de individuos y de germoplasma con el rescate y la reubicación de flora (M-1), y se aprovecha el material removido —193.2590 m³ en rollo total árbol— incorporándolo al suelo como mulch en lugar de disponerlo o quemarlo (M-3). **Se restaura** la cobertura en las 1.3311 ha de afectación temporal, con especies nativas y con el suelo orgánico que M-6 acopió (R-1), y se consolida esa cobertura con el mantenimiento de las áreas verdes durante la operación. **Se compensa** la función en 43.3217 ha reforestadas, con un saldo positivo de 30.7647 ha de superficie arbolada (C-1).

La arquitectura tiene una jerarquía clara y conviene enunciarla: la compensación es el único componente de la estrategia que responde a la magnitud de la afectación, y las otras tres categorías responden a lo que la compensación no puede atender —los individuos concretos que se pierden, el material que se aprovecha y la superficie que sí se recupera in situ—. Presentar las cuatro como equivalentes disfrazaría ese hecho.

Estrategia 7 — Fauna y conectividad

Es el componente cuya estrategia debe extenderse a lo largo de todo el ciclo del proyecto, porque la presión sobre él también se extiende: el desmonte desplaza durante la preparación del sitio, y la ocupación urbana presiona el sitio de refugio durante toda la operación. Una estrategia que se agotara en el desmonte dejaría sin atender la mitad del problema.

Durante la preparación del sitio, el desmonte se ejecuta de manera progresiva por frentes y dirigido hacia la vegetación remanente, fuera de la temporada reproductiva y previo recorrido de ahuyentamiento (P-2), y una brigada especializada rescata y reubica los ejemplares que no se desplazan por sí mismos (M-2). **Durante la construcción y la operación**, la cortina rompevientos con especies nativas y las áreas verdes arboladas conservan estructura vegetal dentro del predio, que ofrece percha, refugio y alimento a la fauna que tolera el entorno urbano y amortigua el borde entre el desarrollo y el macizo forestal contiguo (M-4, R-1). **A lo largo de todo el proyecto y más allá de él**, las 43.3217 ha del predio de compensación reponen superficie de hábitat, y son la única pieza de la estrategia cuyo efecto crece precisamente durante la etapa en que la presión de la ocupación se manifiesta (C-1).

El estudio declara el límite de esta estrategia: la colonización efectiva de la superficie compensada por las poblaciones desplazadas no está garantizada, y depende de un criterio de selección del predio que IV.8 solicita.

Estrategia 8 — Paisaje

El componente recibe **17 interacciones adversas**, ninguna significativa —la de mayor magnitud llega a I = −32, en la apertura de accesos y brechas, el derribo de la vegetación y el despalme del horizonte orgánico (IV.3.3)—, y ninguna interacción benéfica valorada por Conesa. La estrategia tiene dos piezas y ambas actúan sobre la textura, no sobre el volumen: la cortina rompevientos perimetral de 1,391.0 m reintroduce una línea arbolada entre el conjunto edificado y su entorno (M-4), y la revegetación de las áreas verdes y de los taludes restaurados devuelve textura vegetal al interior del desarrollo (R-1).

La estrategia no pretende ocultar el desarrollo, y sería insostenible que lo pretendiera. Lo que hace es que el cambio visual se produzca sobre un ámbito que ya presenta textura urbana en el 46.54 % del Área de Influencia, y que el borde entre lo edificado y lo forestal quede resuelto con vegetación y no con una línea dura.

El alcance de esta estrategia está acotado por la ausencia de la medición de cuenca visual declarada en IV.1.2: el estudio puede afirmar que la cortina atenúa el contraste, pero no puede cuantificar sobre qué superficie ni para cuántos observadores.

Estrategia 9 — Medio socioeconómico

Es el único componente que no recibe ninguna interacción adversa. La matriz de identificación reconoce sus dos subcomponentes —empleo/ingreso y derrama económica local— como benéficos, pero no los somete a la valoración cuantitativa de Conesa, reservada por el método a los factores ambientales (IV.3.1); por eso este componente no tiene una importancia numérica que citar, y la estrategia no consiste en atender un impacto sino en asegurar que esos beneficios identificados se materialicen.

La estrategia consiste en garantizar las condiciones que hacen reales esos beneficios. **La conexión de la totalidad de las viviendas a la red municipal de agua potable y de drenaje sanitario** (P-6) es lo que separa un desarrollo con servicios de uno que los promete. **La red pluvial dimensionada y las Áreas de Restricción Pluvial** (P-3) reducen la exposición de la población residente a los eventos de precipitación extrema en un predio que la cartografía de peligro clasifica con vulnerabilidad alta a la inundación. **La contratación de mano de obra y de proveeduría local** durante la preparación y la construcción es lo que convierte la inversión en derrama para el entorno inmediato.

La arquitectura del conjunto

Las nueve estrategias comparten una lógica y conviene enunciarla, porque es el argumento de fondo de este capítulo. El proyecto responde a una demanda social real —vivienda formal con servicios en una ciudad que crece sobre su periferia— y satisfacerla implica necesariamente afectar el medio: remover 12.5570 ha de selva baja caducifolia, retirar el horizonte orgánico de 11.5560 ha y ocupar de manera permanente 12.1378 ha. Este capítulo no ha atenuado ninguna de esas cifras ni ha propuesto que el proyecto sea inocuo.

Lo que las nueve estrategias establecen es que la afectación está administrada: cada componente afectado tiene identificadas las vías por las que se le afecta, asignadas las medidas que las atienden, definidos los indicadores que verifican su cumplimiento y su eficacia, y declarados los residuales que persisten y la superficie donde se reponen. Ninguno de los ocho componentes ambientales recibe una interacción benéfica valorada por Conesa en este proyecto —esa clase de beneficio pertenece íntegramente a la etapa de cierre que MIA Fraccionamiento Sedona no declara—, pero las medidas sí producen beneficios físicos verificables por los motores de cálculo aguas arriba: el saldo del proyecto sobre la Región Ecológica es de 30.7647 ha netas de superficie arbolada, 184.08 ton·año^{-1} de suelo retenido y 19,325.0 m³ de infiltración recuperada, en una cuenca cuyo 60.49 % presenta degradación en incremento.
Ese es el sentido de la evaluación: no acreditar que el proyecto no afecta, sino que afecta de forma sustentable, con las medidas que lo hacen compatible con la permanencia de los servicios ambientales del territorio, y con los beneficios sociales y económicos que esa compatibilidad hace posibles.