GUÍA PARA LA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

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

PROYECTO	
Nombre del Proyecto[1]	PROYECTO DE LOTIFICACION HABITACIONAL.
[1]Utilizar el mismo nombre en todos los documentos relativos a la MIA y en la publicación.	
PROMOVENTE	
Nombre o Razón Social	FRACCIONAMIENTO LAS PALMAS DE MEDELLIN S.A. DE C.V.
RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
Nombre o Razón Social	
Nombre del responsable técnico de elaboración del estudio de impacto ambiental	[redacted]
Correo(s) electrónico(s)	[redacted]

Declaro bajo protesta de decir verdad que los resultados de la Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto se obtuvieron a través de 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 sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales (Artículo 36 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental).

Nombre y firma electrónica digital del responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental

[redacted]

Nota: La responsabilidad respecto del contenido del presente documento corresponderá a quien lo elabore. Si se comprueba que en la elaboración de los documentos en cuestión la información es falsa, el responsable será sancionado de conformidad con el Capítulo IV del Título Sexto de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), sin perjuicio de las sanciones que resulten de la aplicación de otras disposiciones jurídicas relacionadas.

UBICACIÓN DEL PROYECTO			
Entidad Federativa	Veracruz	**Municipio**	Medellín de Bravo
Calle y número, código postal y localidad, en caso aplicable.	Ejido Primero la Palma, Fraccionamiento Las Palmas de Medellín.		
Imagen de ubicación del Proyecto, incluir todos los polígonos de los componentes que lo conforman[2]			



[2]Anexar planos georreferenciados en UTM, Datum WGS84, así como archivos en formato shapefile, KML/KMZ y CSV, del polígono general y de cada uno de los componentes del Proyecto, incluyendo obras complementarias y temporales; así como de los polígonos de las superficies de intervención y afectación y cambio de uso del suelo, referidas en la tabla de Superficies generales del Proyecto, asimismo en formato PDF y DWG del Proyecto. – Se anexan planos impresos y en formato digital, así como archivos kmz de las áreas del proyecto, y coordenadas en archivo Excel.

Anexos\Planos del proyecto
Anexos\Coordenadas y KMZ
Anexos\Coordenadas y KMZ\Coordenadas del proyecto.xlsx

DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DE LAS OBRAS Y ACTIVIDADES, INCLUYENDO OBRAS COMPLEMENTARIAS

El proyecto consiste en la lotificación de un predio de 7.03 Has, junto con la construcción de obras complementarias, como son: vialidades, redes hidráulicas, eléctricas, sanitarias y áreas verdes.

Indicar las obras temporales previstas

No se ejecutarán obras temporales, los únicos elementos temporales serán las instalaciones destinadas al almacenamiento de materiales, los campamentos de obra serán por medio de contenedores habilitados como oficina provisional, eventualmente se podrá habilitar alguna techumbre desmontable para fines de resguardo de personal y equipos.

Indicar los tipos de obras o actividades del Proyecto conforme al artículo 5 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

El proyecto se basa en los incisos O) Cambios de uso de suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas, e inciso Q) Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros.

Costo de inversión del Proyecto ($)	Costo de medidas de prevención, mitigación, compensación y/o restauración ($)	Total ($)
[redacted]	[redacted]	[redacted]

Duración estimada del Proyecto (conforme al cronograma de trabajo)	
Etapa	**Duración en años, meses o semanas**
Preparación del sitio y construcción	24 meses (2 años)
Operación y/o mantenimiento	Indefinido.
Cierre y abandono de sitio[3]	No se contempla.
[3]Anexar en los casos aplicables el Programa de cierre de operaciones, desmantelamiento, abandono y/o restauración del sitio.	

TABLA RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.			
Concepto		**Preparación del sitio y construcción (cantidad y unidades)[4]**	**Operación (cantidad y unidades)[4]**
Consumo de energía eléctrica		5,810 L diésel – 3,800 kWh	264,000 kWh/mes
Consumo de agua		2,262 m^3	4,698 m3/mes
Emisiones de gases de efecto invernadero		17.2 ton CO_2	6,480 kg CO_2 (anualidad)
Aprovechamiento de otros recursos naturales (especificar)		No aplica	No aplica
Generación de residuos	**Peligrosos**	No aplica	No aplica
	Manejo especial	Menor a 200 kg por mes	No aplica
	Sólidos urbanos	Menor a 500 kg	Estimado entre 50-100 kg/mes
Descargas de agua residual y/o de proceso, indicando el cuerpo receptor y la ubicación del sitio específico de descarga, georreferenciado en UTM, Datum WGS84		No aplica	PTAR existente en el fraccionamiento, punto de descarga de agua residual amparado en título de concesión 10VER102357/28AAGR00: latitud 19°5'59.3" longitud 96°6'42.7"
Otros en su caso (especificar)		No aplica	No aplica

[4]Anexar memorias de cálculo de los datos asentados – La memoria de cálculo se presenta en el apartado 1.6 ESTIMACIONES PARA DEMANDA DE AGUA, ENERGIA Y EMISIONES.

Superficies generales del Proyecto		
Concepto	**Superficie**	
Superficie del predio o superficie total para el desarrollo del Proyecto	70,359.73 m^2	
Superficie de desplante de construcciones, obras y/o instalaciones[5]	22,954.63 m^2	
Superficie a intervenir sin construcciones o instalaciones proyectadas[6]	47,149.99 m^2	
	Existente	**Por afectar**
Superficie total de vegetación[7]	70,359.73 m^2	70,359.73 m^2
Superficie de vegetación forestal total[8]	8,559 m^2	8,559 m^2
Superficie por cada tipo de vegetación forestal		

Tipo de vegetación 1:Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	8,559 m^2	8,559 m^2
Superficie de incidencia en Cuerpos de agua (temporal y/o permanente)	0.00 m^2	
Superficie de incidencia en Zona Federal (temporal y/o permanente)	0.00 m^2	
Superficie de incidencia en Zona Federal Marítimo Terrestre (temporal y/o permanente)	0.00 m^2	

[5]Considerar las superficies por componente/obra y total que ocuparán las construcciones e instalaciones que contemple el Proyecto.
[6]Incluir las superficies que serán intervenidas pero que no contarán con construcciones o instalaciones definitivas, como campamentos, patio de maniobras, almacenes, bodegas, entre otros.
[7]Incluir la superficie que contenga todo tipo de vegetación (nativa u original, inducida, secundaria, entre otros) dentro del área de intervención o del predio.
[8]Las superficies y polígonos de cambio de uso del suelo deberán ser congruentes con las superficies de los polígonos para la obtención de la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

De acuerdo con las características del Proyecto, complementar la información de la presente Guía incorporando la información y documentación requerida conforme a los anexos por sector y subsector e incluir la información relativa al estudio de riesgo en caso de actividades consideradas altamente riesgosas de conformidad con el Primer y Segundo listados de Actividades Altamente Riesgosas.

De conformidad con el artículo 34 de la LGEEPA, el Promovente deberá publicar[9] a su costa, un extracto del Proyecto de la obra o actividad en un periódico de amplia circulación en la entidad o entidades federativas de que se trate, dentro del plazo de cinco días contados a partir de la fecha en que se presente la manifestación de impacto ambiental a la Secretaría, debiendo acreditarlo por escrito dentro de los siguientes tres días contados a partir de la fecha de publicación; sin lo cual, no podrá integrarse debidamente el expediente. Para efecto de acreditar la publicación antes referida, el Promovente podrá proporcionar el enlace o vinculo a la página web del periódico respectivo donde conste dicha publicación.
[9]No realizar la publicación antes de ingresar la MIA ante la Secretaría.

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

Nombre del instrumento jurídico[1]	Disposiciones y restricciones aplicables al Proyecto en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) [1]	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento) [1]
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	Artículos 4, 25, 27	Se analizan los artículos que tienen vinculación con la constitución política y el proyecto.
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	Artículos 1, 5, 15, 28, 30, 50, 110, 117, 134, 150, 155	Se indican los artículos que la Ley menciona como vinculantes para la ejecución del proyecto.
Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental	Artículos 5, 9, 51	La vinculación con estos artículos hace referencia a las disposiciones a las que está sujeto el promovente, dado que el reglamento establece el procedimiento a seguir, tanto por este último, como por la propia Secretaría.
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	Artículo 68, 69, 93, 95, 96, 97, 98	Se realiza la vinculación de esta ley de acuerdo al desarrollo de las actividades encaminadas al cambio de uso de suelo en terrenos forestales

Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	Artículos 139, 141, 143, 144, 146	Al igual que en el apartado anterior, el proyecto incide en actividades ligadas a cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por lo que el reglamento de la ley es vinculante.
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.	Artículo 40, 41, 42, 44, 47, 54, 95	Se realiza la vinculación de esta ley de acuerdo al desarrollo de las actividades ligadas a la manifestación de impacto ambiental
Ley General de Vida Silvestre	Artículo 4, 30, 31, 60 TER	Se indican los artículos que la Ley menciona como vinculantes para la ejecución del proyecto.
Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre	Artículo 41	Se indican los artículos que la Ley menciona como vinculantes para la ejecución del proyecto.
Programas de Ordenamiento Ecológico (general del territorio, regional, local y marino)	Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe	El proyecto se analizó acorde a los criterios establecidos en estos instrumentos
Decreto del Área Natural Protegida (ANP) o Área Destinada Voluntariamente a la Conservación (ADVC)	ANP Federal Sistema Arrecifal Veracruzano	Se analizó esta ANP, dado que se trata de la más cercana al sitio de proyecto.
Plan o Programa de Manejo del ANP o ADVC	Plan de manejo PNSAV	Se analizó el programa de manejo, sin embargo, este regula principalmente las actividades sobre la porción marina
Programas y/o Planes de Desarrollo Urbano	Actualización del programa de ordenamiento urbano de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río-Medellín-Alvarado. Programa Parcial de Desarrollo Urbano de la	El proyecto se analizó acorde a los criterios establecidos en estos instrumentos
Normas Oficiales Mexicanas	NOM-001-SEMARNAT-2021, NOM-041-SEMARNAT-2015, NOM-045-SEMARNAT-2017, NOM-050-SEMARNAT-2018, NOM-081-SEMARNAT-2011, NOM-059-SEMARNAT-2010,	La vinculación del proyecto se realizó acorde a las normas oficiales relacionadas

[1]**Presentar la vinculación detallada con otros instrumentos jurídicos aplicables a la obra o actividad proyectada de acuerdo con lo indicado en los anexos por sector –** La vinculación de estos apartados, se presentó de manera detallada en el capítulo 2.

Capítulo II\Capítulo 2.docx

Localidad(es) con población indígena en las que incide el sitio de intervención del Proyecto y/o su zona de influencia[2]

Estado (s)	Municipio (s)	Localidad (es)
Veracruz	Medellín de Bravo	No existen localidades indígenas en el sitio del proyecto.

[2]**Consultar la última actualización publicada por el Instituto Nacional de Pueblos Indígenas, del Catálogo Nacional de Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas.**
-Presentar en anexo, los documentos de los resultados y acuerdos de la consulta a la comunidad indígena, en los casos aplicables.

Capítulo II\Consulta INPI

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA

Delimitación, descripción, caracterización y diagnóstico de la región o regiones ecológicas (Artículo 3 fracción XXXI de la LGEEPA) donde se pretende ubicar el Proyecto, considerando los ecosistemas que se circunscriben y los elementos del ambiente (bióticos, abióticos, económicos y sociales) que los conforman, identificando, describiendo y analizando las relaciones de interdependencia entre dichos elementos, así como las problemáticas ambientales existentes a las que se sumarán los efectos de los impactos ambientales que generarán las obras y actividades consideradas por el promovente para la realización del Proyecto.

Elementos utilizados para la delimitación de la Región o Regiones Ecológicas de acuerdo con las características y alcances del Proyecto

Criterios para delimitación[1]	La Región Ecológica (RE) se delimitó tomando como unidad territorial de referencia la **Subcuenca Hidrográfica El Tejar**, considerando como criterios principales la hidrología e hidrografía, la distribución del uso de suelo y la vegetación, las características fisiográficas y geomorfológicas, así como las relaciones de interdependencia y funcionalidad entre los componentes bióticos y abióticos. De manera complementaria, se consideró el grado de ocupación y transformación antropogénica del territorio, incluyendo infraestructura y asentamientos existentes, así como las condiciones de ocupación socioeconómica. La selección de esta unidad permite establecer una escala ambiental funcional y congruente con las características y alcances del proyecto.
Superficie de la Región Ecológica[2]	La superficie de la Subcuenca "El Tejar", conforme al análisis de los datos espaciales y la cartografía digital, se calculó en 333.33 km^2 (33,333.4723 ha). Se anexa plano en PDF y archivos en formato shape y KML. Anexos del Capítulo III\Región Ecológica - Subcuenca El Tejar\Archivos ShapeFile Anexos del Capítulo III\Región Ecológica - Subcuenca El Tejar\Región Ecológica - Subcuenca El Tejar.kml Anexos del Capítulo III\Región Ecológica - Subcuenca El Tejar\Región Ecológica - Subcuenca El Tejar.pdf

[1]Indicar los criterios y/o métodos utilizados para la delimitación de la región o regiones ecológicas; la cual, deberá ser congruente con la ubicación, características y alcances del Proyecto, los ecosistemas y factores ambientales presentes; en este sentido, se podrán utilizar, de manera enunciativa mas no limitativa, Unidades Ambientales Biofísicas (UAB), Unidades de Gestión Ambiental (UGA), hidrografía, Uso de suelo y vegetación, áreas geográficas, Hidrología (superficial y subterránea), Batimetría, Celdas litorales, Geomorfología, microcuencas, nanocuencas, regiones prioritarias, corredores biológicos, entre otros; sin utilizar límites estatales o municipales. De igual modo, se deberá presentar la justificación de los criterios y/o métodos utilizados de acuerdo con el proyecto pretendido.
[2]Anexar Plano georreferenciado en UTM, Datum WGS84, de la Región o Regiones Ecológicas delimitadas, en formato PDF y archivos en formato shapefile, KML/KMZ y CSV.

Descripción de los tipos de uso de suelo y vegetación presentes en la Región o Regiones Ecológicas[3]

La descripción de los tipos de uso del suelo y vegetación presentes en la Región Ecológica, se encuentra desarrollada de manera detallada en el contenido del Capítulo III que se presenta como anexo, particularmente en el apartado **III.2 USOS DE SUELO Y VEGETACIÓN PRESENTES EN LA REGIÓN ECOLÓGICA.**
[3]Conforme a la cartografía más actual de la clasificación de uso del suelo y vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Especies potenciales

Componente	Listados de especies potenciales
Flora	El listado de especies potencialmente asociadas a las diferentes coberturas identificadas en la Región Ecológica, se encuentra desarrollada de manera detallada en el contenido del Capítulo III que se presenta como anexo, particularmente en los apartados **III.3 LISTADO DE ESPECIES POTENCIALES DE FLORA Y FAUNA ASOCIADAS A LA REGIÓN ECOLÓGICA**.
Fauna	

Resumen y metodología de muestreos[4] en el Área del Proyecto (AP), Área de Influencia (AI) y Región Ecológica (RE)

Componente	Tipos (Aleatorio, Simple, sistemático, otro)	Métodos (Transecto, lineal, área, puntual)	Número de sitios de muestreo	Horario de muestreo (diurno, nocturno)	Estacionalidad (lluvias, secas, primavera, verano, otoño, invierno)[5]	Fecha de realización y esfuerzo del muestreo	Comunidad Perenne o estacional	Comunidad Acuática o terrestre

Flora	Aleatorio simple	Cuadrantes	11	Diurno	Lluvias y Secas	21 marzo al 11 de abril de 2026, y del 18 de julio al 07 de agosto de 2026	Estacional	Terrestre
Fauna	Otro (Muestreo dirigido/estratificado por ambiente y grupo faunístico)	Transectos lineales, puntos de observación y métodos específicos por grupo	34	Diurno y Nocturno	Lluvias y Secas	21 marzo al 11 de abril de 2026, y del 18 de julio al 07 de agosto de 2026	Perenne	Terrestre

[4]Los muestreos deben de establecerse, considerando el tipo de proyecto, ecosistemas, vegetación presente en el área por forma biológica, grupos faunísticos, así como la temporalidad perennifolia o caducifolia, entre otros.
[5]Ejecutado como mínimo durante 2 temporadas en un ciclo anual (secas y lluvias).

Especies identificadas en campo[6] endémicas o que se encuentren en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010

Componente	Nombre científico	Nombre común	Categoría de riesgo	Endémica (Sí/No)	Número de individuos	Presencia[7]		
						AP	AI	RE
Flora	*Cedrela odorata*	Cedro rojo	Pr	No	1	- - -	- - -	1
Fauna	*Hypopachus ustus*	Sapo boca angosta huasteco	Pr	No	3	1	- - -	2
	Ctenosaura acanthura	Iguana de cola espinosa del Golfo	Pr	Sí	13	1	- - -	12
	Iguana iguana	Iguana verde	Pr	No	10	5	- - -	5
	Cairina moschata	Pato Real	P	No	4	- - -		4
	Aramus guarauna	Carrao	A	No	4	- - -	- - -	4
	Tigrisoma mexicanum	Garza Tigre Mexicana	Pr	No	1	- - -	- - -	1
	Micrurus diastema	Serpiente coralillo del Sureste	Pr	No	2	1	- - -	1
	Leptonycteris yerbabuenae	Murciélago magueyero menor	Pr	No	1	1	- - -	- - -
	Falco femoralis	Halcón fajado	A	No	1	1	- - -	- - -

[6]Anexar el análisis estadístico que demuestre la representatividad de los muestreos realizados, incluyendo los métodos utilizados y memorias de cálculo.
[7]Anexar mapas georreferenciados en UTM, Datum WGS84, en formato PDF y archivos en formato shapefile, KML/KMZ y CSV, de la ubicación de las especies identificadas en campo que se encuentren en alguna categoría de riesgo de acuerdo con el listado actualizado de la NOM-059-SEMARNAT-2010, incluyendo los resultados de los muestreos y mapas de distribución existentes (Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), entre otras).
-Anexar Listado completo de especies identificadas en campo; así como la información de soporte de los resultados de los muestreos de flora y fauna, mapas de ubicación georreferenciada en UTM, Datum WGS84, de sitios de muestreo e imágenes de referencia.
-Anexar listado completo de individuos por especie que se pretenden afectar, que contenga nombre científico, nombre común, categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, si corresponde a especie endémica, número de individuos por afectar, tipo de afectación, tipo de vegetación (forestal o no forestal) y coordenadas de ubicación georreferenciada en UTM, Datum WGS84, considerar en su caso, aquellas especies de importancia médica, económica y/o ecológica, estén o no en algún estatus de protección.

Índices de diversidad biológica						
Componente	**Nombre de Índice (Shannon-Wiener, Simpson, de Valor de Importancia, entre otros)**	**Parámetro**	**Valor del Índice**			**Análisis y conclusiones de los resultados de los índices[8]**
			AP	**AI**	**RE**	
Flora	Shannon-Wiener (H')	Estrato arbóreo	0.59	N/A	2.06	La diversidad arbórea es menor en el CUSTF que en la RE, lo que se relaciona con la menor riqueza y la marcada dominancia de Pithecellobium insigne.
		Estrato arbustivo	0.30	N/A	1.59	El CUSTF presenta una diversidad arbustiva considerablemente menor y una fuerte concentración estructural en Bonellia macrocarpa.
		Bejucos	1.17	N/A	1.23	Los valores son relativamente próximos; ambos sitios presentan una composición semejante y las cuatro especies registradas en el CUSTF también están representadas regionalmente.
		Cactáceas y bromeliáceas terrestres	0.67	N/A	0.57	El CUSTF presenta un valor ligeramente superior; ambas unidades comparten las dos especies registradas.
		Epífitas	0.00*	N/A	0.54	El valor cero del CUSTF deriva del registro de una sola especie y no representa ausencia de diversidad vegetal. La comparación independiente debe
		Herbáceo	0.56	N/A	1.59	La diversidad herbácea es menor en el CUSTF; las especies registradas dentro del sitio están representadas regionalmente.
		Palmas	0.00*	N/A	0.13	El valor cero deriva del registro de una sola especie en el CUSTF; no constituye por sí mismo evidencia de deterioro.
	Equitatividad de Pielou (J)	Estrato arbóreo	0.30	N/A	0.65	La distribución de abundancias es menos uniforme en el CUSTF, debido principalmente a la dominancia de Pithecellobium insigne.
		Estrato arbustivo	0.27	N/A	0.72	El CUSTF presenta una distribución marcadamente menos uniforme, asociada a la dominancia de Bonellia macrocarpa.
		Bejucos	0.84	N/A	0.89	Existe una distribución relativamente equilibrada en ambas unidades, con valores próximos entre sí.
		Cactáceas y bromeliáceas terrestres	0.97	N/A	0.82	La distribución de abundancias es elevada y relativamente equilibrada en ambas unidades.

		Epífitas	0.00*	N/A	0.49	El valor del CUSTF no es interpretable de manera independiente debido a que sólo se registró una especie.
		Herbáceo	0.81	N/A	0.82	Ambos sitios presentan valores muy similares, indicando una distribución relativamente equilibrada de las especies registradas.
		Palmas	0.00*	N/A	0.19	El valor del CUSTF deriva de la presencia de una sola especie y no permite una comparación independiente de equitatividad.
Fauna	Índice de Shannon (H´) (Shannon-Wiener)	Anfibios	0.967	N/A	0.7626	El AP presenta una diversidad ligeramente mayor que la RE; ambos valores corresponden a comunidades con pocas especies y distribución desigual de abundancias.
		Reptiles	1.146	N/A	1.660	La diversidad es menor en el AP y se relaciona con una mayor concentración de individuos en determinadas especies, particularmente Sceloporus variabilis.
		Mamíferos	2.368	N/A	1.751	El AP presenta mayor diversidad que la RE y una distribución relativamente más uniforme de los registros. Este resultado describe la estructura de la muestra y no implica mayor importancia regional del AP.
		Aves	3.478	N/A	3.578	Los valores son muy próximos, con diversidad alta en ambas unidades y una diferencia pequeña a favor de la RE.
	índice de Simpson	Anfibios	0.474	N/A	0.5813	El valor del AP es menor que el regional, indicando menor concentración de los registros en una sola especie respecto de la RE.
		Reptiles	0.528	N/A	0.2890	El AP presenta mayor dominancia, consistente con la concentración de individuos en Sceloporus variabilis.
		Mamíferos	0.086	N/A	0.2292	El AP presenta menor dominancia y una distribución más uniforme de los individuos registrados.
		Aves	0.041	N/A	0.0300	Ambos valores son bajos, indicando ausencia de una dominancia marcada; los resultados son comparables entre AP y RE.
	Cobertura de muestreo	Anfibios	0.920	N/A	1.000	La cobertura es elevada en ambas escalas, indicando representación adecuada de la comunidad detectable.
		Reptiles	0.946	N/A	0.972	La cobertura elevada respalda la representatividad del inventario para las condiciones del muestreo.

		Mamíferos	0.931	N/A	0.911	El esfuerzo permitió representar una proporción alta de la riqueza esperada.
		Aves	0.913	N/A	0.970	La cobertura fue elevada en ambas escalas y sustenta la representatividad del inventario.

[8]Anexar memoria de cálculo con análisis de datos, que incluya la justificación de los índices utilizados; así como, el análisis descriptivo y comparativo de los resultados de la diversidad del predio o superficie total para el desarrollo del Proyecto y la diversidad de la región ecológica delimitada, por temporada de muestreo; considerando la ejecución del Proyecto, en las conclusiones se deberá señalar durante qué temporada y etapa del Proyecto se registran los mayores impactos a la biodiversidad.

Análisis de los componentes ambientales al interior de la Región Ecológica

Componentes de la Región Ecológica con los cuales interactúa el Proyecto (incluir enlace a documento anexo en digital)
Capítulo III\Capítulo 3.docx

Componentes	Descripción
Biótico[9]	El proyecto interactúa con los componentes bióticos de la Región Ecológica principalmente a través de la **modificación localizada de la cobertura vegetal y del hábitat asociado**, derivada de las actividades de preparación del sitio, cambio de uso de suelo, despalme, construcción de vialidades, lotes e infraestructura. La afectación se concentrará en los **0.855907 ha de VSa/SBC** sujetos a CUSTF, dentro de una cobertura regional estimada en 344.2548 ha, por lo que representa aproximadamente el 0.25 % de dicha comunidad vegetal. Esta intervención implicará la **remoción directa de vegetación y la modificación local de las condiciones de refugio, alimentación y desplazamiento de la fauna**; no obstante, el análisis comparativo mostró que los elementos florísticos registrados en el CUSTF se encuentran representados en la RE y que una proporción importante de las especies de fauna registradas en el área también presenta representación regional. En consecuencia, la interacción con los componentes bióticos será directa y relevante a escala local, pero espacialmente reducida a escala regional, por lo que su manejo deberá orientarse a prevenir afectaciones directas sobre organismos, favorecer el desplazamiento de fauna y aplicar las medidas de rescate, protección, restauración, compensación y seguimiento ambiental previstas para el proyecto.
Abiótico	Los componentes abióticos de la Región Ecológica que presentan interacción con el proyecto corresponden principalmente al **clima, suelo, topografía, hidrología superficial y subterránea, así como a las condiciones geológicas y geomorfológicas**. La interacción se concentra en las etapas de preparación del sitio y construcción, debido al desmonte, despalme, nivelación, excavaciones, movimiento de tierras y conformación de vialidades, actividades que pueden modificar localmente las condiciones de escurrimiento, infiltración, compactación y exposición del suelo, así como favorecer temporalmente la erosión y el transporte de sedimentos durante eventos de precipitación. La baja pendiente y las características de llanura del sitio condicionan el comportamiento del escurrimiento superficial y, en conjunto con la susceptibilidad regional a inundación, requieren considerar medidas para mantener la funcionalidad del drenaje y evitar acumulaciones de agua. Asimismo, las condiciones hidrogeológicas y la presencia del acuífero Cotaxtla requieren prevenir posibles fuentes de contaminación del suelo, subsuelo y agua durante la ejecución y operación del proyecto. En términos generales, las interacciones identificadas son localizadas y principalmente asociadas a la transformación física del terreno, siendo técnicamente prevenibles y manejables mediante medidas de prevención y mitigación.
Socio-económico	Los componentes socioeconómicos de la Región Ecológica con los que interactúa el proyecto corresponden principalmente a **población, vivienda, infraestructura y servicios urbanos, movilidad, empleo, actividades económicas y equipamiento**. El proyecto, constituido por 176 lotes habitacionales y una superficie de 7.036 ha, representa la continuidad de un desarrollo habitacional existente, por lo que su principal interacción consiste en contribuir a la oferta de vivienda y generar demanda gradual de servicios, infraestructura, movilidad y actividades comerciales durante su ocupación. Asimismo, durante la construcción se prevé una demanda temporal de mano de obra, materiales y servicios locales.

[9]Incluir análisis comparativo del uso de suelo y vegetación existente en el AP, identificado y confirmado en campo, respecto a lo establecido en la cartografía del INEGI.

Diagnóstico ambiental
(Condición ambiental actual de la Región Ecológica delimitada e indicar el grado de conservación o deterioro de esta)

La Región Ecológica, presenta una condición ambiental moderadamente transformada, resultado de un proceso histórico de ocupación del territorio asociado principalmente con actividades agropecuarias, expansión de asentamientos humanos, infraestructura y desarrollo habitacional. El territorio se caracteriza por un mosaico de coberturas en el que coexisten fragmentos de vegetación secundaria, pastizales, áreas agropecuarias, cuerpos y corrientes de agua y superficies urbanizadas. A pesar del grado de transformación existente, persisten elementos naturales con funcionalidad ambiental. La VSa/SBC mantiene una composición predominantemente nativa y conserva diferentes formas de vida vegetal, mientras que la fauna registrada utiliza de manera diferenciada los fragmentos de vegetación secundaria, pastizales y espacios abiertos. En particular, la superficie de CUSTF representa aproximadamente 0.25 % de las 344.2548 ha de VSa/SBC identificadas en la RE, y las especies florísticas registradas dentro de esta superficie se encuentran representadas regionalmente. En fauna, la comparación entre el CUSTF y la RE mostró igualmente una elevada correspondencia de especies. Los factores abióticos presentan condiciones características de la llanura costera, con predominio de terrenos de baja pendiente y condiciones geológicas y edafológicas relativamente estables; no obstante, se reconoce susceptibilidad a inundación y sensibilidad ante modificaciones del drenaje superficial, particularmente durante eventos de precipitación intensa. En consecuencia, la RE conserva funcionalidad ambiental, pero se encuentra sujeta a procesos de transformación que hacen necesario mantener la cobertura vegetal remanente, la funcionalidad hidrológica y las condiciones de conectividad existentes. El grado de conservación/deterioro en la RE, se considera como medio, debido a la presencia de elementos naturales funcionales dentro de un territorio con transformación antrópica evidente y procesos activos de urbanización y cambio de cobertura.

Problemáticas ambientales en la Región o Regiones Ecológicas

Las principales problemáticas ambientales de la Región Ecológica se relacionan con la expansión urbana y habitacional, transformación y fragmentación de la cobertura vegetal, sustitución de superficies naturales y agropecuarias, modificación de las condiciones naturales del suelo y del drenaje, generación de residuos y presión creciente sobre los recursos y servicios ambientales. Estos procesos han configurado un paisaje heterogéneo en el que los fragmentos de vegetación secundaria se encuentran inmersos en una matriz predominantemente transformada. La expansión de los asentamientos humanos constituye uno de los principales procesos de transformación territorial, asociado al crecimiento demográfico y a la demanda de vivienda, infraestructura y servicios. Esta tendencia puede incrementar la fragmentación de la vegetación, modificar los patrones de escurrimiento y aumentar la presión sobre los recursos naturales. Asimismo, las actividades constructivas pueden generar afectaciones localizadas sobre suelo, vegetación y fauna cuando no se implementan medidas adecuadas de prevención y manejo. De manera particular, la susceptibilidad a inundación, la pérdida progresiva de cobertura vegetal, la fragmentación de hábitats y la modificación del drenaje natural representan condicionantes ambientales relevantes para el desarrollo de nuevos proyectos. Por ello, el crecimiento urbano dentro de la RE requiere mantener condiciones adecuadas de manejo de aguas pluviales, conservación de áreas verdes, protección de la fauna, control de erosión y manejo integral de residuos. En términos generales, las problemáticas identificadas corresponden principalmente a procesos acumulativos de transformación y ocupación territorial, por lo que su atención debe orientarse a evitar que nuevos desarrollos incrementen innecesariamente la fragmentación, contaminación o pérdida de funcionalidad de los componentes ambientales remanentes.

Reporte General de Incidencias del Proyecto y su AI

Incidencia	Elemento del Proyecto que incide	Superficie de incidencia	% de incidencia respecto de la superficie total del Proyecto
Uso de Suelo y Vegetación	Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC)	8,559.00 m^2 (0.8559 has.)	12.16 %
	Pastizal cultivado	61,801.00 m^2 (6.1801 has.)	87.84 %
Áreas de importancia ambiental[10]	ANP Sistema Arrecifal Veracruzano (Área de Influencia)	70,359.73 m^2	100 %
Corrientes y cuerpos de agua	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Ecosistemas relevantes	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Otro (especificar)	Ecosistema Costero	70,359.73 m^2	100 %

[10]ANP, ADVC, sitio Ramsar, humedal, manglar, Área de Importancia para la Conservación de las Aves, Regiones prioritarias, Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre, entre otras. Agregar las filas que sean necesarias.

CAPÍTULO IV. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN			
Indicar la metodología empleada para la identificación, análisis y evaluación de impactos, en particular los impactos negativos significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales; así como, la justificación de su selección			
Matriz de interacción causa-efecto con análisis de significancia			
Impactos ambientales existentes en la Región Ecológica para el posterior análisis de impactos negativos significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales del Proyecto			
Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la Región Ecológica, que se relacionan con el Proyecto	**Componente ambiental impactado**	**Impacto ambiental**	**Caracterización del impacto (indicar tipo, duración, extensión, intensidad y efectos[3])**
Expansión y consolidación de desarrollos habitacionales y asentamientos urbanos	Suelo, agua, flora, fauna, paisaje y socioeconómico	Cambio de uso y ocupación del suelo; pérdida y fragmentación de coberturas vegetales; modificación de superficies de infiltración; transformación del paisaje	Adverso, acumulativo y permanente. De extensión local a regional, asociado al crecimiento urbano. Intensidad variable, generalmente moderada en los sectores de expansión. Contribuye a la sustitución progresiva de superficies vegetadas o agropecuarias por áreas urbanizadas y a la modificación de los procesos de infiltración y escurrimiento.
Construcción y ampliación de vialidades e infraestructura de comunicación	Suelo, agua, aire, fauna y paisaje	Modificación de la superficie del terreno, compactación, generación de partículas y ruido, fragmentación de hábitat y modificación del paisaje	Adverso, acumulativo y permanente para suelo, paisaje y fragmentación; temporal para ruido y partículas durante la construcción. Extensión local. Intensidad baja a moderada, dependiendo de la obra. Favorece la conectividad urbana, pero puede incrementar la fragmentación de superficies vegetadas y la presión de ocupación territorial.
Actividades agrícolas y establecimiento de pastizales cultivados	Suelo, flora, fauna, agua y paisaje	Sustitución y transformación de cobertura vegetal; modificación de las características del suelo; reducción de hábitat y cambios en la infiltración y escurrimiento	Adverso, acumulativo y de larga duración, con componentes permanentes donde el uso se mantiene. Extensión local y regional. Intensidad baja a moderada. Contribuye al mosaico de superficies transformadas que caracteriza actualmente a la RE.
Ganadería y aprovechamiento de superficies destinadas a pastoreo	Suelo, flora, fauna y agua	Compactación del suelo, modificación de la cobertura vegetal, reducción de regeneración natural y perturbación del hábitat	Adverso, acumulativo y de duración prolongada. Extensión principalmente local. Intensidad baja a moderada. Puede favorecer la sustitución de vegetación secundaria por superficies de pastizal y mantener condiciones de perturbación sobre las comunidades vegetales.
Apertura, mantenimiento y utilización de caminos y accesos locales	Suelo, flora, fauna, aire y paisaje	Compactación y modificación superficial del suelo, generación de polvo, perturbación de fauna y fragmentación de superficies vegetadas	Adverso, acumulativo y permanente para la modificación física de las superficies; temporal/periódico para partículas, ruido y perturbación de fauna. Extensión local. Intensidad baja. Se relaciona con la accesibilidad de superficies previamente rurales y con su posterior transformación.

Ocupación progresiva de superficies periurbanas y transformación de terrenos abiertos	Suelo, flora, fauna, paisaje y agua	Pérdida progresiva de superficies naturales o seminaturales, fragmentación de hábitat, modificación del paisaje y cambios en la infiltración y escurrimiento	Adverso, acumulativo y permanente. Extensión local a regional. Intensidad moderada en sectores de crecimiento urbano. Representa uno de los principales procesos territoriales preexistentes con los que se relaciona el proyecto.
Infraestructura y servicios asociados al crecimiento urbano	Agua, suelo, aire, paisaje y socioeconómico	Incremento de superficies construidas, generación de residuos y aguas residuales, demanda de servicios y transformación de la estructura territorial	Adverso acumulativo, principalmente permanente durante la ocupación; extensión local y regional según el servicio. Intensidad baja a moderada. De manera paralela genera efectos favorables asociados con infraestructura, servicios, empleo y consolidación urbana.

IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN

Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del Proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades						**Medidas[4] a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
Etapa del Proyecto[1]	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente y subcomponente ambiental[2] en el que incide**	**Impacto ambiental**	**Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada**	**Efectos[3]**	**Tipo de Medida[5]**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia[6]**
Preparación	CUSTF	Suelo – Topografía	Modificación de la configuración superficial del suelo	Adverso, directo, permanente, localizado; S=3.28, intensidad media/moderada	Modificación de la superficie natural por remoción de vegetación, despalme y acondicionamiento	Prevención/Mitigación	Delimitación de áreas de intervención. Restringir el CUSTF y las actividades de preparación exclusivamente a las superficies autorizadas. La delimitación deberá realizarse antes del inicio de los trabajos y verificarse durante toda la etapa de preparación.	Superficie delimitada; ausencia de intervención fuera del polígono autorizado; registros fotográficos y bitácora.
Preparación	CUSTF	Suelo – Erosión	Incremento temporal de susceptibilidad a erosión	Adverso, directo, temporal, localizado; S=3.56, intensidad media/moderada	Exposición del suelo y mayor susceptibilidad al arrastre de partículas durante eventos de lluvia	Prevención/Mitigación	Control de erosión y sedimentos. Implementar medidas para reducir el arrastre de partículas en superficies expuestas y mantener controlados los escurrimientos durante la ejecución del CUSTF y movimiento de tierras. Aplicación durante toda la etapa susceptible de generar suelo expuesto.	Ausencia de procesos erosivos relevantes; medidas instaladas y funcionales; inspecciones posteriores a lluvias; registro fotográfico.

Preparación	CUSTF	Suelo – Carbono	Disminución del carbono almacenado en biomasa	Adverso, directo, permanente, localizado; S=3.28, intensidad media/moderada	Reducción del almacenamiento de carbono asociado a la biomasa vegetal removida	Restauración/ Compensación	Rescate de material vegetal y reforestación. Recuperar los ejemplares técnicamente viables y establecer vegetación nativa en la superficie de reforestación prevista. La recuperación será progresiva y deberá mantenerse durante el periodo de seguimiento.	Número de ejemplares rescatados; superficie reforestada; número de plantas establecidas; supervivencia mínima establecida en el programa; reportes de seguimiento.
Preparación	CUSTF	Agua – Captación e infiltración	Modificación de infiltración y escurrimiento	Adverso, directo, permanente, localizado; S=3.70, intensidad media/moderada	Reducción localizada de cobertura vegetal y modificación de las condiciones superficiales de infiltración y escurrimiento	Prevención/Mitigación	Manejo de escurrimientos y conservación de superficies permeables. Evitar obstrucciones y acumulación de materiales en zonas de escurrimiento y mantener funcionales las obras de drenaje previstas. Aplicación durante preparación y construcción y mantenimiento durante operación.	Obras de drenaje funcionales; ausencia de obstrucciones; superficies permeables conservadas; inspecciones y registro fotográfico.
Preparación	CUSTF	Aire – Emisiones y partículas	Generación temporal de partículas y emisiones	Adverso, directo, temporal, localizado; S=1.14, intensidad baja	Incremento temporal de partículas suspendidas y emisiones provenientes de maquinaria	Mitigación	Control de emisiones y partículas. Mantener maquinaria y vehículos en condiciones adecuadas, controlar polvo en superficies expuestas y evitar la operación innecesaria de motores. Aplicación durante las jornadas de trabajo.	Maquinaria con mantenimiento; aplicación de control de polvo cuando sea necesario; ausencia de emisiones visibles anormales; bitácora.
Preparación	CUSTF	Aire – Ruido	Incremento temporal de niveles sonoros	Adverso, directo, temporal, localizado; S=1.14, intensidad baja	Molestias y perturbación temporal de fauna y población cercana	Prevención/Mitigación	Control de ruido. Mantener maquinaria en condiciones adecuadas, evitar funcionamiento innecesario y organizar las actividades para reducir emisiones sonoras evitables. Aplicación durante la ejecución de actividades.	Maquinaria operando adecuadamente; ausencia de equipos innecesariamente encendidos; registros de supervisión.
Preparación	CUSTF	Flora – Riqueza	Remoción directa de individuos vegetales	Adverso, directo, permanente, localizado; S=3.84, intensidad media/moderada	Pérdida localizada de individuos y cobertura vegetal	Prevención/Mitigación	Programa de Rescate y Reubicación de Flora. Realizar censo, identificación, marcado, rescate de individuos técnicamente viables, acondicionamiento, transporte, establecimiento y seguimiento. Ejecutar antes y durante el avance del CUSTF.	Número de individuos identificados, rescatados, reubicados y sobrevivientes; especies atendidas; registros de ubicación y seguimiento.
Preparación	CUSTF	Flora – Diversidad	Modificación de la composición y estructura vegetal	Adverso, directo, permanente, localizado; S=3.84, intensidad media/moderada	Alteración de la estructura de la VSa/SBC dentro de la superficie	Mitigación/Restauración	Manejo de ejemplares y recuperación vegetal. Priorizar especies nativas y ejemplares con viabilidad de manejo; complementar el rescate con recuperación de germoplasma	Especies manejadas; ejemplares reubicados; material vegetal recuperado; supervivencia y estado fitosanitario.

Preparación	CUSTF	Fauna – Desplazamiento	Desplazamiento temporal de fauna	Adverso, directo, temporal, localizado; S=3.84, intensidad media/moderada	Desplazamiento de organismos por pérdida de cobertura, ruido, maquinaria y presencia humana	Prevención/Mitigación	Programa de Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre. Realizar inspecciones previas, ahuyentamiento dirigido y rescate selectivo cuando sea necesario, evitando captura indiscriminada. Aplicación antes y durante el CUSTF.	Inspecciones realizadas; especies e individuos registrados; rescates efectuados; liberaciones documentadas; coordenadas de captura y liberación.
Preparación	CUSTF	Fauna – Biodiversidad	Modificación localizada del hábitat	Adverso, directo, permanente, localizado; S=3.84, intensidad media/moderada	Pérdida o modificación de refugios, sitios de alimentación y elementos estructurales del hábitat	Prevención/Mitigación	Desmonte progresivo y protección de fauna. Ejecutar las actividades de manera ordenada, precedidas por inspección y ahuyentamiento, y proteger nidos, madrigueras o refugios activos cuando sean identificados.	Número de inspecciones; registros de refugios; medidas aplicadas; ausencia de mortalidad atribuible a las actividades.
Preparación	CUSTF	Paisaje	Modificación de la unidad paisajística	Adverso, directo, permanente, localizado; S=3.28, intensidad media/moderada	Cambio en la percepción visual por remoción de cobertura y transformación de la superficie	Mitigación	Ordenamiento y limpieza de frentes. Mantener delimitadas las áreas de trabajo, evitar acumulación innecesaria de materiales y retirar residuos e instalaciones temporales. Aplicación durante toda la preparación.	Frentes delimitados y ordenados; ausencia de residuos; registros fotográficos.
Preparación	Rellenos y terracerías	Suelo – Topografía	Modificación de la configuración superficial	Adverso, directo, permanente, localizado; S=4.12, intensidad media/moderada	Alteración de cotas, cortes, rellenos y compactación del terreno	Prevención/Mitigación	Control de movimientos de tierra. Ejecutar cortes, rellenos, compactación y conformación exclusivamente conforme al proyecto autorizado, evitando movimientos innecesarios fuera de las áreas previstas.	Superficie intervenida; volúmenes y zonas de movimiento de tierras; ausencia de afectaciones fuera del área autorizada.
Preparación	Rellenos y terracerías	Agua – Captación e infiltración	Modificación de infiltración y escurrimiento	Adverso, directo, permanente, localizado; S=3.84, intensidad media/moderada	Compactación y modificación de superficies con posible incremento	Mitigación	Manejo de escurrimientos durante terracerías. Mantener libres de obstrucciones los puntos de escurrimiento y evitar acumulaciones de suelo y materiales que puedan ser movilizadas por lluvia.	Inspecciones; ausencia de obstrucciones; ausencia de arrastre significativo de sedimentos.
Preparación	Rellenos y terracerías	Aire – Partículas	Generación de partículas	Adverso, directo, temporal, localizado; S=2.54, intensidad media/moderada	Emisión de polvo durante movimiento, transporte y compactación del suelo	Mitigación	Control de polvo. Humectar superficies cuando las condiciones lo requieran, reducir superficies expuestas y mantener adecuadamente los materiales durante su transporte. Aplicación durante los trabajos de movimiento de tierras.	Actividades de humectación; ausencia de dispersión excesiva; vehículos con carga adecuadamente manejada.

Preparación	Rellenos y terracerías	Aire – Ruido	Incremento de ruido	Adverso, directo, temporal, localizado; S=2.54, intensidad media/moderada	Molestias temporales y perturbación de fauna	Prevención/Mitigación	Manejo de maquinaria. Mantenimiento preventivo, reducción de tiempos de funcionamiento innecesario y organización de actividades de mayor generación sonora.	Registros de mantenimiento; inspecciones; ausencia de funcionamiento innecesario.
Construcción	Vialidades	Suelo – Topografía	Modificación de configuración superficial	Adverso, directo, permanente, localizado; S=2.786, intensidad media/moderada	Consolidación de superficies modificadas y compactadas	Mitigación	Conformación controlada de vialidades. Limitar cortes, rellenos y compactación a las superficies previstas en el proyecto y evitar afectaciones adicionales.	Superficie de vialidades conforme a proyecto; inspecciones y registro fotográfico.
Construcción	Vialidades	Suelo – Calidad	Compactación y modificación física del suelo	Adverso, directo, permanente, localizado; S=2.260, intensidad media/moderada	Alteración de propiedades físicas superficiales	Prevención/Mitigación	Restricción de circulación de maquinaria. Utilizar únicamente rutas y áreas de trabajo definidas, evitando tránsito innecesario sobre superficies no destinadas a vialidades.	Rutas de circulación definidas; ausencia de huellas fuera de áreas autorizadas.
Construcción	Vialidades	Agua – Captación/Infiltración	Modificación de infiltración	Adverso, directo, permanente, localizado; S=2.260, intensidad media/moderada	Sustitución de superficies permeables por superficies compactadas	Mitigación	Conservación de áreas permeables y drenaje. Mantener funcionales las áreas verdes y elementos destinados al manejo del escurrimiento.	Superficie de áreas permeables conservada; drenaje funcional.
Construcción	Vialidades	Aire – Partículas	Generación de partículas	Adverso, directo, temporal, localizado; S=3.240, intensidad media/moderada	Emisión de polvo por tránsito, movimiento de materiales y construcción	Mitigación	Control de partículas durante construcción. Humectación cuando sea necesaria, control de velocidad y manejo adecuado de materiales.	Registro de humectación; vehículos con cargas controladas; inspecciones.
Construcción	Vialidades	Aire – Ruido	Incremento temporal de ruido	Adverso, directo, temporal, localizado; S=3.240, intensidad media/moderada	Molestias y perturbación temporal	Prevención/Mitigación	Control de ruido en frentes de construcción. Mantenimiento de equipos y organización de actividades para evitar emisiones sonoras innecesarias.	Equipos en condiciones adecuadas; inspecciones; bitácora.
Construcción	Hidráulica y sanitaria	Agua – Calidad	Alteración temporal de calidad por sedimentos	Adverso, directo, temporal, localizado; S=1.525, intensidad baja	Incorporación potencial de partículas a escurrimientos durante excavaciones	Prevención/Mitigación	Protección de escurrimientos. Evitar almacenamiento de materiales y residuos en zonas donde puedan ser movilizados por lluvia y mantener controladas las superficies excavadas.	Ausencia de residuos/materiales en escurrimientos; inspecciones después de lluvia.

Construcción	Hidráulica y sanitaria	Agua – Captación/Infiltración	Modificación localizada de infiltración	Adverso, directo, permanente, localizado; S=1.700, intensidad baja	Alteración localizada del suelo por excavación, relleno y compactación	Mitigación	Restitución y ordenamiento de zanjas. Concluir y restituir oportunamente las superficies intervenidas por instalación de redes, evitando mantener excavaciones abiertas innecesariamente.	Zanjas restituidas; superficies estabilizadas; registro de avance.
Construcción	Áreas verdes y acabados	Paisaje	Alteración temporal de la percepción visual	Adverso, directo, temporal, localizado; S=1.420, intensidad baja	Presencia temporal de materiales, equipos y superficies en proceso de terminación	Mitigación	Limpieza y recuperación progresiva. Retirar materiales sobrantes y recuperar progresivamente las áreas verdes y superficies concluidas.	Áreas limpias; superficie recuperada; registro fotográfico.
Construcción	Todas las obras	Suelo, agua, aire, paisaje y social	Deterioro ambiental por manejo inadecuado de residuos	Adverso, indirecto, temporal, localizado	Contaminación, deterioro visual, obstrucción de escurrimientos y riesgos sanitarios	Prevención	Manejo integral de residuos. Separar, almacenar temporalmente y retirar residuos conforme a su naturaleza, evitando su disposición sobre suelo, áreas verdes, escurrimientos o vialidades. Aplicación durante toda la construcción.	Contenedores disponibles; ausencia de residuos dispersos; registros de retiro y disposición.
Construcción	Todas las obras	Entorno social	Riesgo e interferencia con población	Adverso, indirecto, temporal, local	Molestias, riesgos por maquinaria y alteración temporal de movilidad	Prevención	Seguridad, señalización y control de accesos. Delimitar frentes, señalizar zonas de riesgo y controlar circulación de maquinaria y vehículos. Aplicación permanente durante la construcción.	Señalización instalada; frentes delimitados; inspecciones; incidencias registradas y atendidas.
Construcción	Todas las obras	Socioeconómico	Generación temporal de empleo	Benéfico, directo, temporal, local	Demanda de mano de obra y servicios asociados a la construcción	Potenciación	Contratación de mano de obra local. Cuando las necesidades del proyecto y disponibilidad de personal lo permitan, favorecer la contratación de trabajadores de la zona.	Número de trabajadores locales contratados, cuando aplique; registros administrativos.
Construcción/Seguimiento	Programa de reforestación	Flora – Cobertura vegetal	Recuperación de cobertura vegetal	Benéfico, directo, progresivo, local	Incremento de cobertura vegetal y recuperación gradual de funciones ecológicas	Restauración/Compensación	Programa de Reforestación. Establecer vegetación nativa en 1.00 ha, con 1,100 individuos iniciales, incluyendo ejemplares rescatados y plantas adicionales. Realizar mantenimiento, reposición y seguimiento.	1.00 ha establecida; 1,100 individuos iniciales; supervivencia mínima del 80 %; reposición de individuos muertos; registros de monitoreo.

Operación	Funcionamiento del desarrollo habitacional	Suelo – Topografía/Erosión	Permanencia de superficies modificadas	Adverso, permanente, local; S≈3.007, intensidad media/moderada	Consolidación del uso habitacional y permanencia de superficies transformadas	Prevención/Mantenimiento	Conservación de infraestructura y superficies verdes. Evitar modificaciones adicionales fuera de las áreas previstas y mantener las áreas verdes y espacios comunes en condiciones adecuadas. Aplicación durante toda la operación.	Superficies conforme a proyecto; áreas verdes mantenidas; inspecciones.
Operación	Funcionamiento del desarrollo habitacional	Agua – Calidad	Riesgo potencial de deterioro de calidad	Adverso, indirecto, permanente, local; S=3.035, intensidad media/moderada	Generación de aguas residuales y residuos propios del uso habitacional	Prevención	Mantenimiento de infraestructura hidráulica y sanitaria. Mantener las redes en condiciones funcionales y atender oportunamente fugas, obstrucciones o fallas.	Registros de mantenimiento; ausencia de fugas o descargas fuera de los sistemas previstos.
Operación	Funcionamiento del desarrollo habitacional	Agua – Captación/Infiltración	Modificación permanente del régimen superficial	Adverso, indirecto, permanente, local; S=3.035, intensidad media/moderada	Permanencia de superficies modificadas y cambio en la relación infiltración–escurrimiento	Mitigación	Mantenimiento de drenaje y áreas permeables. Mantener libres y funcionales las obras de drenaje y conservar las superficies destinadas a áreas verdes.	Drenaje funcional; ausencia de obstrucciones; áreas verdes conservadas.
Operación	Funcionamiento del desarrollo habitacional	Aire – Ruido	Incremento asociado a la actividad habitacional	Adverso, indirecto, permanente/intermitente, local; S=3.070, intensidad media/moderada	Incremento de ruido asociado a la presencia y actividad de residentes	Prevención	Control de fuentes innecesarias de ruido. Mantener la infraestructura y operación cotidiana dentro de condiciones compatibles con el uso habitacional.	Incidencias registradas; infraestructura en condiciones adecuadas.
Operación	Funcionamiento del desarrollo habitacional	Flora/Fauna	Modificación permanente de condiciones de hábitat	Adverso, indirecto, permanente, local; S≈3.007, intensidad media/moderada	Permanencia de la transformación habitacional y reducción de superficies de hábitat dentro del área ocupada	Mitigación	Conservación de áreas verdes y vegetación establecida. Mantener cobertura vegetal, evitar introducción de especies invasoras y conservar los espacios verdes como elementos de integración ecológica.	Superficie verde conservada; ausencia de especies invasoras introducidas; mantenimiento documentado.
Operación	Mantenimiento de infraestructura básica	Suelo, agua, aire, paisaje	Alteraciones puntuales por actividades de mantenimiento	Adverso, directo/indirecto, temporal y localizado; significancia baja	Generación puntual de residuos, ruido, partículas o alteraciones superficiales	Prevención	Manejo ambiental durante mantenimiento. Realizar trabajos de mantenimiento de manera ordenada, controlar residuos y restituir inmediatamente las superficies intervenidas.	Actividades de mantenimiento registradas; residuos retirados; superficies restituidas.

Todas	Todas las actividades	Todos los componentes	Incumplimiento o extensión innecesaria de impactos	Variable	Incremento de intensidad, extensión o duración de impactos	Seguimiento	Supervisión ambiental. Realizar recorridos de verificación, documentar cumplimiento, identificar desviaciones y establecer acciones correctivas durante la ejecución del proyecto.	Número de inspecciones; medidas verificadas; incidencias; acciones correctivas cerradas; bitácora ambiental.

[1]Preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, cierre de operaciones, desmantelamiento, abandono y restauración del sitio.

[2]Nivel más detallado y específico derivado de un componente ambiental. Ejemplo: Componente: Agua, Subcomponente: Medio Costero.

[3]Modificación negativa en la calidad y estabilidad de los componentes o factores bióticos y abióticos de un ecosistema o ecosistemas y sus interrelaciones existentes, que se ubican dentro de una misma región ecológica y que son consecuencia de los impactos ambientales significativos, sinérgicos, acumulativos y/o residuales, derivados de las obras y actividades pretendidas de un proyecto, al interactuar con la dinámica propia del sistema, manifestándose como la respuesta del factor ambiental afectado de manera directa o indirecta, con magnitud e intensidad medibles, observables y ponderados en términos de indicadores de la calidad ambiental, basado en estudios técnicos aplicados para su determinación. Se deberá incluir el análisis y descripción resultante de la magnitud e intensidad de la(s) modificación(es) al ambiente de la región ecológica ocasionados por la interacción de las actividades antrópicas durante todas las etapas del proyecto que determinarán las medidas ambientales por implementar.

Dichos efectos pueden clasificarse en:

- **Efectos directos: Ocurren en el mismo sitio y tiempo (de forma inmediata) donde se genera el impacto.**
- **Efectos indirectos: Ocurren de manera posterior en el tiempo o alejados en distancia, de donde se genera el impacto.**

[4]Conjunto de acciones específicas, planificadas y ejecutables que el promovente debe implementar para evitar la generación de impactos ambientales adversos; reducir, controlar o minimizar su magnitud, extensión o duración; restaurar las condiciones ambientales afectadas; o, cuando ello no sea técnica o ambientalmente viable, compensar los impactos negativos residuales mediante la generación de beneficios ambientales equivalentes o superiores.

[5]Indicar si la medida es de prevención, mitigación, compensación o restauración. Identificar cada medida mediante la letra inicial correspondiente y un número consecutivo conforme a su orden de aparición, tal como se muestra a continuación:

Prevención	**P1**
Mitigación	**M1**
Compensación	**C1**
Restauración	**R1**

[6]Indicadores cuantitativos y/o cualitativos que permiten evaluar, verificar y documentar el grado de cumplimiento y la eficacia de las medidas de prevención, mitigación, compensación y/o restauración implementadas, mediante criterios objetivos, verificables, medibles y reproducibles de carácter ambiental normativo, los cuales posibiliten la evaluación del desempeño de dichas medidas en función de su efectividad y, en caso de no alcanzarse los resultados esperados, permitan valorar la necesidad de implementar medidas correctivas, adicionales o complementarias, a fin de asegurar el cumplimiento de los objetivos y metas inicialmente planteados. Anexar en su caso los métodos de cálculo de los indicadores.

-Anexar el soporte técnico y documental de la aplicación de la metodología de evaluación de impactos ambientales.

-Anexar valoración económica del costo de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración.

-Es importante realizar el análisis sobre la implementación de estrategias donde se integren las medidas de prevención, mitigación, compensación y/o restauración, respecto a la integración de los componentes ambientales que resultarán afectados.

Capítulo IV\Capítulo 4.docx

Resumen del análisis de los impactos ambientales significativos, acumulativos, sinérgicos y residuales, considerando cómo se suman los impactos del Proyecto a los impactos existentes en la región ecológica y sus efectos, así como el resultado de la aplicación de las medidas. Incluir en los anexos específicos por sector, el análisis completo de tales impactos y de la aplicación de las medidas.
Los efectos de mayor relevancia se concentran principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción, particularmente en las actividades de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), rellenos y terracerías, nivelación y construcción de vialidades, siendo los principales impactos la modificación permanente de la configuración superficial del suelo, la alteración de las condiciones de infiltración y escurrimiento, la remoción localizada de Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC), la modificación del hábitat y desplazamiento temporal de fauna, así como la transformación del paisaje. Los impactos identificados corresponden predominantemente a una intensidad media o moderada, sin registrarse interacciones de alta o muy alta significancia. Los efectos sinérgicos se relacionan principalmente con la interacción entre remoción de vegetación, suelo y agua, así como entre vegetación, fauna y paisaje, mientras que los efectos acumulativos se vinculan con procesos territoriales preexistentes, particularmente la expansión habitacional, transformación de superficies agropecuarias, construcción de vialidades y consolidación de áreas periurbanas dentro de la Región Ecológica. Por su parte, los impactos residuales corresponden principalmente a la modificación permanente del terreno, la pérdida de cobertura vegetal dentro de la superficie autorizada para CUSTF, la transformación parcial del hábitat, la modificación de la relación infiltración–escurrimiento y el cambio permanente de la configuración paisajística. No obstante, la magnitud espacial de estos efectos se mantiene predominantemente local, considerando que la superficie de CUSTF representa una proporción reducida de la VSa/SBC disponible en la Región Ecológica, y que los impactos indirectos disminuyen en intensidad conforme se alejan de las áreas de intervención.
Delimitación del Área de influencia del Proyecto de acuerdo con la extensión e intensidad de los impactos ambientales significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales antes señalados y sus efectos.
El Área de Influencia (AI) del proyecto se delimitó considerando la naturaleza, magnitud, intensidad, duración y extensión espacial potencial de los impactos ambientales significativos, acumulativos, sinérgicos y residuales identificados, así como los mecanismos de propagación asociados con las actividades de preparación del sitio, construcción y operación. Para ello, se estableció un buffer de amortiguamiento de 500 m alrededor del polígono del proyecto, incorporando el entorno inmediato en el que razonablemente podrían manifestarse efectos indirectos relacionados con la generación temporal de partículas y ruido, tránsito de maquinaria y personal, desplazamiento de fauna, escurrimientos superficiales, modificación de la percepción paisajística y dinámica social local. La delimitación también consideró las condiciones actuales de transformación del territorio, la distribución de la vegetación y fauna, las características hidrológicas y topográficas y la relación funcional del proyecto con su entorno. De esta manera, el AI constituye una unidad de análisis precautoria y funcional, diferenciada del Área del Proyecto (AP), donde se ejecutarán las obras, y de la Región Ecológica (RE), correspondiente a la Subcuenca El Tejar, utilizada para el análisis ambiental a escala regional. La delimitación de 500 m permite, por tanto, valorar de manera integral la interacción proyecto–entorno sin asumir que la totalidad de los impactos alcanzará necesariamente el límite exterior establecido.
Indicar los enlaces a los archivos anexos del plano georreferenciado en UTM, Datum WGS84, del polígono del área de influencia y de la justificación de su delimitación, incluyendo los criterios utilizados para la misma, considerando la extensión e intensidad de los impactos ambientales significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales antes señalados y sus efectos, acorde con los criterios utilizados para la delimitación de la RE y la magnitud del Proyecto. **Capítulo IV\Área de Influencia.pdf**

Medidas de compensación y/o restauración ambiental[7]		
Descripción, objetivos, alcances, periodicidad de implementación y plazo de ejecución.	**Ubicación[8]**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia, incluyendo los indicadores y sus unidades**
Programa de Reforestación. Como medida de restauración y compensación ambiental se establecerá vegetación nativa en una superficie de 1.00 ha, con el objetivo de favorecer la recuperación de cobertura vegetal, contribuir a la protección del suelo, mejorar las condiciones de infiltración y generar elementos de hábitat para fauna silvestre. Se considera el establecimiento inicial de 1,100 individuos, integrados por	Fracción "A" de la Parcela núm. 103 Z-1 P1/3, Ejido La Esperanza, municipio de Medellín de Bravo, Veracruz. Superficie: 1.00 ha.	Superficie reforestada: 1.00 ha. Número inicial de individuos establecidos: 1,100 plantas. Supervivencia mínima: 80 %, equivalente a por lo menos 880 individuos vivos. Reposición: individuos necesarios para mantener la meta de supervivencia. Estado fitosanitario: individuos vivos, vigorosos y con desarrollo

ejemplares provenientes del rescate de flora y 300 individuos adicionales de especies nativas. La plantación se realizará de manera programada y posteriormente se efectuarán actividades de mantenimiento, seguimiento y reposición de individuos cuando sea necesario. La implementación iniciará una vez que las condiciones del sitio sean adecuadas para el establecimiento de la vegetación y su seguimiento se mantendrá durante el periodo establecido en el programa.		adecuado. Cobertura vegetal: incremento progresivo de la cobertura en la superficie intervenida. Se verificará mediante recorridos, conteo de individuos, registros fotográficos y reportes de seguimiento.
Mantenimiento y reposición de la reforestación. Se realizarán actividades de mantenimiento para favorecer el establecimiento y permanencia de los individuos plantados, incluyendo reposición de ejemplares muertos o con condiciones que comprometan su permanencia. El objetivo es garantizar la eficacia de la reforestación y mantener una supervivencia mínima del 80 %. Las actividades serán periódicas durante el periodo de seguimiento, intensificándose durante las etapas iniciales de establecimiento.	Misma superficie de 1.00 ha destinada al Programa de Reforestación, en la Fracción "A" de la Parcela núm. 103 Z-1 P1/3, Ejido La Esperanza, Medellín de Bravo, Veracruz.	Porcentaje de supervivencia (%): ≥80 %. Número de individuos vivos (individuos): ≥880. Número de individuos repuestos (individuos): de acuerdo con la mortalidad observada. Número de jornadas de mantenimiento: conforme al programa. Estado fitosanitario: adecuado. Evidencia mediante bitácoras, conteos, registros fotográficos y recorridos de supervisión.
Recuperación progresiva de cobertura vegetal. Como parte de la restauración, se favorecerá el establecimiento y permanencia de especies nativas, procurando que la superficie reforestada evolucione hacia una cobertura vegetal estable. La medida busca generar beneficios ambientales progresivos, particularmente en materia de protección del suelo, regulación del escurrimiento superficial, infiltración y generación de condiciones de refugio y alimentación para fauna. Su implementación será continua durante el periodo de mantenimiento y seguimiento.	Superficie de reforestación de 1.00 ha, Ejido La Esperanza, Medellín de Bravo, Veracruz.	Superficie con vegetación establecida (ha): 1.00. Supervivencia de individuos (%): ≥80 %. Número de especies nativas establecidas: conforme al programa. Cobertura vegetal (%): seguimiento de su incremento progresivo. Presencia de regeneración natural: registrada cuando ocurra. Se verificará mediante recorridos y registros fotográficos comparativos.
Conservación y manejo de los individuos vegetales rescatados utilizados en la restauración. Los ejemplares provenientes del Programa de Rescate y Reubicación de Flora que presenten condiciones adecuadas serán incorporados a las acciones de recuperación vegetal, evitando su pérdida posterior al rescate. El objetivo es maximizar la permanencia de material vegetal nativo procedente del área de intervención y aprovechar su potencial para contribuir a la recuperación de cobertura.	Áreas de reubicación y/o superficie destinada a restauración conforme al Programa de Rescate y Reubicación de Flora y al Programa de Reforestación.	Número de individuos rescatados: registro por especie. Número de individuos reubicados/establecidos: registro por especie. Supervivencia (%): seguimiento de individuos. Estado fitosanitario: adecuado. Número de individuos muertos y repuestos: registro durante el seguimiento.
[7]Anexar planos georreferenciados en UTM, Datum WGS84, así como archivos en formato shapefile, KML/KMZ y CSV, de cada uno de los polígonos de las superficies de compensación y restauración propuestas, asimismo en formato PDF y DWG del Proyecto. **Anexos\Planos del proyecto\Área de Reforestación.pdf** **Anexos\Mapas temáticos\Plano General Reforestación.pdf**		

[8]**Restauración: Acciones necesarias para la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los procesos naturales que en ella se desarrollaban.**

-Los programas de reforestación y restauración deberán presentarse conforme a las guías y manuales técnicos publicados por la SEMARNAT a través de la autoridad competente, incluyendo el catálogo de conceptos y el costo total de implementación del programa y justificación de la equivalencia de la medida respecto de la afectación que se pretende compensar.

Anexos\Programas Ambientales\Programa de Reforestación.pdf

ANEXOS. INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LA MIA

Listado de archivos editables

Capítulo I\Capítulo 1.docx
Capítulo II\Capítulo 2.docx
Capítulo III\Capítulo 3.docx
Capítulo IV\Capítulo 4.docx

DOCUMENTACIÓN LEGAL

La documentación legal se presenta en copia certificada, mediante validación del código QR por el Colegio de Notarios del Estado de Veracruz.

Anexos\Documentación Legal

Imágenes y otros anexos

Elemento	Enlace al archivo digital	Fecha de elaboración
Imagen satelital	Anexos\Imagen Satelital.jpg	Septiembre del 2026
Fotografía Aérea	- - - - - -	
Mapas	Anexos\Mapas temáticos	Agosto del 2026
Planos	Anexos\Planos del proyecto	Julio de 2026
Croquis	- - - - - -	- - - - - -
Fotografías	Anexos\Fotos	Julio de 2026
Videos	- - - - - -	- - - - - -
Otros (especificar)	- - - - - -	- - - - - -

Estudios Específicos[1]

Enlace al archivo	Nombre del estudio	Responsable de elaboración	Fecha de elaboración
- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -

Incluir en los anexos el estudio que contenga los métodos, análisis y conclusiones del muestreo de flora y fauna, acorde con el Capítulo III de la presente Guía.

Capítulo III\Capítulo 3.docx

Memorias de cálculo

Enlace al archivo	Nombre	Fecha de elaboración
Capítulo I\Capítulo 1.docx	Apartado 1.6 ESTIMACIONES PARA DEMANDA DE AGUA, ENERGÍA Y EMISIONES.	Agosto de 2026

Bibliografía y Referencias

Álvarez-Castañeda, S. T., Álvarez-Solórzano, T., & González-Ruiz, N. (2015). Guía para la identificación de los mamíferos de México en campo y laboratorio. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste y Asociación Mexicana de Mastozoología. Registro del CIBNOR

Alvis Gordo, J. F. (2009). Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popayán. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, *7*(1), 115–122.

Aranda, M. (2012). Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Basham, E. W., Baecher, J. A., Klinges, D. H., & Scheffers, B. R. (2023). Vertical stratification patterns of tropical forest vertebrates: A meta-analysis. Biological Reviews, 98(1), 99–114.

Bracamonte, J. C. (2018). Protocolo de muestreo para la estimación de la diversidad de murciélagos con redes de niebla en estudios de ecología. Ecología Austral, 28(2), 446–454.

Bravo Hollis, H., y SCHEINVAR, L. C. (1999). *EL INTERESANTE MUNDO DE LAS CACTASEAS*.

Calderón-Mandujano, R. R., Bahena-Basave, H., & Calmé, S. (2005). Guía de los anfibios y reptiles de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an y zonas aledañas. COMPACT, ECOSUR, CONABIO y Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an. 109 p.

Calderón-Patrón, J. M., Briones-Salas, M., & Moreno, C. E. (2013). Diversidad de murciélagos en cuatro tipos de bosque de la Sierra Norte de Oaxaca, México. Therya, 4(1), 121–137.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2025). Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de noviembre de 2025). https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGDFS.pdf

Casarrubias, A. (2022). Evaluación de la diversidad de mamíferos terrestres en ecosistemas tropicales de México. Universidad Nacional Autónoma de México.

Ceballos, G., & Oliva, G. (Coords.). (2005). Los mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica. Registro bibliográfico

Cedeño-Vázquez, J. R., Calderón-Mandujano, R. R., & Pozo, C. (2006). Anfibios de la región de Calakmul, Campeche, México. CONABIO, ECOSUR, CONANP, PNUD-GEF y Sociedad Herpetológica Mexicana, A. C. 101 p.

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2023). Atlas Nacional de Riesgos [Sistema de información geográfica]. Coordinación Nacional de Protección Civil. https://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2025). Prepárate para la temporada invernal 2025-2026. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cenapred/es/articulos/preparate-para-la-temporada-invernal-2025-2026

Cervantes-Zamora, Y., Cornejo-Olguín, S. L., Lucero-Márquez, R., Espinoza-Rodríguez, J. M., Miranda-Víquez, E., y Pineda-Velázquez, A. (1990). Provincias fisiográficas de México [Mapa, escala 1:4 000 000]. En Atlas Nacional de México (vol. II, carta IV.10.2). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

Chao, A., Gotelli, N. J., Hsieh, T. C., Sander, E. L., Ma, K. H., Colwell, R. K., & Ellison, A. M. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: A framework for sampling and estimation in species diversity studies. Ecological Monographs, 84(1), 45–67. Registro académico del autor

Chesser, R. T., Billerman, S. M., Burns, K. J., Cicero, C., Dunn, J. L., Hernández-Baños, B. E., Jiménez, R. A., Johnson, O., Mason, N. A., & Rasmussen, P. C. (2025). Lista de aves de Norteamérica [Base de datos]. American Ornithological Society. https://checklist.americanornithology.org/taxa/

Chmel, K., Riegert, J., Paul, L., & Novotný, V. (2016). Vertical stratification of an avian community in New Guinean tropical rainforest. Population Ecology, 58(4), 535–547. https://doi.org/10.1007/s10144-016-0561-2

Cintrón, G., y Schaeffer-Novelli, Y. (1983). Introducción a la ecología del manglar. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la Unesco para América Latina y ….

Clements, J. F., Rasmussen, P. C., Schulenberg, T. S., Iliff, M. J., Fredericks, T. A., Gerbracht, J. A., Lepage, D., Spencer, A., Billerman, S. M., Sullivan, B. L., Smith, M., & Wood, C. L. (2024). The eBird/Clements checklist of birds of the world: v2024. Cornell Lab of Ornithology. Lista oficial de 2024

Colwell, R. K. (2005). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5. http://purl. oclc. org/estimates.

Comisión Nacional del Agua. (1998). Cuencas hidrológicas de México [Conjunto de datos vectoriales, escala 1:250 000].

Comisión Nacional del Agua. (2007). Regiones hidrológicas de México [Conjunto de datos vectoriales, escala 1:250 000]. Subdirección General Técnica.

Comisión Nacional del Agua. (2023). Acuíferos de la República Mexicana y disponibilidad media anual de agua subterránea [Conjunto de datos geoespaciales]. Sistema de Información Geográfica de Acuíferos y Cuencas. https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/

Comisión Nacional del Agua. (2024a). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Costera de Veracruz (3006), estado de Veracruz. https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/veracruz/DR_3006.pdf

Comisión Nacional del Agua. (2024b). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Costera del Papaloapan (3020), estado de Veracruz. https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/veracruz/DR_3020.pdf

Comisión Nacional del Agua. (2024c). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Cotaxtla (3008), estado de Veracruz. https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/veracruz/DR_3008.pdf

Comisión Nacional del Agua. (2024d). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Los Naranjos (3010), estado de Veracruz. https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/veracruz/DR_3010.pdf

Comisión Nacional del Agua–Servicio Meteorológico Nacional. (2026). Normales climatológicas por estado: Veracruz; estaciones climatológicas 30056 El Tejar y 30468 Paso del Toro [Base de datos climatológica]. https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado?estado=ver

Comisión Nacional del Agua–Servicio Meteorológico Nacional. (2026). Normal climatológica mensual de la estación 30056 El Tejar, Veracruz [Archivo de datos]. https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales_Climatologicas/Mensuales/ver/mes30056.txt

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (1998). Subcuencas hidrológicas [Conjunto de datos vectoriales, escala 1:1 000 000]. Información adaptada del Boletín hidrológico de la Dirección de Hidrología de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2021). Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (s. f.). EncicloVida. Recuperado el 10 de agosto de 2026, de EncicloVida

Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. (2026). CITES appendices. CITES Secretariat. https://cites.org/eng/app/appendices.php

Cornell Lab of Ornithology. (2026). White Ibis (Eudocimus albus). All About Birds. https://www.allaboutbirds.org/guide/White_Ibis/overview

Cornell Lab of Ornithology. (s. f.). Merlin Bird ID [Aplicación móvil]. Recuperado el 10 de agosto de 2026, de Merlin Bird ID

Curtis, J. T., y McIntosh, R. P. (1951). An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology, 32(3), 476–496.

De Sá, R.O., Streicher, J.W., Sekonyela, R. et al. Filogenia molecular de ranas microhilídeas (Anura: Microhylidae) con énfasis en las relaciones entre géneros del Nuevo Mundo. BMC Evol Biol 12, 241 (2012). https://doi.org/10.1186/1471-2148-12-241

Dransfield, J., Uhl, N. W., Asmussen, C. B., Baker, W. J., Harley, M. M., y Lewis, C. E. (2008). Genera palmarum-the evolution and classification of the palms.

Duellman, W. E., & Trueb, L. (1994). Biology of amphibians. Johns Hopkins University Press.

eBird. (2024). eBird: An online database of bird distribution and abundance [Base de datos]. Cornell Lab of Ornithology. https://ebird.org/

Efron, B. (1979). Computers and the theory of statistics: Thinking the unthinkable. SIAM review, 21(4), 460–480.

Esri. (2026). World Imagery [Mapa base]. Fuentes cartográficas: Esri, Maxar, Earthstar Geographics y GIS User Community. Servicio World Imagery

Faivovich, J., Haddad, C. F. B., García, P. C. A., Frost, D. R., Campbell, J. A., & Wheeler, W. C. (2005). Systematic review of the frog family Hylidae, with special reference to Hylinae: Phylogenetic analysis and taxonomic revision. Bulletin of the American Museum of Natural History, 294, 1–240.

Finegan, B. (1992). The management potential of neotropical secondary lowland rain forest. Forest ecology and management, 47(1–4), 295–321.

Flores-Villela, O., & Canseco-Márquez, L. (2004). Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. Museo de Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Fuentes-Mariles, O. A., Franco, V., Luna-Cruz, F., Vélez-Morales, L., y Morales-Rodríguez, H. L. (2014). Caracterización fluvial e hidráulica de las inundaciones en México: Organismo de Cuenca X Golfo Centro, ciudad de Veracruz, ríos Jamapa y Cotaxtla. Comisión Nacional del Agua–Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. Informe oficial

Gallina, S., & López-González, C. (Eds.). (2011). Manual de técnicas para el estudio de la fauna (Vol. 1). Universidad Autónoma de Querétaro & Instituto de Ecología, A. C.

García, E., y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (1998a). Climas: Clasificación de Köppen modificada por García [Conjunto de datos vectoriales, escala 1:1 000 000].

García, E., y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (1998b). Isotermas medias anuales [Conjunto de datos vectoriales, escala 1:1 000 000].

Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, Secretaría de Desarrollo Social. (2024, 30 de mayo). Programa de Ordenamiento Territorial de la Zona Metropolitana de Veracruz (Alvarado, Boca del Río, Jamapa, Manlio Fabio Altamirano, Medellín de Bravo y Veracruz). Gaceta Oficial del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, CCIX (Ext. 218), Tomo II.

González-Romero, A. (2014). Metodologías para el estudio de mamíferos silvestres en México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ecología.

González-Salazar, C., Martínez-Meyer, E., & López-Santiago, G. (2014). A hierarchical classification of trophic guilds for North American birds and mammals. Revista Mexicana de Biodiversidad, 85(3), 931–941. Texto disponible en SciELO

González-Zamora, D. A., Angulo-Castellanos, L. F., Hernández-Vázquez, S., Almanza-Rodríguez, H., & Aguilar Nuño, L. A. (2016). Presencia de la paloma turca (Streptopelia decaocto) en el archipiélago de Revillagigedo, México. Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología, 17(1). Artículo en la revista Huitzil

Gotelli, N. J., y Colwell, R. K. (2001). Quantifying biodiversity: Procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. Ecology letters, 4(4), 379–391.

Gray, J. S. (2002). Species richness of marine soft sediments. Marine ecology progress series, 244, 285–297.

Harris, J. G., y Harris, M. W. (1994). Plant identification terminology: An illustrated glossary. Spring Lake Publishing Spring Lake, Utah.

Hernández, S., Carrillo-Reyes, A., & Sánchez, O. (2015). Guía para el monitoreo de mamíferos terrestres medianos y grandes con cámaras trampa. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

Hingtgen, T. M., Mulholland, R., & Repenning, R. W. (1985). Habitat suitability index models: White ibis (FWS/OBS 82/10.93). U.S. Fish and Wildlife Service, U.S. Geological Survey.

Howell, S. N. G., & Webb, S. (1995). A guide to the birds of Mexico and northern Central America. Oxford University Press.

https://www.cites.org. Consultada el 10 de agosto de 2026

https://www.iucnredlist.org. Consultada el 10 de agosto de 2026.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2001a). Conjunto de datos vectoriales fisiográficos, Continuo Nacional, escala 1:1 000 000, Serie I, edición 1. Biblioteca Digital de Mapas

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2001b). Diccionario de datos fisiográficos: Vectorial, escala 1:1 000 000. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2007). Conjunto de datos vectorial edafológico, escala 1:250 000, Serie II, Continuo Nacional. Información edafológica del INEGI

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2008). Unidades climáticas [Conjunto de datos vectoriales, escala 1:1 000 000]. Información climatológica del INEGI

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). Red hidrográfica, escala 1:50 000, edición 2.0. Dirección General de Geografía y Medio Ambiente. Documento técnico descriptivo

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2011). Guía para la interpretación de cartografía: Edafología, escala 1:250 000, Serie II. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825231606.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2014). Conjunto de datos de erosión del suelo, escala 1:250 000, Serie I, Continuo Nacional. Biblioteca Digital de Mapas

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2019). Estudio de información integrada de la cuenca de los ríos Actopan-Jamapa y otras. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825188719.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022). Diccionario de datos de climas. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825199258.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2026a). Marco Geoestadístico [Conjunto de datos geoespaciales]. https://www.inegi.org.mx/temas/mg/

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2026b). Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas — SIATL [Sistema de consulta geográfica]. https://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/

International Union for Conservation of Nature. (2026). The IUCN Red List of Threatened Species (Version 2026-1). https://www.iucnredlist.org

IUSS Working Group WRB. (2007). Base referencial mundial del recurso suelo 2006: Un marco conceptual para la clasificación, correlación y comunicación internacional. Primera actualización 2007 (Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos núm. 103). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. https://www.fao.org/4/a0510s/a0510s00.htm

Jiménez Valverde, A., y Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. Revista ibérica de aracnología, 8, 151–161.

Köhler, G. (2008). Reptiles of Central America. Herpeton.

Köhler, G. (2011). Amphibians of Central America. Herpeton.

Lepage, D. (2026). Bird checklist of Veracruz, Mexico. Avibase—Bird Checklists of the World. https://avibase.bsc-eoc.org/checklist.jsp?region=MXve

Liner, E. A. (2007). A checklist of the amphibians and reptiles of Mexico (Occasional Papers of the Museum of Natural Science, No. 80). Louisiana State University.

Louman, B. (2001). *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central* (Vol. 46). CATIE.

MacGregor-Fors, I., & Schondube, J. E. (2012). Urbanizing the wild: Shifts in bird communities associated to small human settlements. Revista Mexicana de Biodiversidad, 83(2), 477–486.

Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton university press.

Mammal Diversity Database. (2021). Mammal Diversity Database (Versión 1.7) [Base de datos]. American Society of Mammalogists. Mammal Diversity Database

Margalef, R. (1951). *Diversidad de especies en las comunidades naturales*.

Margalef, R. (1972). Homage to Evelyn Hutchinson, or why is there an upper limit to diversity. Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences, 44, 211–235. Registro del CSIC

Medellín, R. A., & Víquez-R., L. (2014). Manual de métodos para el estudio de los mamíferos de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Medellín, R. A., Arita, H. T., & Sánchez H., O. (2007). Identificación de los murciélagos de México: Clave de campo (2.ª ed.). Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Registro de la UNAM

Medina-van Berkum, P., Parra-Tabla, V. P., & Leirana-Alcocer, J. L. (2016). Recursos florales y colibríes durante la época seca en la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos, Yucatán, México. Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología, 17(2), 244–250. https://doi.org/10.28947/hrmo.2016.17.2.25.

Montes-León, M. A. L., Uribe-Alcántara, E. M., y García-Celis, E. (2011). Mapa nacional de erosión potencial. Tecnología y Ciencias del Agua, 2(1), 5–17. https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v2n1/v2n1a1.pdf

Moreno, C. E. (2000). Métodos para medir la biodiversidad. Volumen 1. Manuales y tesis SEA.

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, volumen 1. Sociedad Entomológica Aragonesa, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo y UNESCO. Registro bibliográfico

Mostacedo, B., y Fredericksen, T. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal (Vol. 87). Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR) Santa Cruz, Bolivia.

National Oceanic and Atmospheric Administration. (2023). Historical Hurricane Tracks [Base de datos geoespacial]. https://coast.noaa.gov/hurricanes/

OpenStreetMap contributors. (2026). OpenStreetMap [Mapa base]. https://www.openstreetmap.org/copyright

Pérez-Higareda, G., López-Luna, M. A., & Hobart, M. S. (2007). Serpientes de la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México: Guía de identificación ilustrada. Universidad Nacional Autónoma de México.

Pettingill, O. S., Jr. (1969). Ornithology in laboratory and field (4.ª ed.). Burgess Publishing Company. Registro bibliográfico

Pielou, E. C. (1969). An introduction to mathematical ecology.

Poole, R. W. (1974). An introduction to quantitative ecology.

Ralph, C. J., Geoffrey, R., Pyle, P., Martín, T., DeSante, D., & Milá, B. (1996). Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. United States Department of Agriculture.

Reynolds, R. G., Niemiller, M. L., & Revell, L. J. (2014). Toward a tree-of-life for the boas and pythons: Multilocus species-level phylogeny with unprecedented taxon sampling. Molecular Phylogenetics and Evolution, 71, 201–213. https://doi.org/10.1016/j.ympev.2013.11.011

Romahn de la Vega, C. F., Ramírez Maldonado, H., y Treviño García, J. L. (1994). Dendrometría. Universidad Autónoma Chapingo.

Romahn de la Vega, C. F., Ramírez, M. H., y Treviflo, G. J. (2010). Dendrometría. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. Serie de apoyo académico, 26.

Romero-Almaraz, M. L., Sánchez-Hernández, C., García-Estrada, C., & Owen, R. D. (2007). Mamíferos pequeños: Manual de técnicas de captura, preparación, preservación y estudio (2.ª ed.). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias e Instituto de Biología.

Rzedowski, G. C. de, y Rzedowski, J. (2005). Flora Fanerogámica del Valle de México. 1 a reimp. Instituto de Ecología, AC y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán. 1406 pp.

Sandoval, J. C., & García-Reynoza, X. L. (2019). Distribución y abundancia del gavilán caracolero (Rostrhamus sociabilis) y la correa (Aramus guarauna), y su interacción con la chivita (Pomacea flagellata) en la Laguna de Bacalar, Quintana Roo, México. Huitzil, 20(1), e457.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Dirección de Geomática. (2004). Degradación del suelo en la República Mexicana [Conjunto de datos geoespaciales, escala 1:250 000]. Catálogo de metadatos de CONABIO

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (s. f.). Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. Gobierno de México. Recuperado el 10 de agosto de 2026, de SNIARN

Secretaría de Protección Civil del Estado de Veracruz. (2024). Atlas de Riesgos del Estado de Veracruz. Gobierno del Estado de Veracruz. https://www.veracruz.gob.mx/proteccioncivil/wp-content/uploads/sites/5/2024/10/Atlas-de-Riesgos-del-Estado-de-Veracruz_.pdf

Secretaría de Protección Civil del Estado de Veracruz. (2025). Temporada de frentes fríos y nortes 2025: Recomendaciones para autoridades municipales. Gobierno del Estado de Veracruz.

Servicio Geológico Mexicano. (2001). Carta geológico-minera Orizaba E14-6, Veracruz, Puebla y Oaxaca, escala 1:250 000. Ficha de metadatos

Servicio Geológico Mexicano. (2002). Carta geológico-minera Veracruz E14-3, Veracruz, Puebla y Tlaxcala, escala 1:250 000. Ficha de metadatos

Servicio Geológico Mexicano. (2004). Carta geológico-minera Coatzacoalcos E15-1-4, Veracruz, Oaxaca y Tabasco, escala 1:250 000. Ficha de metadatos

Shannon, C. E., y Weaver, W. (1949). The mathematical theory of com-munication. Urbana: University of Illinois Press, 96.

SoberónM, J., y LlorenteB, J. (1993). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. Conservation biology, 7(3), 480–488.

Stevenson, T. J., Hahn, A. H., MacDougall-Shackleton, S. A., & Ball, G. F. (2019). Why do birds flock? A role for opioids in the reinforcement of gregarious social interactions. Frontiers in Physiology, 10, 421.

Stone, E. L., Harris, S., & Jones, G. (2015). Impacts of artificial lighting on bats: A review of challenges and solutions. Mammalian Biology, 80(3), 213–219.

Streicher, J. W., Cox, C. L., Campbell, J. A., Smith, E. N., & de Sá, R. O. (2012). Rapid range expansion in the Great Plains narrow-mouthed toad (Gastrophryne olivacea) and a revised taxonomy for North American microhylids. Molecular Phylogenetics and Evolution, 64(3), 645–653.

Tapia Rangel, E., Fraire Benítez, M. C., Villanueva Gutiérrez, L., Nolasco Paez, C. D., Gómez Sánchez, B., García Medina, Y. de J., Moncada Cortes, F., y Cordero Aguayo, R. A. (2019). Formas de vida vegetal.

Torres-Hernández, L. A., Ramírez-Bautista, A., Cruz-Elizalde, R., Hernández-Salinas, U., Berriozabal-Islas, C., DeSantis, D. L., Johnson, J. D., Rocha, A., García-Padilla, E., Mata-Silva, V., Fucsko, L. A., & Wilson, L. D. (2021). The herpetofauna of Veracruz, Mexico: Composition, distribution, and conservation status. Amphibian & Reptile Conservation, 15(2), 72–155.

Vidal-Zepeda, R. (1990). Precipitación media anual [Mapa, escala 1:4 000 000]. En Atlas Nacional de México (vol. II, sección IV, carta 4.6). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

Villanueva, Á. C., Kelly, L. M., y Salinas, A. D. (2004). Bejucos y otras trepadoras de la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Veracruz, México (Vol. 36). UNAM.

Villareal, H. M., Álvarez, M., Córdoba-Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza-Cifuentes, H., Ospina, M., y Umaña, A. M. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad.

Walther, B. A. (2002). Vertical stratification and use of vegetation and light habitats by Neotropical forest birds. Journal für Ornithologie, 143(1), 64–81.

Xeno-canto Foundation. (s. f.). Xeno-canto: Sharing wildlife sounds from around the world. Recuperado el 10 de agosto de 2026, de Xeno-canto

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

CONTENIDO

I.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO ____ 1
I.1.1 SUPERFICIE Y DISTRIBUCIÓN DEL PROYECTO ____ 2

I.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO. ____ 9

I.3. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES DEL PROYECTO ____ 10
I.3.1 VIALIDADES ____ 10
I.3.2 MANZANAS Y LOTES. ____ 12
I.3.3 RED ELÉCTRICA. ____ 13
I.3.4 RED HIDRÁULICA Y SANITARIA. ____ 14

I.4. DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DE PREPARACION DEL SITIO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN ____ 17
I.4.1 PREPARACIÓN DEL SITIO ____ 17
1.4.1.1 RESCATE Y REUBICACIÓN DE ESPECIES ____ 17
1.4.1.2 IDENTIFICACIÓN DE VEGETACIÓN FORESTAL A REMOVER. ____ 19
1.4.1.3 TRABAJOS PRELIMINARES PARA OBRAS Y LOTIFICACIÓN. ____ 20
I.4.2 CONSTRUCCIÓN ____ 21
1.4.2.1 RELLENO Y CONFORMACIÓN DEL TERRENO ____ 21
1.4.2.2 CONSTRUCCIÓN DE VIALIDADES E INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS. ____ 22
I.4.3 OPERACIÓN ____ 24
1.4.3.1 OPERACIÓN DEL PROYECTO ____ 24
1.4.3.2 MANTENIMIENTO ____ 26

I.5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES ____ 27

I.6. ESTIMACIONES PARA DEMANDA DE AGUA, ENERGÍA Y EMISIONES ____ 29
I.6.1 ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN ____ 29
I.6.1.1 DEMANDA DE ENERGÍA. ____ 29
I.6.1.2 DEMANDA DE AGUA. ____ 30
I.6.1.3 EMISIONES ATMOSFÉRICAS. ____ 31
I.6.2 ETAPA DE OPERACIÓN ____ 32
I.6.2.1 DEMANDA DE ENERGÍA. ____ 32
I.6.2.2 DEMANDA DE AGUA. ____ 33

ÍNDICE CUADROS

Cuadro 1.1 Coordenadas del predio ____ *1*
Cuadro 1.2 Clasificación de las superficies del proyecto ____ *3*
Cuadro 1.3 Coordenadas del Polígono 1 de CUSTF ____ *4*
Cuadro 1.4 Coordenadas del Polígono 2 de CUSTF ____ *7*
Cuadro 1.5 Superficies de proyecto y porcentajes de ocupación. ____ *10*
Cuadro 1.6 Volúmenes estimados de obra para vialidades de proyecto. ____ *11*
Cuadro 1.7 Número de manzanas y superficies. ____ *13*
Cuadro 1.8 Coordenadas del sitio de reubicación de fauna. ____ *19*
Cuadro 1.9 Movimientos de tierra determinados para el proyecto. ____ *21*
Cuadro 1.10 Calendario general de actividades de Actividades del Proyecto ____ *28*
Cuadro 1.11 Demanda de energía durante la etapa de preparación del sitio y construcción ____ *29*
Cuadro 1.12 Demanda de agua durante la etapa de preparación del sitio y construcción ____ *30*
Cuadro 1.13 Cálculo de emisiones durante la etapa de preparación del sitio y construcción ____ *31*

ÍNDICE IMÁGENES

Imagen 1.1 Ubicación del proyecto en el municipio de Medellín de Bravo, Veracruz. ____ *1*
Imagen 1.2 Delimitación del predio general y distribución de las superficies forestales sujetas a CUSTF. ____ *3*
Imagen 1.3 Diseño general del proyecto. ____ *9*
Imagen 1.4 Sección tipo A (vialidad principal). ____ *10*
Imagen 1.5 Sección tipo B (vialidad secundaria). ____ *11*
Imagen 1.6 Ubicación de cada tipo de vialidad. ____ *12*
Imagen 1.7 Distribución de manzanas del desarrollo. ____ *12*
Imagen 1.8 Sección tipo de línea eléctrica subterránea. ____ *13*
Imagen 1.9 Detalle de registro tipo y transformador. ____ *14*
Imagen 1.10 Secciones tipo de la zanja para tubería de PVC de 20 y 25 cm. ____ *15*
Imagen 1.11 Diseño tipo del pozo de visita de la red sanitaria. ____ *16*
Imagen 1.12 Ubicación de la planta de tratamiento existente. ____ *16*
Imagen 1.13 Diseño del registro sanitario. ____ *17*
Imagen 1.14 Localización del sitio de reubicación de especies respecto al sitio de proyecto ____ *18*
Imagen 1.15 Ejemplificación de marqueo de arbolado. ____ *19*
Imagen 1.16 Ejemplificación de desrame y troceo de arbolado. ____ *20*
Imagen 1.17 Ejemplificación de seguimiento topográfico. ____ *21*

I.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El **PROYECTO DE LOTIFICACIÓN HABITACIONAL**, se desarrollará en un predio de propiedad privada ubicado en la congregación Primero de la Palma, municipio de Medellín de Bravo, estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.

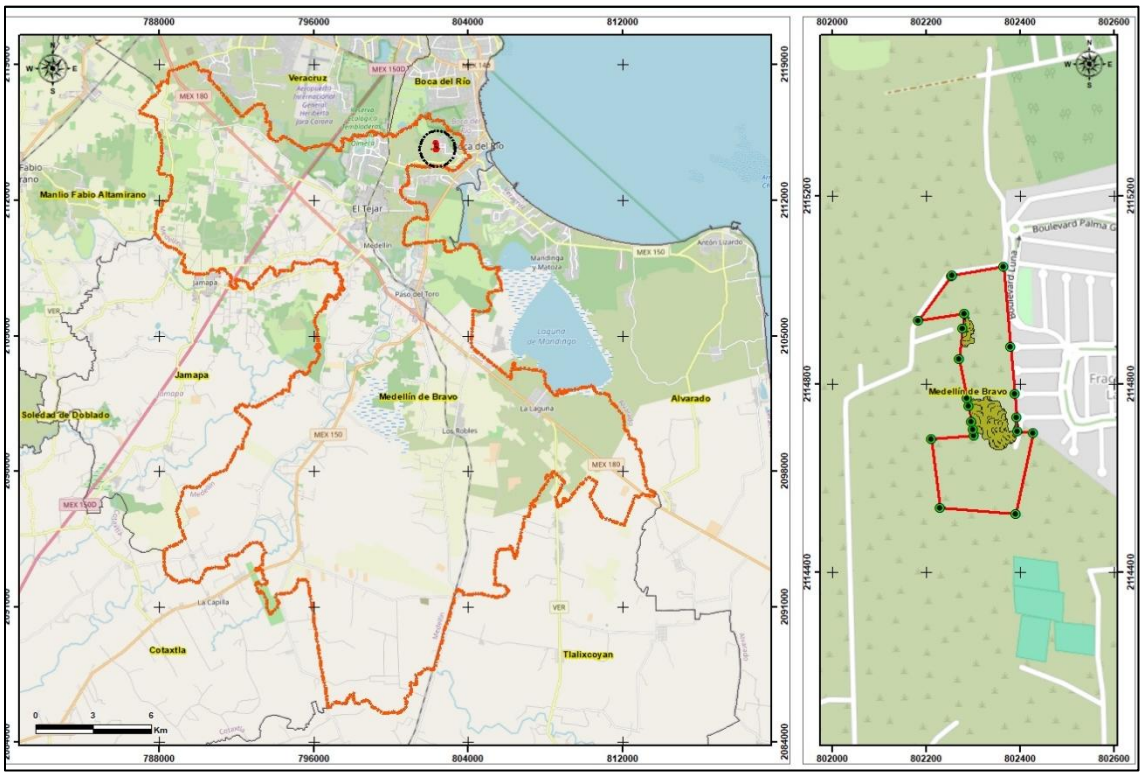


Imagen 1.1 Ubicación del proyecto en el municipio de Medellín de Bravo, Veracruz.

Dicho proyecto, se pretende desarrollar en una superficie de **7.0360 ha** (70,359.7346 m²), la cual corresponde a las siguientes coordenadas:

Cuadro 1.1 Coordenadas del predio

VERTICE	LADO	DIST.	RUMBO	COORDENADAS UTM (ZONA 14, WGS84)	
				ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	170.6	S 4°57'55.6" E	802364.474	2115048.031
P2	P2 - P3	100.55	S4°38'5.1" E	802379.24	2114878.073
P3	P3 - P4	50.27	S 4°47'45.0" E	802387.365	2114777.849
P4	P4 - P5	28.74	S 4°50'7.7" E	802391.568	2114727.753
P5	P5 - P6	33.56	S 84°39'46.6" E	802393.991	2114699.111
P6	P6 - P7	177.76	S 12°17'47.8" O	802427.401	2114695.99
P7	P7 - P8	162.02	N 85°10'41.4" O	802389.543	2114522.307

P8	P8 - P9	146.68	N 7°12'4.3" O	802228.097	2114535.926
P9	P9-P10	92.16	N 84°17'9.6" E	802209.709	2114681.454
P10	P10-P11	12.53	N 11°26'52.1" O	802301.411	2114690.63
P11	P11 -P12	16.36	N 10°9'7.8" O	802298.925	2114702.906
P12	P12-P13	34.5	N 11°1'41.2" O	802296.042	2114719.005
P13	P13-P14	17.11	N 11°18'14.5" O	802289.443	2114752.868
P14	P14-P15	85.04	N 11°12'53.8" O	802286.089	2114769.646
P15	P15-P16	65.46	N 6°38'38.5" E	802269.55	2114853.059
P16	P16-P17	31.8	N 5°23'38.4" E	802277.124	2114918.08
P17	P17-P18	98.46	S 80°31'11.6" O	802280.113	2114949.74
P18	P18-P19	117.92	N 36°20'9.4" E	802183.001	2114933.524
P19	P19-P20	3.77	N 46°42'15.4" E	802252.871	2115028.515
P20	P20-P1	110.17	N 81°9'34.8" E	802255.615	2115031.101
SUPERFICIE TOTAL = 7.0360 ha (70,359.7346 m²)					

Sistema de referencia: WGS 84 / UTM zona 14 Norte, EPSG:32614.

I.1.1 SUPERFICIE Y DISTRIBUCIÓN DEL PROYECTO

El predio general comprende una **superficie total de 7.0360 ha (70,359.7346 m²)**, destinada en su totalidad al proyecto de lotificación habitacional. Dentro de esta superficie **se identificaron dos polígonos con vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que, en conjunto, suman 0.8559 ha (8,559.0759 m²) y constituyen la superficie solicitada para el CUSTF.**

El **polígono forestal 1** abarca una superficie de **0.732377 ha (7,323.772139 m²)**, mientras que el **polígono forestal 2** comprende **0.123530 ha (1,235.303798 m²).** En conjunto, la superficie forestal sujeta a CUSTF asciende a 0.855907 ha (8,559.075937 m²), equivalente al 12.165 % de la superficie total del proyecto. Las 6.1801 ha restantes (61,800.6587 m²), correspondientes al 87.835 %, están constituidas por pastizal cultivado y no forman parte de la solicitud de cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

La afectación de las superficies forestales tendrá **carácter permanente**, ya que su destino final se vincula con la urbanización y consolidación de un desarrollo habitacional. Aunque el sellamiento del suelo podrá presentarse de manera progresiva durante las etapas de lotificación, urbanización y construcción, el cambio de uso del suelo solicitado comprende la totalidad de los dos polígonos forestales, debido a la modificación definitiva de su vocación y cobertura actuales.

Cuadro 1.2 Clasificación de las superficies del proyecto

Componente	Uso o cobertura	Clasificación	Superficie	Proporción (%)
Polígono forestal 1	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Sujeta a CUSTF	0.7324 ha	10.40 %
Polígono forestal 2	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Sujeta a CUSTF	0.1235 ha	1.75 %
Superficie restante	Pastizal y otras áreas no forestales	No sujeta a CUSTF	6.1801 ha	87.83 %
Total del predio	**Proyecto de lotificación habitacional**	**Superficie total**	**7.0360 ha**	**100 %**

Fuente: Elaboración propia con base en la delimitación georreferenciada del predio general y de los polígonos sujetos a CUSTF.

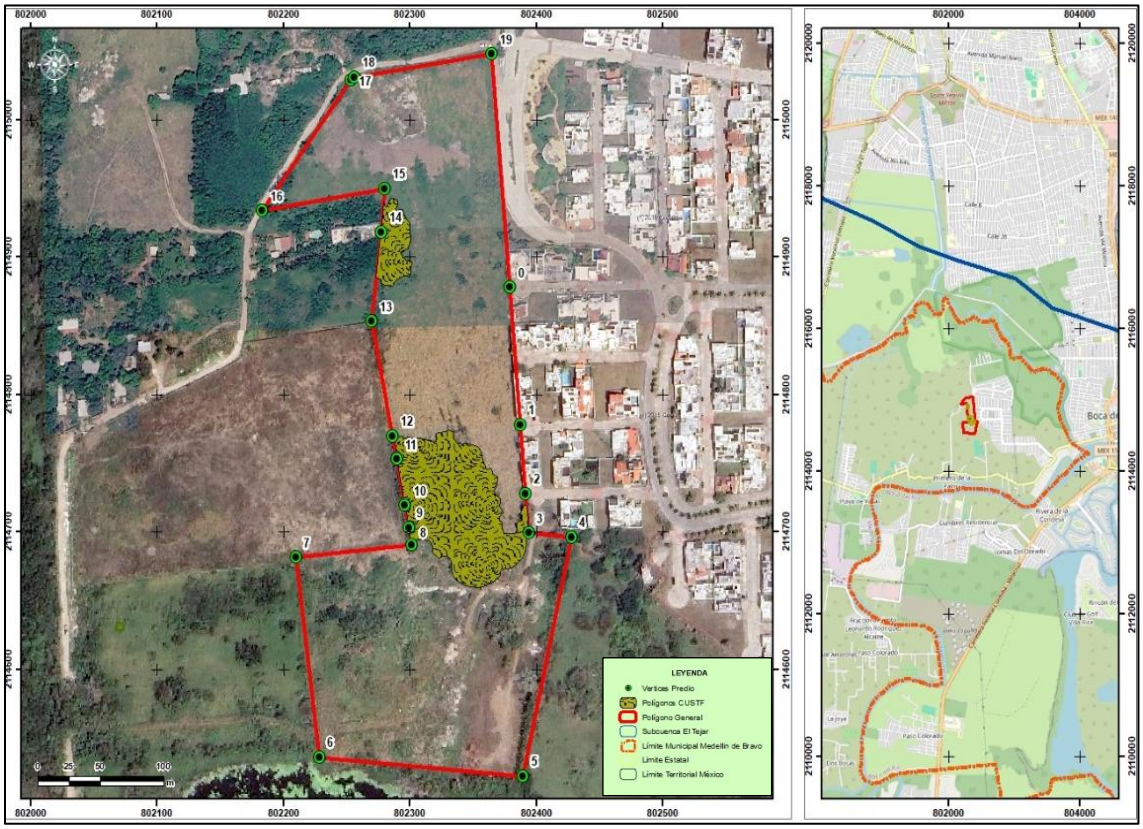


Imagen 1.2 Delimitación del predio general y distribución de las superficies forestales sujetas a CUSTF.

Cuadro 1.3 Coordenadas del Polígono 1 de CUSTF

Vértice	COORDENADAS UTM (ZONA 14, WGS84)	
	X	Y
1	802335.2824	2114766.558
2	802336.7112	2114764.811
3	802338.9337	2114764.415
4	802341.3149	2114764.176
5	802344.093	2114764.573
6	802346.4743	2114764.176
7	802348.5381	2114763.541
8	802352.1893	2114762.827
9	802354.2531	2114761.478
10	802355.2056	2114760.128
11	802356.3168	2114757.826
12	802356.9518	2114755.048
13	802357.6662	2114752.032
14	802358.3012	2114749.413
15	802359.5712	2114747.905
16	802359.3331	2114746.555
17	802361	2114745.285
18	802363.0637	2114746.476
19	802364.175	2114745.444
20	802364.9687	2114744.412
21	802365.2068	2114742.348
22	802367.35	2114741.158
23	802369.255	2114740.046
24	802369.0962	2114737.11
25	802368.1437	2114735.046
26	802368.0643	2114733.141
27	802366.8737	2114730.918
28	802366.0006	2114729.569
29	802367.2706	2114728.458
30	802367.5087	2114726.95
31	802368.5406	2114726.076
32	802370.2869	2114725.759
33	802371.3187	2114724.251
34	802371.3187	2114721.473
35	802370.525	2114719.091
36	802371.16	2114717.186
37	802372.9062	2114715.758
38	802373.2237	2114714.091
39	802371.3981	2114711.948
40	802370.6837	2114710.598

Vértice	COORDENADAS UTM (ZONA 14, WGS84)	
	X	Y
41	802370.8425	2114708.376
42	802372.43	2114706.709
43	802372.6681	2114704.883
44	802372.8269	2114702.502
45	802373.7794	2114700.121
46	802374.335	2114699.009
47	802377.4306	2114698.93
48	802380.3675	2114698.374
49	802382.4313	2114698.454
50	802384.0981	2114699.644
51	802385.13	2114701.073
52	802384.1775	2114702.899
53	802383.5425	2114704.486
54	802384.6538	2114706.709
55	802385.8444	2114708.534
56	802386.9556	2114709.804
57	802387.5113	2114711.392
58	802387.4319	2114713.297
59	802387.5113	2114714.964
60	802387.7494	2114716.789
61	802388.7813	2114718.615
62	802390.3688	2114719.25
63	802391.7181	2114719.329
64	802392.3171	2114718.903
65	802393.5241	2114704.635
66	802393.3056	2114704.089
67	802392.9088	2114699.353
68	802392.2738	2114695.226
69	802391.8504	2114691.31
70	802391.3213	2114687.818
71	802390.2629	2114684.113
72	802389.4163	2114681.573
73	802387.4054	2114679.351
74	802385.2888	2114677.658
75	802382.9604	2114675.541
76	802380.4204	2114673.636
77	802375.8696	2114673.213
78	802373.3296	2114673.213
79	802371.0012	2114671.519
80	802371.3187	2114668.768
81	802366.6885	2114664.137
82	802360.656	2114660.962

Vértice	COORDENADAS UTM (ZONA 14, WGS84)	
	X	Y
83	802360.021	2114660.962
84	802354.306	2114659.692
85	802347.4797	2114660.169
86	802340.971	2114662.074
87	802336.3672	2114665.249
88	802333.6684	2114668.582
89	802332.5572	2114673.98
90	802332.7159	2114677.155
91	802331.7634	2114680.489
92	802329.6997	2114681.917
93	802325.8897	2114682.235
94	802322.3972	2114680.647
95	802320.8097	2114681.917
96	802317.6347	2114685.251
97	802317.7934	2114688.109
98	802316.8409	2114691.76
99	802315.0947	2114693.665
100	802310.0146	2114694.459
101	802305.7284	2114694.459
102	802301.6009	2114693.506
103	802300.8383	2114693.458
104	802298.9251	2114702.906
105	802296.0949	2114718.711
106	802296.0931	2114718.761
107	802296.0839	2114718.773
108	802296.0423	2114719.005
109	802289.4427	2114752.868
110	802288.5752	2114757.208
111	802287.8766	2114769.419
112	802289.1654	2114769.177
113	802290.5942	2114769.018
114	802292.3404	2114769.336
115	802294.0867	2114769.177
116	802295.1186	2114768.304
117	802297.103	2114767.986
118	802298.6111	2114768.939
119	802299.5636	2114768.939
120	802300.5955	2114768.304
121	802301.8655	2114767.669
122	802302.7386	2114766.399
123	802304.4055	2114766.24
124	802305.5167	2114766.796

Vértice	COORDENADAS UTM (ZONA 14, WGS84)	
	X	Y
125	802305.7548	2114767.907
126	802307.4217	2114767.986
127	802309.5649	2114767.907
128	802310.2792	2114767.59
129	802312.343	2114767.113
130	802314.0892	2114766.716
131	802315.4386	2114766.558
132	802316.9467	2114765.843
133	802319.328	2114765.685
134	802320.4393	2114765.764
135	802320.9155	2114768.145
136	802320.2805	2114769.733
137	802320.4393	2114771.638
138	802322.6618	2114772.035
139	802324.8049	2114772.511
140	802327.1068	2114772.67
141	802329.0118	2114773.225
142	802330.0436	2114773.701
143	802331.0755	2114774.019
144	802334.0918	2114772.59
145	802334.3299	2114770.288
146	802334.2505	2114768.383

Sistema de referencia: WGS 84 / UTM zona 14 Norte, EPSG:32614.

Cuadro 1.4 Coordenadas del Polígono 2 de CUSTF

Vértice	COORDENADAS UTM (ZONA 14, WGS84)	
	X	Y
1	802290.4989	2114938.168
2	802288.5939	2114935.311
3	802289.5464	2114933.723
4	802292.5627	2114934.835
5	802294.4677	2114934.2
6	802294.7852	2114931.342
7	802296.6902	2114929.278
8	802297.9602	2114927.215
9	802299.5477	2114924.675
10	802300.024	2114921.976
11	802299.8652	2114919.912
12	802300.024	2114917.69
13	802300.3415	2114914.832

Vértice	COORDENADAS UTM (ZONA 14, WGS84)	
	X	Y
14	802300.3415	2114911.34
15	802299.2302	2114908.8
16	802298.2777	2114906.418
17	802295.8965	2114904.672
18	802292.7214	2114903.243
19	802293.3565	2114900.862
20	802295.7377	2114898.64
21	802297.3252	2114897.687
22	802300.1827	2114897.528
23	802301.7702	2114895.147
24	802300.5002	2114892.448
25	802300.8177	2114890.226
26	802300.3415	2114887.527
27	802298.4365	2114886.416
28	802295.579	2114886.098
29	802292.7214	2114885.939
30	802290.6577	2114884.352
31	802288.4352	2114882.129
32	802286.0539	2114879.113
33	802281.5852	2114879.384
34	802277.9984	2114879.138
35	802277.2047	2114882.273
36	802275.895	2114884.178
37	802273.2606	2114884.913
38	802275.412	2114903.383
39	802278.5234	2114932.901
40	802279.2047	2114940.117
41	802280.0214	2114938.732
42	802280.6167	2114937.541
43	802281.4502	2114936.263
44	802282.2439	2114937.375
45	802283.9902	2114941.82
46	802286.0539	2114943.09
47	802290.0227	2114941.661

Sistema de referencia: WGS 84 / UTM zona 14 Norte, EPSG:32614.

I.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

El proyecto de lotificación consiste en la habilitación de 176 lotes, así como diversas obras de servicios básicos, consistentes en alumbrado, energía eléctrica, sistema hidráulico, sanitario y vialidades. Los lotes en su mayoría contarán con superficies promedio de 240 metros cuadrados, la distribución de los lotes será por medio de 1 vialidad principal, que estará conectada a 8 vialidades secundarias de tipo "privada", así como una vialidad tipo circuito, en la zona norte del proyecto. De igual forma, se ubicará una caseta de acceso hacia esta zona de lotificación.

Cabe mencionar que este proyecto forma parte de la ampliación del fraccionamiento contiguo, el cual en su momento fue evaluado y autorizado por la SEMARNAT mediante la resolución con número SGPARN.02.IRA.0898/11 de fecha 25 de febrero de 2011.

En la siguiente imagen se muestra una vista general del proyecto, con la distribución de los lotes y las vialidades.

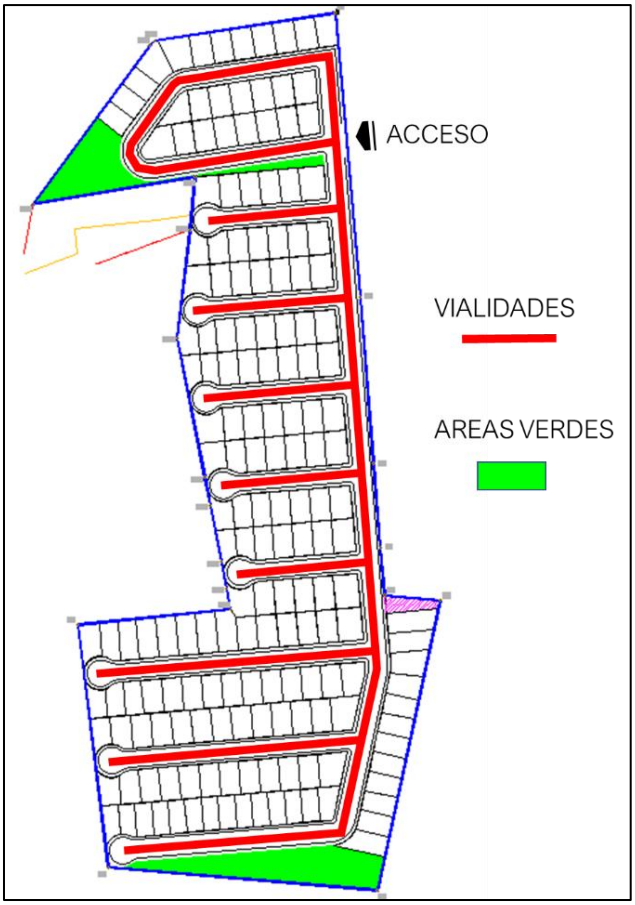


Imagen 1.3 Diseño general del proyecto.

Cuadro 1.5 Superficies de proyecto y porcentajes de ocupación.

COMPONENTE	AREA (m^2)	%
Superficie bruta	70,359.73	100.00
Lotes	42,858.44	60.91
Vialidades	22,954.63	32.62
Área verde	4,291.55	6.10
Servidumbre	255.5	0.36

Tal y como se mencionó, las actividades del proyecto consistirán en la preparación del sitio, la lotificación del predio y la construcción de la infraestructura básica necesaria para el funcionamiento del desarrollo, esto es, las vialidades, las redes hidráulicas, eléctricas y sanitarias.

I.3. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES DEL PROYECTO

I.3.1 VIALIDADES

El proyecto establece dos tipos de vialidades, una será para la vialidad principal y el otro para las vialidades secundarias que conectan hacia las privadas. Estas serán de concreto f'c= 250-300 kg/cm^2, consistirán en las banquetas, guarniciones y los dos carriles de circulación, con una pendiente de 2% tanto en banquetas como arroyo vehicular, para el caso de la vialidad principal, esta tendrá un ancho total de 15 metros, mientras que la secundaria tendrá un ancho de 13 metros. En las siguientes imágenes se aprecia el detalle de cada una.

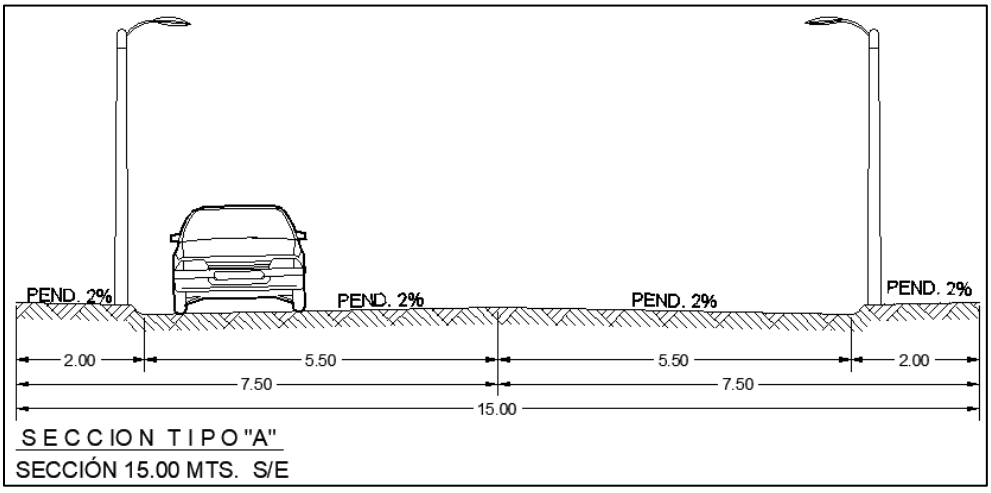


Imagen 1.4 Sección tipo A (vialidad principal).

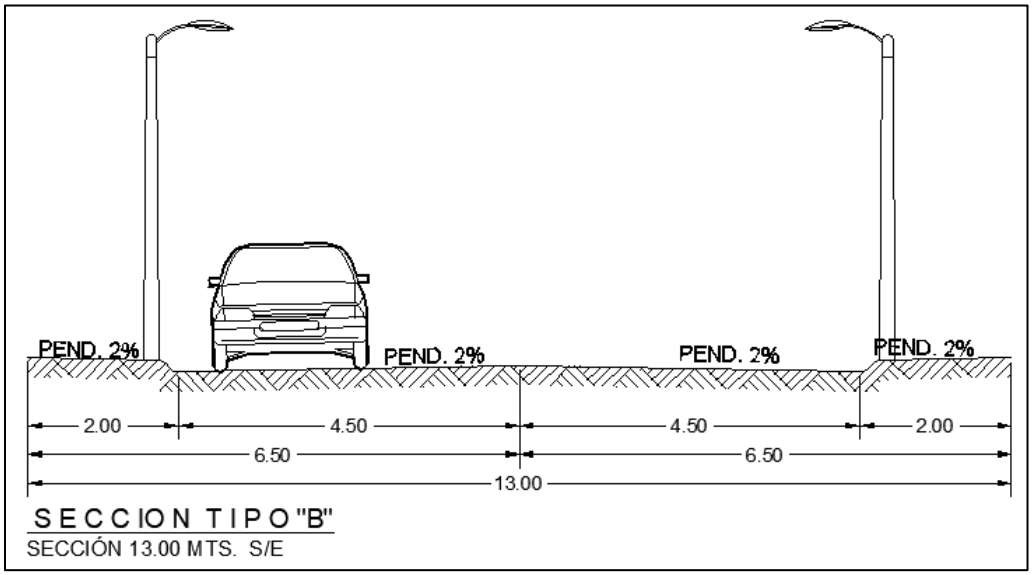


Imagen 1.5 Sección tipo B (vialidad secundaria).

Acorde a las especificaciones del proyecto, en la siguiente tabla se muestran los volúmenes aproximados de obra requeridos para cada uno de los componentes que abarcan las vialidades, estos elementos consisten en:

- Guarniciones
- Banquetas
- Arroyo vehicular

Cuadro 1.6 Volúmenes estimados de obra para vialidades de proyecto.

Elemento	Unidad	Volumen
Guarniciones	m	3,235.98
Banquetas	m^2	6,538.02
Arroyo vehicular	m^2	16,416.61

En la siguiente imagen se aprecia la ubicación de cada tipo de vialidad dentro del proyecto, siendo la vialidad principal el trazo representado en color verde, y las vialidades secundarias en color rojo. Tal y como se observa, las vialidades recorren la totalidad de las manzanas y permiten una conectividad y circulación por todas las zonas del desarrollo.

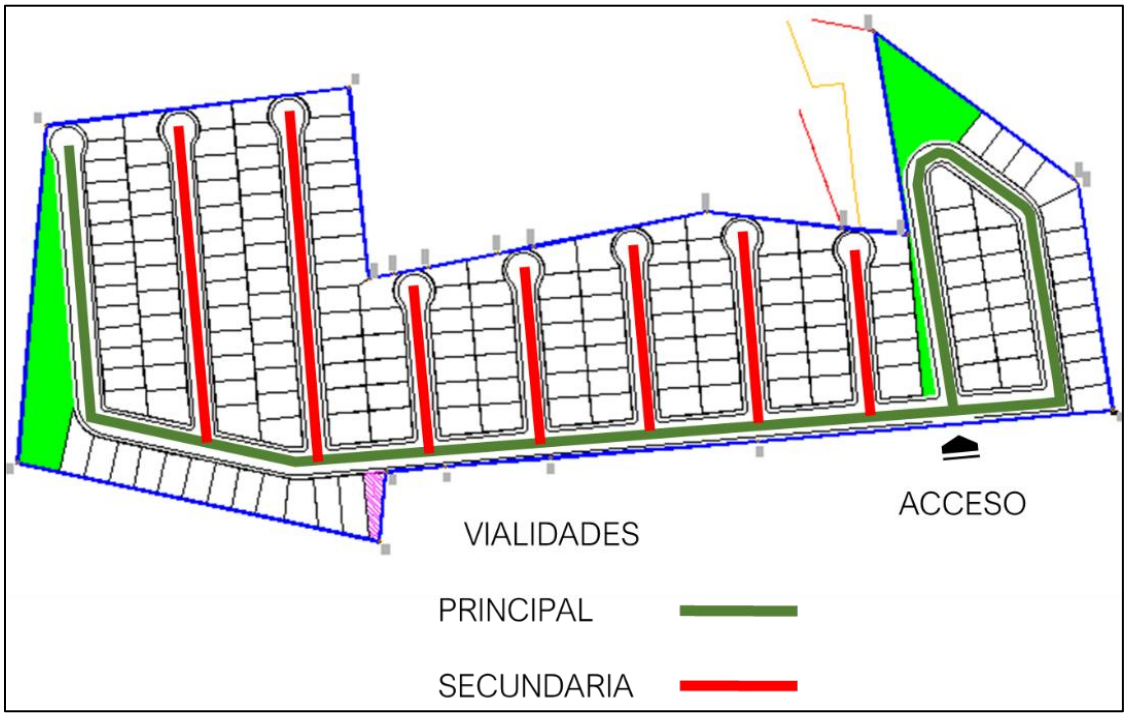


Imagen 1.6 Ubicación de cada tipo de vialidad.

I.3.2 MANZANAS Y LOTES.

El conjunto total de lotes del desarrollo se encuentra distribuido en 11 manzanas, para las cuales, en la siguiente imagen se muestra su tabla de datos, así como la ubicación y distribución de cada una.

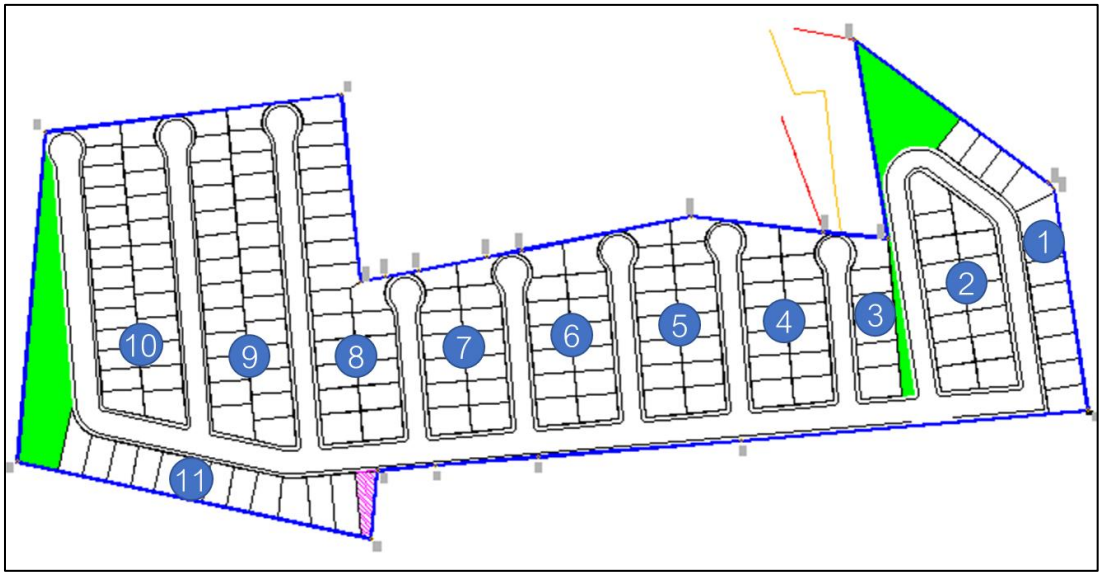


Imagen 1.7 Distribución de manzanas del desarrollo.

Cuadro 1.7 Número de manzanas y superficies.

Tabla de manzanas			
Número de manzana	**Cantidad de lotes**	**Superficie por cada manzana**	**Lotes que abarca**
1	12	3,036.64 m^2	Lotes 1 al 12
2	15	3,701.83 m^2	Lotes 13 al 27
3	6	1,546.83 m^2	Lotes 28 al 33
4	14	3,431.3 m^2	Lotes 34 al 47
5	16	3,721.38 m^2	Lotes 48 al 63
6	14	3,490.85 m^2	Lotes 64 al 77
7	14	3,254.58 m^2	Lotes 78 al 91
8	20	5,292.55 m^2	Lotes 92 al 111
9	27	6,446.69 m^2	Lotes 112 al 138
10	26	5,726.87 m^2	Lotes 139 al 164
11	12	3,208.92 m^2	Lotes 165 al 176
Total	176	42,858.44 m^2	

I.3.3 RED ELÉCTRICA.

Estas redes se establecen en cumplimiento a los criterios establecidos por la CFE, dado que es fundamental su instalación en cumplimiento a dicha normativa, así como las especificaciones que esa dependencia establece, a fin de brindar el servicio eléctrico, esto contempla a las líneas de transmisión subterráneas, las cuales se colocarán por debajo de las banquetas, los transformadores, la acometida para cada lote, y los registros subterráneos.

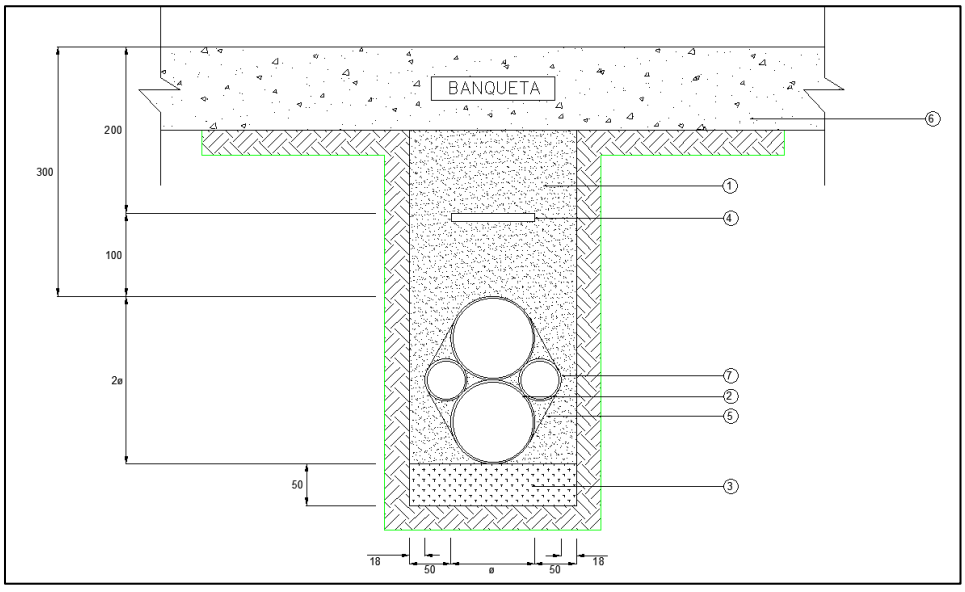


Imagen 1.8 Sección tipo de línea eléctrica subterránea.

La zanja o excavación para instalar las redes eléctricas subterráneas consistirán en una base de relleno de material compactado al 90% Proctor, para después colocar el ducto de polietileno de alta densidad (PEAD) del diámetro acorde al cableado que se requiere instalar y el número de lotes conectados, el ducto será rellenado igualmente con material de banco compactado. En medio de esta sección se colocará una cinta señalizadora de seguridad con la leyenda "no excavar, líneas de alta tensión". Finalmente, se colocará el concreto del nivel de banqueta.

En la siguiente imagen se observa el detalle en isométrico del registro subterráneo de interconexión, así como sus dimensiones tipo; de igual forma, se muestra detalle de transformador monofásico de pedestal.

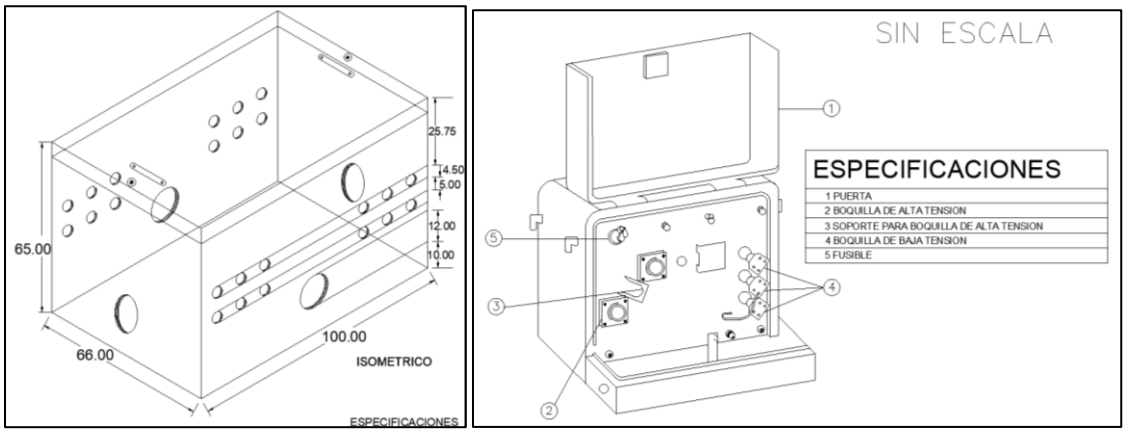


Imagen 1.9 Detalle de registro tipo y transformador.

Como parte final de la red eléctrica, se colocará la instalación que conectará a la acometida designada para cada lote.

I.3.4 RED HIDRÁULICA Y SANITARIA.

El agua potable se trasladará por tubería subterránea, la cual será a base de polietileno de alta densidad (PEAD), material que es más flexible, resistente a golpes y asentamientos diferenciales en el terreno. Los diámetros de la tubería serán de entre 4 y 8 pulgadas para las tuberías principales y de 2 a 3 pulgadas para los ramales secundarios, estos conectarán directamente hacia cada lote. La presión de diseño se considera entre 1.0 y 1.5 kg/cm^2, estos valores dependen de la topografía y la demanda. Los accesorios principales serán algunas válvulas de interconexión y para control de flujo. El agua será suministrada por el organismo operador que abarca algunos municipios de la zona conurbada.

Acorde a los escenarios de proyección de la población del desarrollo, se estima la máxima demanda hipotética de agua; a continuación, se presentan los valores.

- Número de viviendas: 176
- Índice de densidad domiciliaria: 5 hab/vivienda
- Población hipotética de proyecto: 880 personas
- Dotación: 217 l/hab/día
- Consumo: 190,960 l/día
- Gasto: 2.2 lps

En lo relativo a la red sanitaria, esta se construirá por medio de tubería de PVC en diámetros de 20 y 25 cm (8" y 10"), de igual forma, las secciones serán distribuidas en función de la zona del desarrollo que se trate.

Para la instalación de estas tuberías se realizará la excavación del terreno acorde a los niveles de proyecto, en donde se colocará una base de material apisonado al 85% Proctor, esta capa tendrá un espesor de 10 cm.

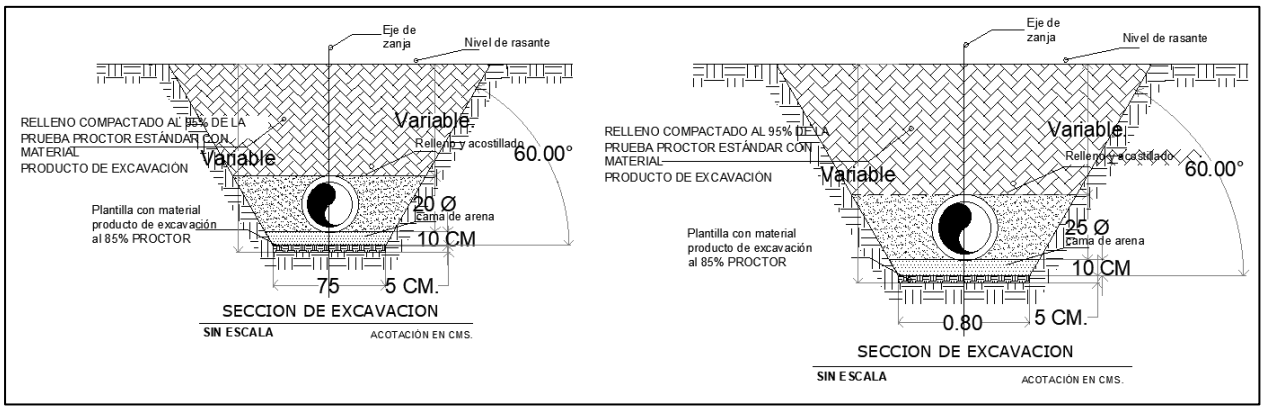


Imagen 1.10 Secciones tipo de la zanja para tubería de PVC de 20 y 25 cm.

La red sanitaria del desarrollo también contempla la construcción de pozos de visita, los cuales tendrán especificaciones acordes a lo que establece el proyecto, estos pozos, de manera general se conforman por una base de concreto, paredes de tabique, tuberías de PVC y los brocales con tapa para dichos pozos.

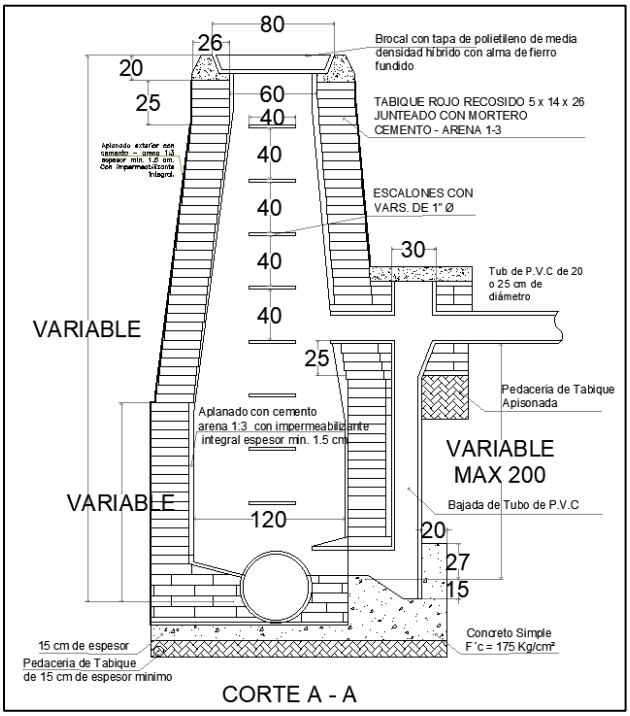


Imagen 1.11 Diseño tipo del pozo de visita de la red sanitaria.

Las aguas residuales que eventualmente lleguen a producirse debido a la ocupación del desarrollo, serán trasladadas a la planta de tratamiento que se encuentra contigua al desarrollo, cabe precisar que esta planta no es operada por el desarrollo existente "Palmas de Medellín", sino que se encuentra bajo operación y administración del "Grupo MAS Agua", que es el organismo operador encargado del suministro de agua potable en algunos municipios de la zona conurbada.



Imagen 1.12 Ubicación de la planta de tratamiento existente.

La red sanitaria también contará con registros, los cuales serán de menores dimensiones, en comparación con los pozos de visita, ya que esos tendrán medidas de aproximadamente 55 x 70 cm. Al igual que los pozos, estas obras tendrán una base de material, con losa de concreto, paredes de muro de tabique, la tubería de PVC y finalmente la tapa del propio registro sanitario. En la siguiente imagen se muestra el diseño tipo de la estructura.

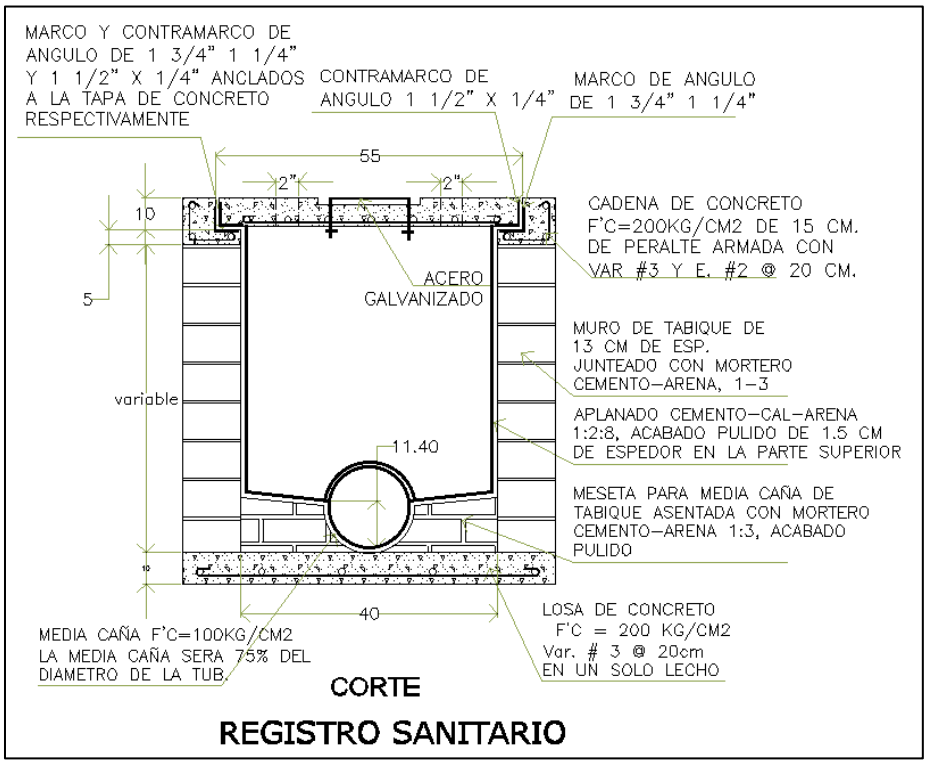


Imagen 1.13 Diseño del registro sanitario.

I.4. DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DE PREPARACION DEL SITIO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN

I.4.1 PREPARACIÓN DEL SITIO

1.4.1.1 RESCATE Y REUBICACIÓN DE ESPECIES

Durante esta etapa, la parte más relevante será la remoción de vegetación vinculada al procedimiento de cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF), esto aplica específicamente para una superficie de aproximadamente .85 Has (equivale al 12% de la superficie total de proyecto, correspondiente a 7.036 Has).

Como parte de las actividades que implicará el cambio de uso de suelo, se considera la reubicación de especies, tanto de flora como fauna, para posteriormente proceder con la remoción de vegetación. Si bien, las actividades se programan para ser ejecutadas en la totalidad del predio, es importante mencionar que estas tendrán mayor relevancia en la zona sujeta a CUS, ya que el resto del predio se caracteriza por ser de tipo pastizal, donde no se aprecian ejemplares arbóreos ni zonas con vegetación densa, tampoco se tiene presencia de especies de fauna, debido a lo desprovisto de vegetación en tales zonas.

Una parte importante de los trabajos preliminares, consiste en el ahuyentamiento de especies, en donde se considera realizar recorridos previos para inducir el desplazamiento de fauna hacia zonas contiguas, y en el caso de especies que tengan menor movilidad, proceder a su reubicación en los espacios designados. En este sentido, se muestra en la siguiente imagen la zona designada para la liberación de especies que deban ser reubicadas. Este espacio es propiedad del promovente y cuenta con las condiciones idóneas para tal fin; de igual forma, en la imagen se aprecia la cercanía entre el sitio de proyecto y el resto del desarrollo existente.

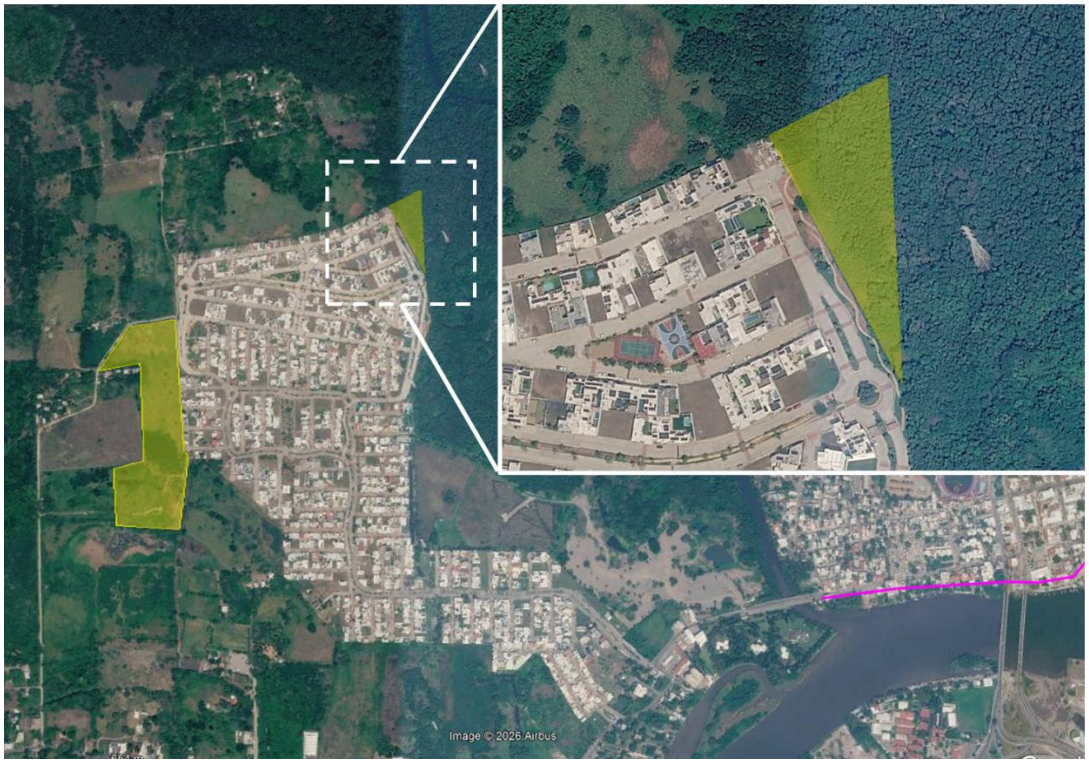


Imagen 1.14 Localización del sitio de reubicación de especies respecto al sitio de proyecto

En la siguiente tabla se muestran las coordenadas de los vértices que conforman el área de reubicación de especies.

Cuadro 1.8 Coordenadas del sitio de reubicación de fauna.

Vértice	Coordenadas	
	X	Y
1	802,892.5147	2,115,338.2194
2	802,973.9441	2,115,381.8702
3	802,987.1612	2,115,165.6799

1.4.1.2 IDENTIFICACIÓN DE VEGETACIÓN FORESTAL A REMOVER.

El personal técnico en la materia forestal se encargará de señalizar los ejemplares y áreas a intervenir, lo cual permitirá tener un mejor control sobre la actividad de remoción, esto implica a las especies afectadas, y a las materias primas forestales resultantes. El desmonte se ejecutará por secciones y únicamente dentro de la superficie autorizada. Se emplearán medios manuales o mecánicos de acuerdo con las dimensiones de la vegetación y las condiciones de acceso, dirigiendo los trabajos de forma que la fauna pueda desplazarse hacia áreas no intervenidas.



Imagen 1.15 Ejemplificación de marqueo de arbolado.

Los ejemplares leñosos removidos serán desramados y seccionados para facilitar su manejo. Las materias primas forestales se concentrarán temporalmente en sitios definidos dentro del área de trabajo para su cuantificación, aprovechamiento, traslado o disposición conforme a la autorización correspondiente

Las ramas, hojas y materiales vegetales que no tengan un aprovechamiento directo podrán triturarse o acondicionarse para utilizarlos como cobertura orgánica, mejorador del suelo o material de apoyo en las acciones de restauración. Es importante resaltar que no se contempla su eliminación mediante quema.



Imagen 1.16 Ejemplificación de desrame y troceo de arbolado.

1.4.1.3 TRABAJOS PRELIMINARES PARA OBRAS Y LOTIFICACIÓN.

El despalme y desmonte del terreno será necesario para el inicio de los trabajos, la capa superficial del terreno será removida para dar pie a las actividades de relleno, así como las excavaciones para la introducción de infraestructura. La nivelación y movimientos de tierra también formarán parte de esta primera etapa de la obra, los cortes, rellenos y ajustes necesarios para dar continuidad a las vialidades y redes de servicios se realizarán únicamente respecto a las áreas que sean necesarias.

Considerando que el terreno presenta condiciones predominantemente planas, se buscará reducir los movimientos de suelo y conservar, en la medida técnicamente posible, el patrón natural de escurrimiento, lo cual representa también un aspecto favorable para el proyecto, ya que minimiza costos y actividades técnicas, así como una menor intervención del terreno.

Las labores de seguimiento topográfico formarán parte de los trabajos permanentes durante la ejecución del proyecto, esto con la finalidad de mantener los niveles acorde a las especificaciones del mismo.



Imagen 1.17 Ejemplificación de seguimiento topográfico.

I.4.2 CONSTRUCCIÓN

1.4.2.1 RELLENO Y CONFORMACIÓN DEL TERRENO

Una parte fundamental dentro de la ejecución del proyecto será la colocación de material para relleno y conformación del terreno, esto con la finalidad de nivelarlo para la ejecución de obras futuras que pretenda realizar cada propietario.

El cálculo de movimientos de tierra que el proyecto requiere, se resume en el cuadro mostrado a continuación.

Cuadro 1.9 Movimientos de tierra determinados para el proyecto.

Cálculo de movimientos de tierra				
Tipo de nivelación	Factor	Superficie	Corte	Relleno
Por escurrimiento, al 30% de abundamiento	1.3	70,359.73 m^2	0.00 m^3	212,731.25 m^3

El material de relleno será adquirido por medio de bancos autorizados, adicionalmente, las propiedades de dicho material deberán presentar características y especificaciones acorde a los requerimientos del proyecto, lo cual será crucial para garantizar la estabilidad del terreno a futuro.

En lo relativo a las excavaciones, una vez conformado el terreno, estas se realizarán acorde a los trazos que se establezcan en el proyecto para las líneas de conducción hidráulica, eléctrica y sanitaria, alcanzando el nivel de desplante necesario.

De manera general, las instalaciones se colocarán acorde a las especificaciones señaladas en los apartados anteriores de este capítulo, sin embargo, el proceso se resume en realizar la excavación, conformar el terreno base, construcción de obra (para el caso de pozos de visita y registros), colocación de tuberías, relleno de la excavación y construcción de elementos superficiales (tapas de registros, fabricación de banquetas, etc.).

Una vez que el terreno cuente con las condiciones necesarias, para la inserción de infraestructura subterránea, se continuará con las actividades de construcción de vialidades, lo cual constituye el mayor volumen de ejecución de obra para este proyecto. A continuación, se describe el proceso constructivo detallado para este componente.

1.4.2.2 CONSTRUCCIÓN DE VIALIDADES E INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS.

La etapa constructiva del proyecto comprende las actividades necesarias para habilitar la infraestructura básica asociada a la lotificación habitacional, incluyendo la conformación de las vialidades y la instalación de las redes de servicios requeridas para su funcionamiento. Debido a la naturaleza del proyecto, las obras se concentran en la preparación y acondicionamiento del terreno, ejecución de terracerías, instalación de infraestructura subterránea, construcción de guarniciones y banquetas, pavimentación y colocación de los elementos de señalización y acabado.

1.4.2.2.1 TRABAJOS PREVIOS Y TRAZO.

Trazo y nivelación: Se establecerán los ejes de alineamiento horizontal y vertical con equipo topográfico (estación total/GPS) delimitando el ancho total de la vialidad, lo cual permitirá ubicar con precisión la superficie de obra y el área de trabajo.

Despalme: Se realizará la limpieza y retiro de la capa de material vegetal u orgánica en toda la superficie de la sección, esto con la finalidad de eliminar estos componentes, los cuales pueden impedir la correcta ejecución de los trabajos.

1.4.2.2.2 MOVIMIENTO DE TIERRAS Y TERRACERÍAS.

Corte y excavación: Las excavaciones se realizarán a nivel de subrasante según los perfiles topográficos, esto por medios mecánicos, empleando material de banco y controles con estación total para verificar niveles de proyecto.

Preparación de la subrasante: Compactación del terreno natural o suelo de cimentación al grado especificado (90%-95% Proctor).

Capa sub-base y base: Se procederá a realizar el extendido, homogenización, humectación y compactación de capas granulares (base hidráulica) garantizando las pendientes transversales a un 2% desde el eje central hacia los extremos.

1.4.2.2.3 INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS.

Redes hidrosanitarias y eléctricas: Por medios manuales o mecánicos, se realizará la excavación de las cepas que albergarán el drenaje pluvial, las redes de agua potable, el drenaje sanitario, y canalizaciones subterráneas para el alumbrado público e instalaciones eléctricas/telecomunicaciones antes de colocar pavimentos finales.

1.4.2.2.4 CIMENTACIÓN DE POSTES

En lo que corresponde a la instalación de estos elementos, su construcción será a través de bases de concreto, las cuales soportarán a las luminarias, mismas que estarán ubicadas en el límite posterior de las banquetas. De manera general, los postes son habilitados con la luminaria tipo LED, así como con sensores de luz o fotoceldas, mismas que permiten el encendido y apagado automático de la luminaria.

1.4.2.2.5 GUARNICIONES Y BANQUETAS.

Guarniciones (colado de bordillos)**:** La construcción de las guarniciones se llevará a cabo por medio de concreto hidráulico (pecho de paloma o rectangulares), estas delimitarán al arroyo vehicular de las banquetas.

Banquetas peatonales: Para estos elementos se realizará el colado de losas de concreto de 2.00 m de ancho a cada lado, asegurando la pendiente del 2% hacia el arroyo vehicular para el desahogo de agua de lluvia.

1.4.2.2.6 PAVIMENTACIÓN (ARROYO VEHICULAR).

Capa de rodadura: Aplicación de la capa final sobre la base compactada, para el caso del proyecto, este elemento se construirá por medio de concreto hidráulico, específicamente mediante el colado de losas de concreto con junta de dilatación y acabado rayado/texturizado para facilitar el agarre de los neumáticos.

Bombeo central: La fabricación de las vialidades de concreto hidráulico requerirá mantener el punto alto en el eje central, dividiendo las pendientes al 2% hacia cada costado.

1.4.2.2.7 SEÑALIZACIÓN Y ACABADOS.

Finalmente, se realizará la aplicación de pintura en guarniciones, marcaje de carriles y delimitación de pasos peatonales, así como la colocación de vegetación en zonas de camellones.

Una vez acondicionada la superficie se establecerán los límites definitivos de los lotes, vialidades y corredores de infraestructura, dejando preparado el terreno para futuras actividades y obras que realice cada comprador.

Debido a que el proyecto no contempla la ejecución de obras accesorias, solamente la infraestructura indispensable para la operatividad del conjunto de lotes, la magnitud del desarrollo demandará una menor cantidad de equipos, personal y de maquinaria, esto en comparación con proyectos que requieren la ejecución de diversos elementos complementarios, principalmente aquellos que implican obra civil.

I.4.3 OPERACIÓN

1.4.3.1 OPERACIÓN DEL PROYECTO

La etapa de operación del proyecto estará asociada a la puesta en funcionamiento del desarrollo habitacional, una vez concluidos los trabajos de urbanización e infraestructura básica contemplados en el presente proyecto. En esta etapa se prevé el uso de las vialidades, redes de agua potable, drenaje sanitario, drenaje pluvial, infraestructura eléctrica y alumbrado, así como de las áreas comunes y espacios destinados a circulación, conforme al diseño autorizado del desarrollo.

Es importante precisar que el alcance del presente proyecto corresponde a la lotificación y habilitación de la infraestructura básica del conjunto habitacional, por lo que no se contempla dentro de esta etapa la construcción de las viviendas particulares. Una vez concluidas las obras de urbanización, los lotes serán comercializados y, posteriormente, los adquirentes podrán desarrollar en ellos las edificaciones que correspondan, de acuerdo con las disposiciones urbanísticas, constructivas y ambientales aplicables. Por tanto, **las características, dimensiones, materiales, sistemas constructivos, maquinaria y tiempos de ejecución de las futuras viviendas no forman parte del alcance del presente proyecto**, al depender de las decisiones y programas particulares de los futuros propietarios.

Durante la operación del desarrollo se generará principalmente actividad de carácter habitacional y de tránsito local, asociada con el acceso y salida de residentes, visitantes y prestadores de servicios, así como con el funcionamiento de las instalaciones y servicios urbanos. En consecuencia, no se contempla la realización de procesos industriales, actividades de transformación de materias primas ni procesos productivos que impliquen emisiones o descargas derivadas de una actividad industrial.

Los servicios de agua potable, drenaje sanitario, energía eléctrica y alumbrado funcionarán mediante las redes e instalaciones previstas para el desarrollo. De igual manera, las vialidades permitirán la circulación de vehículos y peatones entre los lotes y los puntos de conexión con la infraestructura existente. El funcionamiento de estos elementos deberá sujetarse a las condiciones, factibilidades y autorizaciones emitidas por las autoridades y organismos competentes.

En cuanto a la generación de residuos, durante la operación se prevé principalmente la generación de residuos sólidos urbanos derivados de las actividades domésticas que se desarrollen una vez ocupados los lotes. Su manejo deberá efectuarse conforme a los sistemas de recolección y disposición establecidos para la zona y a las disposiciones municipales aplicables. Asimismo, el funcionamiento de las viviendas que posteriormente se construyan podrá generar otros flujos de residuos o requerir servicios específicos, cuya responsabilidad corresponderá a sus respectivos propietarios, ocupantes o administradores, según la naturaleza de cada actividad.

La operación debe entenderse de acuerdo con el alcance real del proyecto sometido a evaluación ambiental. El promovente será responsable de ejecutar y, en su caso, mantener las obras e infraestructura que formen parte de su ámbito de actuación durante las etapas de construcción, conclusión y entrega correspondientes. La venta de los lotes constituye el punto de transición hacia el desarrollo individual de las viviendas, por lo que la construcción, operación, mantenimiento y conservación de las edificaciones particulares corresponderán a los futuros propietarios o usuarios, quienes deberán obtener, cuando resulte aplicable, las autorizaciones, licencias, permisos y factibilidades correspondientes.

En este sentido, el promovente no tiene prevista la construcción ni la operación directa de las viviendas particulares, por lo que no resulta técnicamente procedente atribuirle características o impactos asociados a obras futuras cuya ejecución, diseño y temporalidad no se encuentran definidos dentro del presente proyecto. De igual manera, cualquier modificación, ampliación o construcción posterior que exceda el alcance de las obras actualmente sometidas a evaluación deberá sujetarse a las

disposiciones ambientales, urbanísticas y constructivas que correspondan y, en su caso, tramitar las autorizaciones respectivas.

Una vez que los lotes sean enajenados, las obligaciones relativas al uso y aprovechamiento individual de cada predio deberán observar las condiciones establecidas en los instrumentos de planeación urbana, reglamentos aplicables y demás disposiciones vigentes. La responsabilidad ambiental del promovente se circunscribe, por tanto, a las obras y actividades que integran el proyecto objeto de la presente evaluación y a las obligaciones que expresamente deriven de las autorizaciones obtenidas, sin extenderse a la ejecución de obras particulares posteriores realizadas por terceros.

1.4.3.2 MANTENIMIENTO

El mantenimiento durante la etapa de operación estará orientado a conservar en condiciones funcionales la infraestructura básica ejecutada como parte del proyecto, particularmente vialidades, sistemas de drenaje, alumbrado y demás elementos comunes que correspondan al alcance de las obras. Las actividades de mantenimiento podrán comprender limpieza, reparación, reposición de elementos deteriorados y conservación de las instalaciones, procurando que su ejecución se realice bajo las disposiciones ambientales y de seguridad aplicables.

Una vez que los lotes hayan sido comercializados y entregados, las actividades de mantenimiento de cada propiedad particular corresponderán a sus respectivos propietarios o usuarios. En el caso de las áreas o instalaciones de uso común, su mantenimiento deberá sujetarse al esquema de administración, entrega o conservación que resulte aplicable conforme a la organización del desarrollo y a las disposiciones administrativas correspondientes.

Finalmente, debido a la naturaleza habitacional del proyecto, **no se contempla una etapa de abandono del desarrollo como tal**. La vida útil de las obras de urbanización estará vinculada a su conservación y mantenimiento, mientras que las edificaciones que posteriormente sean construidas en los lotes tendrán sus propios ciclos de mantenimiento, remodelación o sustitución, bajo responsabilidad de sus propietarios. Por ello, **dentro del alcance actual se considera como etapa final la conclusión de las obras de urbanización**, sin considerar como parte del proyecto la construcción futura de las viviendas.

I.5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

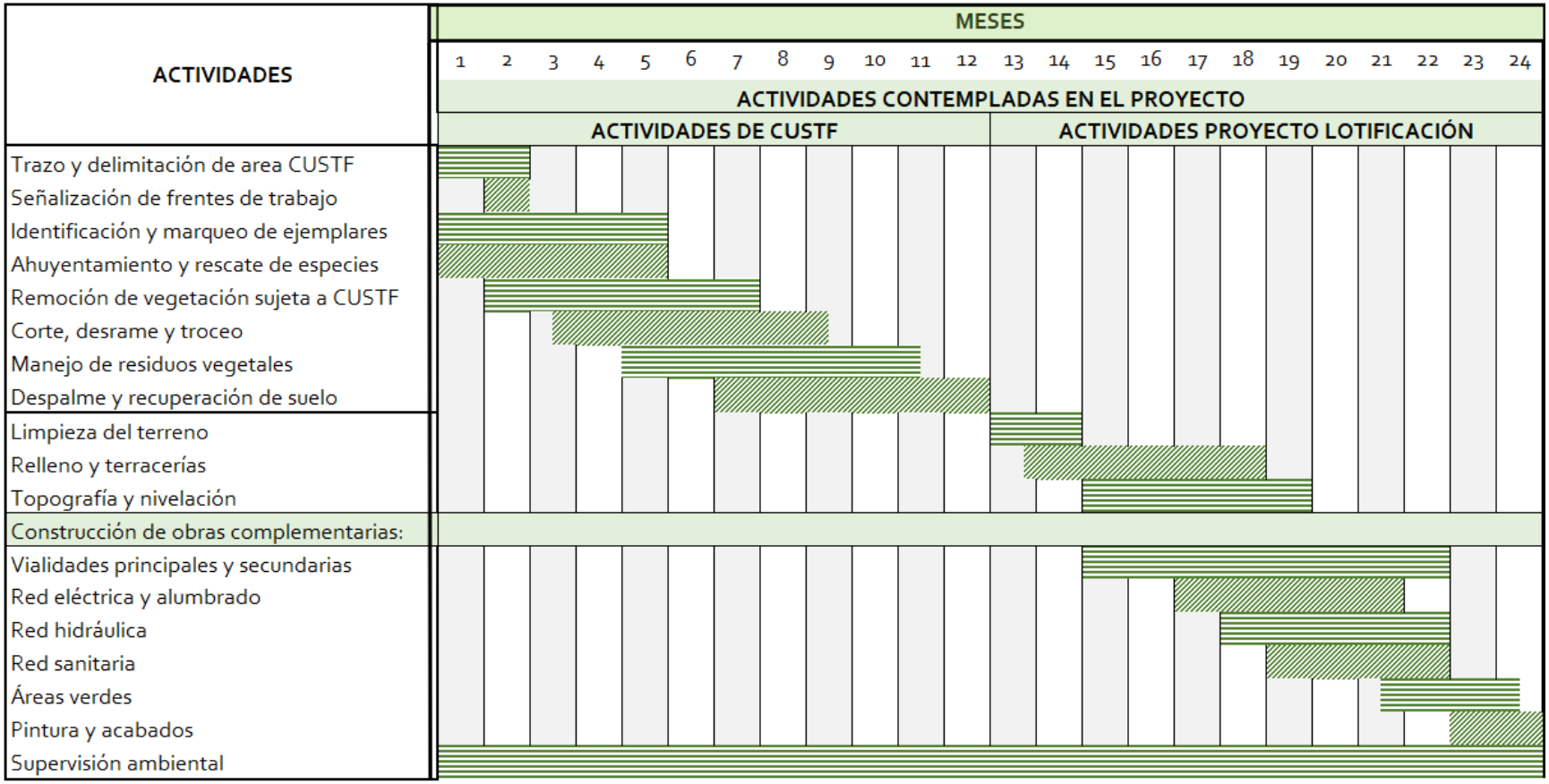
El desarrollo del proyecto se contempla mediante una secuencia programada de actividades que comprende tanto las acciones asociadas al **Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF)** como las obras correspondientes al **proyecto de lotificación habitacional**. El cronograma permite establecer la temporalidad y relación entre las principales actividades de preparación, construcción, manejo ambiental y ejecución de la infraestructura básica, considerando que algunas de ellas podrán desarrollarse de manera simultánea o con cierto grado de traslape, de acuerdo con las necesidades y condiciones de ejecución de la obra.

Para efectos de la presente evaluación, se considera un horizonte de **24 meses**, dentro del cual se distribuyen las actividades de trazo y delimitación del área de CUSTF, señalización de frentes de trabajo, identificación y marcaje de ejemplares, ahuyentamiento y rescate de fauna, remoción de vegetación, manejo de residuos vegetales, despalme y recuperación de suelo, así como las actividades propias de limpieza, relleno, terracerías, topografía y nivelación.

De manera complementaria, el cronograma incorpora la **ejecución progresiva de la infraestructura básica del desarrollo**, incluyendo vialidades principales y secundarias, red eléctrica y alumbrado, red hidráulica, red sanitaria, áreas verdes y trabajos de pintura y acabados. La **supervisión ambiental** se contempla de manera transversal durante el periodo de ejecución, con el propósito de verificar el cumplimiento de las medidas de prevención, mitigación, rescate, manejo y protección ambiental establecidas para el proyecto.

La programación presentada constituye una **planeación de referencia para la ejecución de las obras**, por lo que las fechas y duración de determinadas actividades podrán presentar ajustes derivados de las condiciones técnicas de la obra, disponibilidad de materiales, condiciones climáticas, avances constructivos y requerimientos operativos, sin modificar el alcance ambiental autorizado del proyecto.

Cuadro 1.10 Calendario general de actividades de Actividades del Proyecto



I.6. ESTIMACIONES PARA DEMANDA DE AGUA, ENERGÍA Y EMISIONES

En este anexo se presenta el estimado de consumo de energía y la demanda del recurso agua, así como las emisiones a la atmósfera que se puedan generar debido a la ejecución del proyecto, esto para las etapas de construcción y operación.

I.6.1 ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN

I.6.1.1 DEMANDA DE ENERGÍA.

Debido a que el proyecto consiste en la lotificación de aproximadamente 7 hectáreas, las estimaciones de demanda de recursos y emisiones a la atmósfera se cuantifican por unidad de superficie, es decir, por hectárea; con base en este dato, se realiza la estimación de recursos para el proyecto, esta información se muestra a continuación.

Cuadro 1.11 Demanda de energía durante la etapa de preparación del sitio y construcción

Etapa	Actividades principales	Energía requerida	Estimación
Preparación del terreno	Desmonte, limpieza, relleno y nivelación	Diésel para maquinaria pesada y volteos.	~ 450 L/ha = 3,150 L
Urbanización primaria	Apertura de vialidades, terracerías	Diésel para motoconformadoras y camiones	~ 180 L/ha = 1,260 L
Infraestructura hidráulica y sanitaria	Excavación de zanjas, instalación de tuberías	Diésel + electricidad para bombas de prueba	~ 90 L/ha = 560 L + 1,000 kWh
Electrificación	Cableado, transformadores, registros	Energía eléctrica para maniobras y pruebas	~ 2,000 kWh
Obras complementarias	Banquetas, guarniciones, áreas verdes	Diésel para mezcladoras	~ 120 L/ha = 840 L
Operación inicial	Alumbrado público, bombeo de agua	Energía eléctrica	~ 800 kWh

Cuantificación global:

Consumo de diésel total estimado para fase constructiva (litros):

Prep. Terreno	3,150	
Urbanización	1,260	
Infraestructura		560
Obras comp.	840	

Total: 5,810 Litros

Consumo de energía total estimado para fase constructiva (kWh):

Infraestructura		1,000
Electrificación	2,000	
Operación inicial	800	

Total: 3,800 kWh

I.6.1.2 DEMANDA DE AGUA.

El objetivo de este apartado es estimar la demanda de agua durante la fase constructiva, considerando actividades preliminares, de urbanización, infraestructura hidráulica y sanitaria, electrificación, y obras complementarias.

Fuentes de consumo identificadas:

- **Procesos constructivos:** Preparación de mezclas de concreto y mortero, curado de elementos, limpieza de herramientas.
- **Control ambiental:** Riego para mitigación de polvo, lavado de áreas de trabajo.
- **Consumo humano:** Agua potable para trabajadores (hidratación, sanitarios, regaderas).
- **Pruebas hidráulicas:** Llenado de tuberías y cisternas para verificación de sistemas.

Cuadro 1.12 Demanda de agua durante la etapa de preparación del sitio y construcción

Rubro	Parámetro	Estimación
Concreto y mortero	150 L/m³ × 1,500 m³ de concreto	~ 225,000 L
Curado de pavimentos y guarniciones	5 L/m² × 23,000 m² de superficie	~ 115,000 L
Control de polvo y limpieza	2,000 L/día × 26 días/mes × 12 meses	~ 624,000 L

Consumo humano (80 trabajadores promedio)	50 L/persona/día × 26 días/mes × 12 meses	~ 1,248,000 L
Pruebas hidráulicas	Llenado de tuberías y cisternas	~ 50,000 L
Demanda total estimada:		**2,262 m³**

En lo relativo a las consideraciones que durante la ejecución del proyecto se podrán ejecutar, con el objeto de minimizar la demanda del recurso hídrico, se mencionan las siguientes:

- Uso de agua tratada para curado y control de polvos.
- Implementación de agua de lluvia de manera temporal y acorde a las condiciones meteorológicas o de estacionalidad durante los trabajos.
- Instalación de sistemas de bajo consumo.

I.6.1.3 EMISIONES ATMOSFÉRICAS.

Acorde a los valores reportados para la demanda estimada de combustibles y energía eléctrica, así como a los valores promedio de referencia emitidas por el IPCC y la SENER del Gobierno de México, se genera la proyección de emisiones a la atmósfera respecto al proyecto de lotificación.

Retomando los valores de las tablas previas, se tiene lo siguiente:

Valores de proyecto:

5,810 litros de combustible
3,800 kWh de energía

Factores de emisión utilizados:

Diesel: 2.68 kg CO_2/L
Electricidad: 0.45 kg CO_2/kWh

Cuadro 1.13 Cálculo de emisiones durante la etapa de preparación del sitio y construcción

Fuente	Consumo	Factor	Emisiones CO_2e
Diésel (fase constructiva)	5,810 L	2.68 kg CO_2/L	~ 15,570 kg CO_2
Electricidad (fase constructiva)	3,800 kWh	0.45 kg CO_2/kWh	~ 1,710 kg CO_2

En lo referente a las estrategias de mitigación, se pueden mencionar las siguientes acciones:

- Sustitución de luminarias por LED solares híbridas, esto representa un ahorro de hasta el 60% en consumo eléctrico.
- Uso de maquinaria con mantenimiento preventivo, contribuye a reducir o disminuir el consumo de diésel.
- Evaluar instalación de paneles solares en áreas comunes para alumbrado público.

I.6.2 ETAPA DE OPERACIÓN

I.6.2.1 DEMANDA DE ENERGÍA.

En lo referente a la demanda de energía durante la etapa de operación, se tiene como base estimativa el consumo promedio de una casa habitación, con una población de 5 personas por vivienda. Esta suposición arroja los siguientes datos:

- Número de personas por casa habitación: 5
- Consumo estimado por casa: 1,000 – 1,500 kWh
- Consumo estimado bimestral: 2,000 – 3,000 kWh
- Consumo estimado anual: 12,000 – 18,000 kWh
- Número de casas posibles: 176
- Consumo probable anual: 176 * 12,000 - 18,000 kWh = 2,112,000 – 3,168,000 kWh.

Este valor es únicamente con fines informativos, ya que la ocupación real de los lotes es variable e indefinida, dado que no se tiene certeza de cuantas casas se construirán y, sobre todo, en qué periodo de tiempo.

Otro de los factores determinantes en el consumo energético es el clima de la zona, dado que se trata de un ambiente muy caluroso la mayor parte del año, las casas habitación hacen uso del aire acondicionado durante varias horas del día, además de la noche. Sin embargo, y acorde a la experiencia que se observa en la parte contigua, es decir, las zonas habitadas de la primera etapa del fraccionamiento, es notable que muchas de las casas habitación que se construyen hacen uso de paneles solares, lo cual contribuye a reducir la dependencia de energía proveniente de fuentes fósiles, por lo que se infiere que conforme se vendan los lotes, y se construyan algunas casas, esta situación seguirá presentándose.

I.6.2.2 DEMANDA DE AGUA.

Supuestos de Consumo:

- Número de lotes: 176
- Ocupación promedio: 4 personas por lote = 704 habitantes
- Dotación de agua en zona urbana cálida (criterio CONAGUA): 150 L/hab/día
- Áreas comunes: limpieza, riego de jardines, servicios generales

Consumo Habitacional:

Por persona/día: $150\,L/día \times 704\,personas = 105{,}600\,L/día$

Por mes: $105{,}600 \times 30 \approx 3{,}168{,}000\,L/mes$

Por año: $3{,}168{,}000 \times 12 \approx 38{,}016{,}000\,L/año$

Consumo en áreas comunes:

Limpieza y servicios generales: ≈ 1,000 L/día = 30,000 L/mes = 360,000 L/año

Riego de jardines y áreas verdes: 5 L/m^2/día = 50,000 L/día = 1,500,000 L/mes = 18,000,000 L/año

Total de áreas comunes = 18,360,000 L/año

Demanda Total de Agua

Habitacional: ≈ 38,016,000 L/año
Áreas comunes: ≈ 18,360,000 L/año
Total anual ≈ 56,376,000 L/año ≈ 56,376 m^3/año

Medidas:

- Instalación de dispositivos ahorradores (WC, regaderas, lavabos).
- Captación pluvial para riego y limpieza.
- Reúso de aguas grises en sanitarios y áreas verdes.
- Programas de concientización de usuarios.
- Sustitución de riego convencional por sistemas de goteo.

CAPÍTULO II

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

CONTENIDO

II.1. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS. 34

II.2. LEYES FEDERALES. 35
III.3.1. LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE. _____ 35
III.3.2. REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE (RLGDSF). _____ 37
III.3.3. LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE (LGEEPA). _____ 42
III.3.4. LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE. _____ 44
III.3.5. REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE. _____ 45
III.3.6. LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS. _____ 46

II.3. PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO. 48
III.3.1. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO. _____ 48
III.3.2. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE. _____ 53
III.3.3. PROGRAMA PARCIAL DE DESARROLLO URBANO DE LA RESERVA TERRITORIAL DE LA ZONA CONURBADA VERACRUZ–BOCA DEL RÍO–MEDELLÍN–ALVARADO, VER. _____ 72
III.3.4. ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO URBANO DE LA ZONA CONURBADA VERACRUZ–BOCA DEL RÍO–MEDELLÍN–ALVARADO, VER. _____ 73
III.3.5. PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE MEDELLÍN DE BRAVO, VERACRUZ _____ 76

II.4. NORMAS OFICIALES MEXICANAS APLICABLES..... 80

II.5. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS 84
II.5.1 PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO Y SU ZONA DE INFLUENCIA _____ 84

II.6. AREAS DE RELEVANCIA ECOLÓGICA 88
II.6.1 ÁREAS DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES (AICA´S) _____ 88

II.7. PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2025-2030. 92

II.8. CONCLUSIONES..... 97

ÍNDICE CUADROS

Cuadro 2.1 Vinculación del Proyecto con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. 34
Cuadro 2.2 Vinculación del Proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. 35
Cuadro 2.3 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. 37
Cuadro 2.4 Vinculación del Proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. 42
Cuadro 2.1 Vinculación del proyecto con la Ley General de Vida Silvestre. 44
Cuadro 2.6 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre. 46
Cuadro 2.7 Vinculación del Proyecto con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. 47
Cuadro 2.8 Caracterización de la Unidad Ambiental Biofísica en la que se localiza el proyecto. 49
Cuadro 2.9 Vinculación de las estrategias relevantes de la UAB 75 con el proyecto. 50
Cuadro 2.10 Estrategias asignadas a la UAB 75 sin vinculación material directa con el proyecto. 51
Cuadro 2.11 Caracterización de la Unidad de Gestión Ambiental 43 y su incidencia con el proyecto. 54
Cuadro 2.12 Lineamientos ecológicos de la UGA 43 con vinculación material con el proyecto. 55
Cuadro 2.13 Lineamientos ecológicos de la UGA 43 sin vinculación material directa con el proyecto. 58
Cuadro 2.14 Acciones generales del POEMyRGMyMC con vinculación material con el proyecto. 59
Cuadro 2.15 Acciones generales del POEMyRGMyMC sin vinculación material directa con el proyecto. 62
Cuadro 2.16 Acciones específicas de la UGA 43 con vinculación material con el proyecto. 66
Cuadro 2.17 Acciones específicas asignadas a la UGA 43 sin vinculación material directa con el proyecto. 69
Cuadro 2.18 Vinculación con el Programa Parcial de Desarrollo Urbano de la Reserva Territorial de la Zona Conurbada. 72
Cuadro 2.19 Vinculación de la superficie de proyecto con las categorías cartográficas del Programa de Ordenamiento Urbano de la Zona Conurbada Veracruz–Boca del Río–Medellín–Alvarado. 75
Cuadro 2.20 Incidencia territorial del proyecto. 77
Cuadro 2.21 Vinculación del proyecto con las Normas Oficiales Mexicanas aplicables. 80
Cuadro 2.22 Vinculación del proyecto con el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano y su zona de influencia. 87
Cuadro 2.23 Vinculación del proyecto con las AICA identificadas y evaluación de los factores potenciales de afectación. 89
Cuadro 2.24 Vinculación del proyecto con el PND. 94

ÍNDICE IMÁGENES

Imagen 2.1 Ubicación del proyecto respecto del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. ____ **49**
Imagen 2.2 Ubicación del proyecto respecto del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe. ____ **54**
Imagen 2.3 Ubicación de la superficie de proyecto y sujeta a CUSTF respecto de la Actualización del Programa de Ordenamiento Urbano de la Zona Conurbada Veracruz–Boca del Río–Medellín–Alvarado, Ver. ____ **74**
Imagen 2.4 Ubicación del proyecto dentro de la zonificación "C" del Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Medellín de Bravo, Ver. ____ **78**
Imagen 2.5 Ubicación del proyecto respecto del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano y su zona de influencia. ____ **85**
Imagen 2.6 Ubicación del predio sujeto a CUS dentro del área de influencia del ANP Sistema Arrecifal Veracruzano. ____ **86**
Imagen 2.7 Ubicación del proyecto respecto de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves. ____ **89**

En el presente capítulo se hace un análisis e identificación de los instrumentos normativos y jurídicos aplicables al proyecto, a fin de verificar el nivel de compatibilidad entre este y los criterios aplicables que emanan de cada uno de esos.

II.1. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, como norma suprema del orden jurídico nacional, establece los principios rectores que orientan toda actividad humana en el territorio nacional, incluyendo aquellas relacionadas con el desarrollo inmobiliario y el aprovechamiento de los recursos naturales. Su contenido constituye el fundamento último de validez de todas las leyes, reglamentos y disposiciones administrativas que rigen la planeación urbana, el uso de suelo y la protección ambiental, por lo que todo proyecto de desarrollo inmobiliario debe sujetarse a sus preceptos para garantizar su legalidad y viabilidad en el tiempo. En este sentido, el proyecto se sujeta al procedimiento de autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales e incorpora medidas de prevención, mitigación y compensación orientadas a reducir los efectos ambientales derivados de la remoción de vegetación y del uso posterior propuesto.

Cuadro 2.1 Vinculación del Proyecto con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Contenido	Vinculación con el Proyecto
Art. 4°. *Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.*	El proyecto se sujetará a la normatividad ambiental aplicable y a las condiciones que establezcan las autoridades competentes. Asimismo, se implementarán medidas de prevención, mitigación y compensación orientadas a reducir los efectos derivados del cambio de uso de suelo y contribuir a la protección del derecho de la población a un medio ambiente sano.
Art. 25. *Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable…*	El proyecto se vincula con el principio de desarrollo sustentable previsto en este artículo, en la medida en que su ejecución se sujetará a la legislación ambiental y urbana aplicable, así como a las autorizaciones, medidas de prevención, mitigación y compensación que determinen las autoridades competentes.
Art. 27. *La Nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos*	El proyecto se vincula con este precepto debido a que la remoción de vegetación forestal se encuentra sujeta a la obtención previa de la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales. En caso de autorizarse, el promovente cumplirá con las condiciones establecidas por la

Contenido	Vinculación con el Proyecto
naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana.	autoridad, con el depósito por compensación ambiental ante el Fondo Forestal Mexicano y con las medidas de prevención, mitigación, rescate y reforestación que resulten aplicables.

Con base en lo anterior, los preceptos constitucionales analizados constituyen el fundamento general para la regulación ambiental, forestal y territorial del proyecto. Su cumplimiento se materializará mediante la observancia de las leyes, reglamentos, autorizaciones y demás disposiciones aplicables, así como de las condiciones que establezcan las autoridades competentes para su ejecución.

II.2. LEYES FEDERALES.

III.3.1. LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE.

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable es reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y constituye el ordenamiento jurídico rector en materia de conservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. Su última reforma fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de abril de 2024.

El proyecto de lotificación habitacional, promovido por Fraccionamiento Las Palmas de Medellín, S.A. de C.V., se localiza en la congregación Primero de la Palma, municipio de Medellín de Bravo, Veracruz. Comprende una superficie total de 7.0360 hectáreas, de las cuales 0.8559 hectáreas están sujetas a cambio de uso de suelo en terrenos forestales, distribuidas en dos polígonos de 0.7324 y 0.1235 hectáreas.

La vinculación directa del proyecto con esta Ley se presenta en la tabla siguiente:

Cuadro 2.2 Vinculación del Proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

Contenido aplicable	Vinculación con el proyecto
Art. 1. Establece el objeto y ámbito de aplicación de la Ley en materia de conservación, protección, restauración y manejo sustentable de los ecosistemas y recursos forestales.	La superficie de 0.8559 hectáreas presenta vegetación forestal secundaria nativa, por lo que la remoción propuesta se encuentra sujeta obligatoriamente a las disposiciones de esta Ley.
Art. 7, Fracc. VI. Define el cambio de uso de suelo en terreno forestal como la remoción	El proyecto implica la remoción de vegetación secundaria arbustiva de selva

Contenido aplicable	Vinculación con el proyecto
total o parcial de la vegetación forestal para destinar el terreno a actividades no forestales.	baja caducifolia para destinar la superficie a un uso habitacional, por lo que se actualiza esta definición.
Art. 7, Fracc. XII. Define la compensación ambiental por cambio de uso de suelo como las obras y actividades de restauración, reforestación, protección y mantenimiento destinadas a rehabilitar ecosistemas forestales deteriorados.	La compensación ambiental se atenderá mediante el depósito correspondiente ante el Fondo Forestal Mexicano. Este concepto es independiente de las medidas de prevención, mitigación, rescate, reforestación o restauración propuestas directamente en el ETJ.
Art. 7, Fracc. LXXI. Define terreno forestal como aquel cubierto por vegetación forestal o vegetación secundaria nativa que produce bienes y servicios forestales.	La superficie solicitada presenta vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia y genera bienes y servicios ambientales, por lo que se considera terreno forestal.
Art. 7, Fracc. LXXXI. Define la vegetación secundaria nativa como aquella que surge espontáneamente mediante procesos de sucesión o recuperación en sitios afectados por fenómenos naturales o actividades antropogénicas.	La vegetación presente en los polígonos de CUSTF corresponde a vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, desarrollada mediante procesos de sucesión posteriores a perturbaciones previas.
Art. 93. Dispone que la Secretaría solamente podrá autorizar, por excepción, el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, con base en un estudio técnico justificativo y previa opinión técnica del Consejo Estatal Forestal. Asimismo, establece los aspectos ambientales que deberán demostrarse y la incorporación de un programa de rescate y reubicación de especies.	El presente ETJ se integra conforme al artículo 141 del Reglamento y contiene los análisis de biodiversidad, erosión, carbono, calidad y captación de agua, así como los programas de rescate y reubicación de flora y fauna requeridos para la evaluación de la solicitud.
Art. 94. Establece que las autorizaciones de cambio de uso de suelo deberán inscribirse en el Registro Forestal Nacional.	En caso de autorizarse el proyecto, la inscripción constituye un efecto administrativo de la autorización que deberá realizarse conforme al procedimiento aplicable; no representa una inscripción directa que deba efectuar el promovente por cuenta propia.
Art. 98. Dispone que los interesados deberán comprobar que realizaron el depósito ante el	El promovente realizará el depósito por el monto que determine la Secretaría y

Contenido aplicable	Vinculación con el proyecto
Fondo Forestal Mexicano por concepto de compensación ambiental.	presentará el comprobante correspondiente como requisito para la obtención de la autorización.

De acuerdo con lo anterior, los requisitos directamente aplicables al proyecto consisten en presentar el ETJ, demostrar técnicamente los supuestos establecidos en el artículo 93, acreditar el depósito por compensación ambiental ante el Fondo Forestal Mexicano y cumplir las condiciones que, en su caso, establezca la autorización.

Las medidas de rescate, reubicación, reforestación y restauración propuestas en el ETJ complementan el cumplimiento ambiental del proyecto, pero no sustituyen el depósito por compensación ambiental previsto en el artículo 98 de la Ley.

III.3.2. REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE (RLGDSF).

El Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable es de observancia general en todo el territorio nacional y tiene por objeto reglamentar la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable en el ámbito de competencia federal, en materia de conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento sustentables de los ecosistemas forestales del país y sus recursos.

Cuadro 2.3 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

Texto Aplicable	Vinculación
Art. 139. Para solicitar la autorización de Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales, el interesado presentará la solicitud mediante el formato que para tal efecto expida la Secretaría, el cual deberá contener, por lo menos, lo siguiente: I. Nombre o denominación o razón social, así como domicilio, número telefónico y correo electrónico del solicitante; II. Lugar y fecha; III. Datos de ubicación del predio o Conjunto de predios, y IV. Superficie forestal solicitada para el Cambio de uso de suelo y el tipo de vegetación por afectar identificada conforme a la Clasificación del Uso de Suelo y Vegetación	En apego a dicho artículo y debido a la necesidad de establecer un cambio de uso de suelo en terrenos forestales con el fin de llevar a cabo el proyecto de desarrollo urbano (lotificación) en cuestión, motiva la presentación del Estudio Técnico Justificativo (ETJ). El propósito de este es obtener la autorización correspondiente para el cambio de uso de suelo en

Texto Aplicable	Vinculación
del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. A la solicitud a que se refiere el párrafo anterior, se deberá anexar lo siguiente: I. Copia simple de la identificación oficial del solicitante; II. Original o copia certificada del instrumento con el cual se acredite la personalidad del representante legal o de quien solicite el Cambio de uso de suelo a nombre del propietario o poseedor del predio, así como copia simple para su cotejo; III. Original o copia certificada del título de propiedad, debidamente inscrito en el registro público que corresponda o, en su caso, del documento que acredite la posesión o el derecho para realizar actividades que impliquen el Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales, así como copia simple para su cotejo; IV. Tratándose de ejidos o comunidades agrarias, deberá presentarse original o copia certificada del acta de asamblea de conformidad con la Ley Agraria en la que conste el acuerdo de Cambio del uso del suelo en el terreno respectivo, y V. El estudio técnico justificativo, en formato impreso y electrónico o digital. Para efectos previstos en el inciso c) del presente artículo, cuando se trate de las instalaciones, actividades y proyectos del Sector Hidrocarburos, los interesados deberán acreditar la propiedad, posesión o derecho para su realización, con la documentación señalada en el artículo 31 del presente Reglamento	terrenos forestales, en estricta conformidad con lo establecido en la Leyes que le aplican.
Art. 141. Los estudios técnicos justificativos a que se refiere el artículo 93 de la Ley, deberán contener, por lo menos, lo siguiente: I. Descripción del o los usos que se pretendan dar al terreno; II. Ubicación y superficie total del o los polígonos donde se pretenda realizar el Cambio de uso del suelo en los Terrenos forestales, precisando su localización geográfica en los planos del predio correspondiente, los cuales estarán georeferenciados y expresados en coordenadas UTM; III. Descripción de los elementos físicos y biológicos de la Cuenca hidrográfica, subcuenca y microcuenca, donde se encuentra ubicada la superficie solicitada incluyendo clima, tipos de suelo, topografía, hidrografía, geología y la	En apego a dicho artículo y debido a la necesidad de establecer un cambio de uso de suelo en terrenos forestales con el fin de llevar a cabo el proyecto de desarrollo urbano (lotificación) en cuestión, motiva la presentación del Estudio Técnico Justificativo (ETJ). El propósito de este es obtener la autorización correspondiente para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, en

Texto Aplicable	Vinculación
composición y estructura florística por tipos de vegetación y composición de grupos faunísticos; IV. Descripción de las condiciones del área sujeta a Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales, que incluya clima, tipos de suelo, pendiente media, relieve, hidrografía y tipos de vegetación y de fauna; V. Un análisis comparativo de la composición florística y faunística del área sujeta a Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales con relación a los tipos de vegetación del ecosistema de la cuenca, subcuenca o microcuenca hidrográfica, que permita determinar el grado de afectación por el Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales; VI. Un análisis comparativo de las tasas de erosión de los suelos, así como la calidad, captación e infiltración del agua, en el área solicitada respecto a las que se tendrían después de la remoción de la Vegetación forestal; VII. Estimación del volumen en metros cúbicos, por especie y por predio, de las Materias primas forestales derivadas del Cambio de uso del suelo; VIII. Plazo propuesto y la programación de las acciones para la ejecución del Cambio de uso de suelo; IX. Propuesta de programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el Cambio de uso de suelo; X. Medidas de prevención y mitigación por la afectación sobre los Recursos forestales, el suelo, el agua, la flora y fauna silvestres aplicables durante las distintas etapas de desarrollo del Cambio de uso de suelo; XI. Servicios ambientales que serán afectados por el Cambio de uso de suelo propuesto; XII. Análisis que demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados por el Cambio del uso de suelo se mantenga; XIII. Datos de inscripción en el Registro del Prestador de Servicios forestales que haya elaborado el estudio, y del que estará a cargo de la ejecución del Cambio de uso de suelo; XIV. Aplicación de los criterios establecidos en los programas de ordenamiento ecológico del territorio en sus diferentes categorías, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones jurídicas aplicables, y XV. Los demás requisitos que establezcan otras	estricta conformidad con lo establecido en la Leyes que le aplican.

Texto Aplicable	Vinculación
disposiciones jurídicas. La propuesta de programa a que se refiere la fracción IX del presente artículo deberá incluir el nombre de las especies a rescatar, la densidad de plantación, el Plano georeferenciado del sitio donde serán reubicadas dentro del ecosistema afectado, preferentemente en áreas vecinas o cercanas a donde se realizarán los trabajos de Cambio de uso de suelo, así como las acciones que aseguren al menos un ochenta por ciento de supervivencia de las referidas especies, los periodos de ejecución de dichas acciones y de su mantenimiento. Para efectos de lo previsto en la fracción XIV del presente artículo, los interesados identificarán los criterios de los programas de ordenamiento ecológico que emitan las autoridades competentes de los tres órdenes de gobierno, atendiendo al uso que se pretende dar al Terreno forestal.	
Art. 143. La Secretaría o, en su caso la ASEA, sin perjuicio de lo previsto en el artículo 140, segundo párrafo, resolverá las solicitudes de Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales, conforme al procedimiento siguiente: I. La autoridad revisará la solicitud y los documentos presentados y, en su caso, prevendrá por única vez al interesado dentro de los quince días hábiles siguientes para que presente la información o documentación faltante, la cual deberá entregarse dentro del término de quince días hábiles, contado a partir de la fecha en que surta efectos la notificación; II. Transcurrido el plazo sin que se desahogue la prevención, se desechará el trámite; III. La Secretaría o la ASEA enviarán copia del estudio técnico justificativo al Consejo Estatal Forestal que corresponda, para que emita su opinión técnica dentro del plazo de diez días hábiles siguientes a su recepción. En caso de no emitir dicha opinión dentro del plazo establecido, se entenderá que no tiene objeción. En las autorizaciones de Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales, la Secretaría o la ASEA deberán dar respuesta debidamente fundada y motivada a las opiniones técnicas emitidas por los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate; IV. Transcurrido el plazo a que se refiere la fracción anterior, dentro de los cinco días hábiles siguientes, la Secretaría o la ASEA notificarán al solicitante de la visita técnica al área objeto de la solicitud, misma que deberá	Como parte del proceso de evaluación de los estudios técnicos justificativos en el estado de Veracruz, el proyecto de lotificación habitacional será sometido a revisión por parte del Consejo Estatal Forestal para obtener una opinión técnica del proyecto. Este procedimiento se llevará a cabo con el compromiso de dar cumplimiento pleno a las normativas ambientales y forestales vigentes, atendiendo las observaciones, recomendaciones o requerimientos que se generen como resultado de dicha evaluación.

Texto Aplicable	Vinculación
efectuarse en un plazo de quince días hábiles, contado a partir de la fecha en que surta efectos la notificación. Al término de la visita técnica se levantará un acta circunstanciada debidamente firmada por el solicitante o por quién este designe y por el personal autorizado por la Secretaría o la ASEA para la realización de la visita, y V. Realizada la visita técnica, la Secretaría o la ASEA dentro de los quince días hábiles siguientes y sólo en caso de que el Cambio de uso de suelo solicitado actualice los supuestos a que se refiere el primer párrafo del artículo 93 de la Ley, determinará el monto de la Compensación ambiental correspondiente, de conformidad con lo establecido en el artículo 144 del presente Reglamento. Transcurrido este plazo sin que la Secretaría o la ASEA haya formulado el requerimiento de depósito ante el Fondo, se entenderá que la solicitud se resolvió en sentido negativo. Cuando en cualquier estado del procedimiento previsto en el presente artículo, se considere que alguno de los actos no reúne los requisitos necesarios, la Secretaría o la ASEA lo pondrán en conocimiento de la parte interesada, concediéndole un plazo de cinco días para su cumplimiento. Los interesados que no cumplan con lo dispuesto en este artículo, se les podrá declarar la caducidad del ejercicio de su derecho, en los términos previstos en la Ley Federal de Procedimiento Administrativo.	
Art. 144. La Secretaría o la ASEA determinarán el monto económico de Compensación ambiental correspondiente, de conformidad con lo establecido en el artículo 152 de este Reglamento y notificará al solicitante para que realice el Depósito respectivo ante el Fondo, en un plazo que no exceda de treinta días hábiles siguientes a que surta efectos dicha notificación. Una vez que el solicitante haya comprobado que realizó el Depósito a que se refiere el párrafo anterior, mediante copia simple de la ficha de depósito o del comprobante de transferencia electrónica, la Secretaría o la ASEA, expedirán la autorización de Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales dentro de los diez días hábiles siguientes. Transcurrido este plazo sin que se expida la autorización, esta se entenderá concedida.	El promovente presentará el comprobante del depósito ante el Fondo Forestal Mexicano, cumpliendo con lo establecido en este artículo por el concepto de compensación ambiental establecido por la Secretaría para obtener la autorización de cambio de usos de suelo en terrenos Forestales dentro del plazo establecido.
Art. 146. Los interesados en que se modifique la autorización de Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales presentarán ante la Secretaría o la ASEA, la solicitud en el formato que para tal efecto se expida, en la	En caso de ser necesario, se presentará la solicitud de autorización de modificación o ampliación

Texto Aplicable	Vinculación
cual señale la modificación requerida, expondrá las causas que motivan la solicitud y adjuntará la documentación técnica y legal que sustenta su petición. En el caso de que la modificación propuesta incida en alguno de los contenidos del estudio técnico justificativo previstos en el artículo 141 del presente Reglamento, adjuntará la actualización correspondiente.	de plazo de ejecución del cambio de uso de suelo.

De acuerdo con lo anterior se establece la concordancia del proyecto y su vinculación con el RLGDFS, en el cual, se puede aplicar el principio jurídico que el proyecto se apega y cumple con los elementos a detalle señalados en cada uno de los preceptos y artículos previstos en el artículo 93 de la Ley.

III.3.3. LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE (LGEEPA).

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente establece las bases para la preservación y restauración del equilibrio ecológico, la protección del ambiente y la evaluación del impacto ambiental. Su última reforma fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de enero de 2026.

El proyecto se vincula directamente con esta Ley debido a que contempla el cambio de uso de suelo de un área forestal. En ese sentido, además del procedimiento de autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales sustentado mediante el presente ETJ, deberá tramitarse de manera independiente la autorización federal en materia de impacto ambiental mediante la Manifestación de Impacto Ambiental correspondiente.

Ambos procedimientos son jurídica y administrativamente independientes, aunque resultan complementarios para la ejecución del proyecto. Su evaluación puede desarrollarse de manera paralela y cualquiera de las resoluciones puede emitirse primero; sin embargo, la obtención de una autorización no sustituye a la otra ni permite por sí sola iniciar las actividades de remoción de vegetación o construcción.

Cuadro 2.4 Vinculación del Proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Texto legal aplicable	Vinculación con el proyecto
Artículo 28, fracción VII. "La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización	La remoción de vegetación forestal en 0.8559 hectáreas actualiza expresamente el supuesto señalado en la fracción VII. Por ello, el proyecto deberá obtener la autorización federal en

de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría: (…) VII.- Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas;"	materia de impacto ambiental correspondiente, mediante un procedimiento separado del trámite de CUSTF.
Artículo 30. "Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente."	La MIA deberá evaluar integralmente los efectos ambientales de las obras y actividades que conforman el proyecto de lotificación habitacional. Por su parte, el ETJ sustenta específicamente la solicitud de cambio de uso de suelo en terrenos forestales. Ambos estudios son complementarios, pero ninguno sustituye al otro.

De conformidad con los artículos anteriores, el promovente tramitará por separado la autorización en materia de impacto ambiental y la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales. Cada procedimiento será evaluado y resuelto conforme a sus propios plazos y requisitos.

Independientemente del orden en que se emitan las resoluciones, las actividades de remoción de vegetación y las obras del proyecto únicamente podrán comenzar cuando se cuente con ambas autorizaciones y se hayan atendido las condiciones previas que establezcan las autoridades competentes.

III.3.4. LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE.

La Ley General de Vida Silvestre regula la conservación y el aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y de su hábitat. Su última reforma fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de julio de 2025.
El proyecto se vincula con esta Ley debido a la presencia registrada o potencial de especies de flora y fauna silvestres dentro de la superficie de proyecto y la sujeta a CUSTF, así como su área de influencia. La ubicación y categoría de ocurrencia de cada especie se encuentran desarrolladas en los capítulos biológicos y en el Programa de Rescate y Reubicación correspondiente.

El proyecto no tiene por objeto el aprovechamiento extractivo, la caza ni la colecta comercial de vida silvestre. Sin embargo, las acciones de rescate pueden implicar la captura temporal y el traslado de ejemplares, por lo que deberán ejecutarse mediante personal capacitado y conforme a los programas y autorizaciones aplicables.

Cuadro 2.5 Vinculación del proyecto con la Ley General de Vida Silvestre.

Texto legal aplicable	Vinculación con el proyecto
Artículo 3, fracciones IV y VII "IV. Captura: La extracción de ejemplares vivos de fauna silvestre del hábitat en que se encuentran." "VII. Colecta: La extracción de ejemplares, partes o derivados de vida silvestre del hábitat en que se encuentran."	Las maniobras de rescate pueden comprender la captura temporal de fauna o la extracción de ejemplares de flora. Estas actividades se realizarán exclusivamente con fines de protección, de acuerdo con el Programa de Rescate y Reubicación y las condiciones establecidas por la autoridad.
Artículo 4 "Es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación."	Antes y durante la remoción de vegetación se aplicarán medidas de inspección, ahuyentamiento, rescate y protección para reducir el riesgo de daño directo a los ejemplares de vida silvestre.
Artículo 18 "Los propietarios y legítimos poseedores de predios en donde se distribuye la vida silvestre, tendrán el derecho a realizar su aprovechamiento sustentable y la obligación de contribuir a conservar el hábitat conforme a lo establecido en la presente Ley."	El promovente aplicará las medidas de prevención, mitigación, reforestación y restauración previstas en el ETJ y en las autorizaciones correspondientes para reducir los efectos sobre el hábitat.
Artículo 31 "Cuando se realice traslado de ejemplares vivos de fauna silvestre, éste se deberá efectuar bajo condiciones que eviten o disminuyan la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor, teniendo en cuenta sus características."	Los ejemplares rescatados serán manejados y trasladados mediante técnicas adecuadas para cada grupo faunístico, procurando reducir el estrés y evitar lesiones durante su manipulación y liberación.

Como resultado del levantamiento de campo realizado para la elaboración del presente Estudio Técnico Justificativo, se identificó la presencia de especies de fauna silvestre enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 dentro de los polígonos sujetos a cambio de uso de suelo y en su área de influencia. En particular, se registraron *Ctenosaura acanthura* e *Iguana iguana*, ambas sujetas a protección especial (**Pr**); *Micrurus diastema* y *Tachybaptus dominicus*, sujetas a protección especial (**Pr**); *Aramus guarauna*, clasificada como amenazada (**A**); *Leptonycteris yerbabuenae*, sujeta a protección especial (**Pr**); y *Falco femoralis*, clasificada como amenazada (**A**).

La presencia de estas especies confirma que el sitio presenta elementos de valor, por lo que el proyecto deberá aplicar medidas específicas de prevención, ahuyentamiento, rescate, manejo y, en su caso, reubicación de ejemplares, a fin de evitar afectaciones directas durante las etapas de preparación del sitio y construcción. Estas acciones deberán ejecutarse conforme a la Ley General de Vida Silvestre, a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y a las autorizaciones que emita la autoridad competente.

En apego a las disposiciones de la LGVS, el proyecto contempla la ejecución de actividades de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre y de Rescate y Reubicación de Flora, priorizando las especies enlistadas en la CITES y en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Dichos programas se ejecutarán bajo supervisión especializada, asegurando que los ejemplares rescatados sean reubicados en sitios con características similares a su hábitat de origen que garanticen su adaptación y supervivencia.

Asimismo, se implementarán campañas de concientización ambiental dirigidas al personal involucrado para prevenir actos de captura, colecta o perturbación de la vida silvestre. El proyecto no contempla actividades de aprovechamiento extractivo, captura, caza o colecta de especies silvestres, por lo que no contraviene las disposiciones de la LGVS en materia de aprovechamiento sustentable. Si bien el cambio de uso de suelo implica la remoción de vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia en una superficie de **0.8559 hectáreas**, los programas de rescate y reubicación, en conjunto con el programa de reforestación, contribuyen a la conservación del hábitat y la conectividad ecológica, garantizando la permanencia de las especies presentes en la región.

III.3.5. REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE.

El presente reglamento de la Ley de Vida Silvestre, establece los requisitos que deberán contar las personas que pretendan realizar cualquier actividad relacionada con hábitats, especies, partes o derivados de vida silvestre.

Cuadro 2.6 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre.

Texto Aplicable	Vinculación
Art. 41. En el caso de las especies amenazadas o en peligro de extinción, el plan de manejo correspondiente deberá estar elaborado conforme a los términos de referencia publicados en el Diario Oficial de la Federación, los cuales serán desarrollados por el Consejo, además de estar avalados por una persona física o moral especializada y reconocida para estos efectos por: I. Tener experiencia en manejo de vida silvestre y su hábitat, y II. Haber participado en la puesta en práctica de investigación de proyectos de manejo integral para la conservación	Es importante mencionar que el Proyecto no realizará ningún tipo de aprovechamiento de especies silvestres por lo que no se contrapone el objeto del proyecto a los lineamientos del Reglamento ni a su Ley. En lo referente a la solicitud de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, se presenta un programa de rescate y reubicación y ahuyentamiento de especies sin la necesidad de llegar al establecimiento de unidades de manejo o reproducción en cautiverio y se implementará un Programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna. Uno de los criterios establecidos es dar la prioridad a las especies con estatus en la Modificación del Anexo Normativo IIII, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-059-SEMARNAT-2025.

III.3.6. LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS.

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos regula la prevención de la generación, valorización y manejo integral de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos, así como la distribución de competencias entre la Federación, las entidades federativas y los municipios. Su texto vigente presenta como última reforma la publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de enero de 2026, mediante la cual se fortalecieron los principios de circularidad, aprovechamiento y valorización de los residuos.

El proyecto se vincula con esta Ley porque durante la ejecución del CUSTF y el proyecto de lotificación, se generarán residuos sólidos urbanos derivados de la presencia del personal, material vegetal producto del desmonte autorizado y, eventualmente, residuos relacionados con el funcionamiento de maquinaria y equipos. En las etapas posteriores de urbanización y construcción también podrán generarse residuos de manejo especial, cuyo control corresponde a la autoridad estatal.

Cuadro 2.7 Vinculación del Proyecto con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

Texto legal aplicable	Vinculación con el proyecto
Artículo 2 fracción IV. "Corresponde a quien genere residuos" asumir los costos derivados de su manejo integral y, en su caso, de la reparación de los daños.	La promovente asumirá la responsabilidad del manejo de los residuos generados durante el CUSTF así como en la ejecución de las obras que contempla el proyecto, incluyendo su separación, almacenamiento temporal, recolección, transporte y entrega al sistema o gestor autorizado que corresponda.
Artículo 10. Los municipios tienen a su cargo el "manejo integral de residuos sólidos urbanos".	Los residuos con características domiciliarias generados por el personal serán depositados en recipientes identificados y entregados al servicio municipal o a un prestador autorizado. No serán abandonados, enterrados, quemados ni depositados en áreas verdes, escurrimientos o terrenos colindantes.
Artículo 19, fracción VII. Se clasifican como residuos de manejo especial los "residuos de la construcción".	Los residuos derivados de las posteriores actividades de urbanización y construcción serán separados y manejados conforme a la legislación estatal y a las disposiciones emitidas por la autoridad competente. La obligación de presentar un plan de manejo dependerá del tipo y volumen generado y de los supuestos previstos en la normativa aplicable; por ello, no se afirma anticipadamente que el proyecto sea gran generador.
Artículo 42. Los generadores pueden contratar su manejo con "empresas o gestores autorizados".	Si se generan residuos peligrosos de manera eventual, serán entregados exclusivamente a empresas con autorización vigente. La promovente verificará dicha autorización y conservará los manifiestos o comprobantes que acrediten su recolección y destino.
Artículo 45. Los generadores de residuos peligrosos deben "identificar, clasificar y manejar sus residuos" conforme a la Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas.	Los aceites usados, filtros, estopas, envases o materiales impregnados que eventualmente se generen serán identificados y separados de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Su almacenamiento temporal y entrega se efectuarán conforme a su clasificación y mediante prestadores autorizados.

El material vegetal proveniente de la remoción autorizada será manejado de manera diferenciada. La fracción susceptible de aprovechamiento podrá triturarse y emplearse como cubierta orgánica o *mulch* en las acciones de protección del suelo y restauración. El material restante se retirará y destinará conforme a las indicaciones de la autoridad competente, quedando prohibida su quema a cielo abierto.

El proyecto no contempla la instalación u operación de centros de acopio, plantas de tratamiento ni sitios de disposición final de residuos. Por ello, no se actualizan los supuestos de autorización correspondientes a instalaciones destinadas al manejo de

residuos; la promovente actuará exclusivamente como generadora y entregará los residuos a los sistemas municipales o gestores autorizados, según su clasificación.

Bajo este panorama, el proyecto presenta una vinculación favorable con la Ley, al establecer medidas de reducción, separación, aprovechamiento, almacenamiento temporal y entrega controlada de los residuos, evitando su disposición inadecuada y favoreciendo la valorización del material vegetal generado durante el CUSTF y la ejecución de la lotificación junto con sus obras accesorias.

II.3. PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO.

III.3.1. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO.

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) fue expedido mediante Acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de septiembre de 2012. Su objetivo es establecer la regionalización ecológica del territorio nacional, así como los lineamientos y estrategias dirigidos a orientar las acciones de la Administración Pública Federal hacia la protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (SEMARNAT, 2012).

Por su escala y alcance, el POEGT **no tiene** por objeto **autorizar o prohibir** directamente los usos del suelo de proyectos particulares. Su función consiste en **orientar** la planeación y actuación de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, sin sustituir las autorizaciones ambientales, forestales o territoriales que correspondan (SEMARNAT, 2012).

La sobreposición cartográfica realizada muestra que la totalidad del predio y la superficie solicitada para CUSTF se localizan dentro de la **Unidad Ambiental Biofísica 75, denominada Llanura Costera Veracruzana Norte**, perteneciente a la Región Ecológica 18.17. Esta unidad presenta una política ambiental de **Restauración y Aprovechamiento Sustentable**, con un nivel de atención prioritaria **muy alto** (SEMARNAT, 2012).

La ubicación del proyecto dentro de esta unidad se presenta en la siguiente figura.

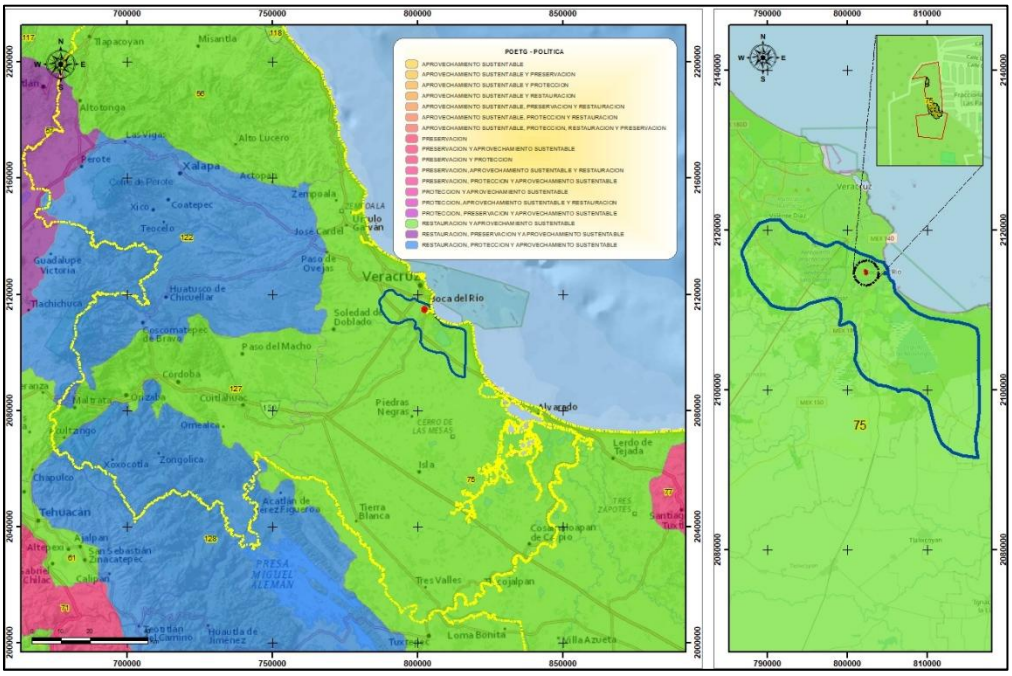


Imagen 2.1 Ubicación del proyecto respecto del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.

Las características principales asignadas a la UAB 75 se resumen en la tabla siguiente.

Cuadro 2.8 Caracterización de la Unidad Ambiental Biofísica en la que se localiza el proyecto.

Elemento	Caracterización
Región ecológica	18.17
Unidad Ambiental Biofísica	UAB 75
Denominación	Llanura Costera Veracruzana Norte
Rector del desarrollo	Forestal
Sectores coadyuvantes	Agricultura, ganadería y turismo
Sectores asociados	Minería y poblacional
Otros sectores de interés	PEMEX y pueblos indígenas
Política ambiental	Restauración y aprovechamiento sustentable
Nivel de atención prioritaria	Muy alto
Estrategias asignadas	4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 Bis, 18, 21, 22, 23, 28, 29, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43 y 44

La clasificación de atención prioritaria **muy alta** no constituye por sí misma una prohibición para el desarrollo del proyecto. Indica que la unidad presenta condiciones ambientales y procesos de transformación que requieren atención preferente en la planeación y ejecución de las acciones sectoriales. De manera congruente, la política de Restauración y Aprovechamiento Sustentable orienta las actividades hacia la utilización responsable del territorio, acompañada de acciones de protección, mitigación y recuperación ambiental (SEMARNAT, 2012).

Aunque la UAB 75 reconoce al sector poblacional como una actividad asociada, esta condición tampoco representa por sí sola una autorización para el uso habitacional. La compatibilidad específica del uso pretendido deberá determinarse mediante el análisis del programa de ordenamiento urbano aplicable a la zona conurbada, así como de las autorizaciones y licencias que correspondan.

De las estrategias asignadas a la UAB 75, las que guardan una relación más directa con el CUSTF y con las características del proyecto son las siguientes:

Cuadro 2.9 Vinculación de las estrategias relevantes de la UAB 75 con el proyecto.

Estrategia	Vinculación con el proyecto
7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales	El proyecto no tiene como finalidad el aprovechamiento forestal comercial; sin embargo, la remoción de vegetación se realizará únicamente dentro de la superficie autorizada y conforme a la legislación forestal. Los productos resultantes se manejarán de acuerdo con su naturaleza y destino, procurando el aprovechamiento del material vegetal susceptible de trituración, reincorporación o utilización como cobertura orgánica.
8. Valoración de los servicios ambientales	En el ETJ se identifican y cuantifican los servicios ambientales relacionados con la infiltración de agua, conservación del suelo, almacenamiento de carbono y regulación ambiental. Asimismo, se establecen medidas para mitigar y recuperar los servicios afectados por la remoción de vegetación.
12. Protección de los ecosistemas	La ejecución del CUSTF estará delimitada a 0.8559 ha y será acompañada por acciones de rescate y reubicación de flora y fauna, ahuyentamiento preventivo, protección del suelo, manejo de residuos y supervisión ambiental.
14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos	El proyecto considera acciones de reforestación, restauración y conservación de suelo como medidas dirigidas a compensar y mitigar los efectos derivados del CUSTF, empleando preferentemente especies nativas compatibles con las condiciones ecológicas del área donde se ejecuten.
28. Consolidar la calidad del agua en la	Durante la ejecución del proyecto no se realizarán descargas de aguas residuales a cuerpos receptores. Se utilizarán sanitarios

Estrategia	Vinculación con el proyecto
gestión integral del recurso hídrico	portátiles y se aplicarán medidas para prevenir derrames, disposición inadecuada de residuos y arrastre de sedimentos.
29. Posicionar el agua como recurso estratégico y de seguridad nacional	El ETJ incluye la evaluación de la captación e infiltración antes y después de la remoción de la vegetación, así como medidas para mitigar la disminución temporal de este servicio ambiental.
44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal	La compatibilidad del uso habitacional se analizará conforme al instrumento de ordenamiento urbano vigente para la zona conurbada Veracruz–Boca del Río–Medellín–Alvarado, sin que la autorización forestal sustituya los permisos y licencias urbanísticas correspondientes.

Las demás estrategias asignadas a la **UAB 75** se encuentran dirigidas principalmente a actividades **agrícolas, pecuarias, mineras, turísticas, de hidrocarburos, programas sociales o acciones de coordinación institucional**. Por ello, **no generan obligaciones** materiales directas para el promovente, sin perjuicio de que las autoridades competentes deban observarlas dentro de sus respectivos ámbitos de actuación.

Cuadro 2.10 Estrategias asignadas a la UAB 75 sin vinculación material directa con el proyecto.

Estrategia	Vinculación con el proyecto
4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, recursos genéticos y recursos naturales	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no tiene como finalidad el aprovechamiento productivo o comercial de ecosistemas, especies o recursos genéticos. Las implicaciones derivadas de la remoción de vegetación se atienden específicamente mediante las estrategias 7, 8, 12 y 14, vinculadas en la tabla anterior.
5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios	**No resulta aplicable.** La superficie solicitada para CUSTF no será destinada a actividades agrícolas o pecuarias, sino a un uso habitacional posterior.
6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas	**No resulta aplicable.** El proyecto no contempla infraestructura hidroagrícola, sistemas de riego ni tecnificación de superficies destinadas a la producción agrícola.
13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes	**No resulta aplicable.** Durante la ejecución del CUSTF no se prevé la utilización de agroquímicos, fertilizantes o sustancias destinadas a la producción agrícola.
15. Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al	**No resulta aplicable.** El proyecto no comprende actividades de exploración, extracción o aprovechamiento de minerales u otros recursos

Estrategia	Vinculación con el proyecto
aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables	naturales no renovables.
15 Bis. Coordinación entre los sectores minero y ambiental	**No resulta aplicable.** El proyecto corresponde a una lotificación habitacional y no considera actividades pertenecientes al sector minero.
18. Establecer mecanismos de supervisión e inspección que permitan el cumplimiento de metas y niveles de seguridad adecuados en el sector de hidrocarburos	**No resulta aplicable.** El proyecto no forma parte del sector hidrocarburos ni contempla actividades de exploración, extracción, almacenamiento, transformación o transporte de hidrocarburos.
21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo	**Sin vinculación directa.** El proyecto no corresponde a infraestructura ni a la prestación de servicios turísticos.
22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional	**Sin vinculación directa.** La lotificación habitacional no tiene como finalidad desarrollar o modificar la política turística regional.
23. Sostener y diversificar la demanda turística nacional e internacional	**No resulta aplicable.** El proyecto no contempla establecimientos, servicios o actividades destinados a la atención de visitantes o al desarrollo del sector turístico.
33. Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la articulación de programas para optimizar la aplicación de recursos públicos	**Sin vinculación directa.** Se trata de una estrategia de política pública y desarrollo social cuya instrumentación corresponde principalmente a las autoridades competentes. El proyecto constituye una inversión privada y no contempla la aplicación de recursos públicos destinados a programas sociales.
34. Integración de las zonas rurales de alta y muy alta marginación a la dinámica del desarrollo nacional	**Sin vinculación directa.** La estrategia está dirigida a la formulación e implementación de políticas públicas para zonas rurales con condiciones de marginación y no establece una obligación ambiental específica para el proyecto.
35. Inducir acciones de mejora de la seguridad social de la población rural ante impactos climatológicos adversos	**No resulta aplicable.** El proyecto no corresponde a un programa de producción rural ni tiene atribuciones en materia de seguridad o asistencia social.
36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa	**No resulta aplicable.** El uso pretendido es habitacional y no comprende actividades de producción, transformación o comercialización agroalimentaria.
37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos	**Sin vinculación directa.** La estrategia corresponde a políticas de inclusión social y desarrollo rural. El proyecto no se desarrolla como una actividad

Estrategia	Vinculación con el proyecto
agrarios y localidades rurales vinculadas	productiva dentro de un núcleo agrario.
38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza	**Sin vinculación directa.** Su aplicación corresponde a programas institucionales de desarrollo social y no establece criterios ambientales o territoriales específicos para el CUSTF.
40. Atender las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades	**Sin vinculación directa.** Se trata de una estrategia de asistencia e inclusión social cuya ejecución compete a las instituciones y autoridades correspondientes.
41. Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad	**Sin vinculación directa.** La estrategia no regula las actividades de remoción de vegetación ni el uso habitacional pretendido y su instrumentación corresponde al sector público competente.
42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural	**No genera una vinculación ambiental adicional.** El predio es de propiedad privada y la acreditación de la propiedad o del derecho para solicitar el CUSTF se integra dentro de la documentación legal del trámite.
43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y a la información agraria para impulsar proyectos productivos	**Sin vinculación directa.** Corresponde a una acción institucional de administración territorial y catastral. El proyecto no contempla la modernización o administración de sistemas de información agraria.

En función de lo anterior, el CUSTF no presenta una incompatibilidad directa con la orientación general de la UAB 75. Su ejecución deberá sujetarse a las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación establecidas en el ETJ, particularmente aquellas relacionadas con la protección de la biodiversidad, conservación del suelo, captación de agua y recuperación de los servicios ambientales.

III.3.2. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE.

El Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (en lo sucesivo POEMyRGMyMC) fue dado a conocer mediante el Acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de noviembre de 2012. Este instrumento tiene por objeto regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, procurando la protección del ambiente, así como la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en la región costera y marina del Golfo de México y el Mar Caribe (SEMARNAT, 2012).

El área sujeta a ordenamiento comprende un componente marino y otro regional. El primero incluye las zonas marinas mexicanas y las zonas federales adyacentes, mientras que el componente regional abarca 142 municipios con influencia costera pertenecientes a los estados de Tamaulipas, **Veracruz**, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. El modelo se encuentra integrado por **203 unidades de gestión ambiental**, acompañadas de lineamientos ecológicos, acciones generales, acciones específicas y responsables de su instrumentación (SEMARNAT, 2012).

De acuerdo con la sobreposición cartográfica efectuada, la totalidad del polígono general del proyecto, así como la superficie de 0.8559 ha solicitada para el cambio de uso del suelo en terrenos forestales, se localizan dentro de la **Unidad de Gestión Ambiental número 43**, correspondiente al componente regional del POEMyRGMyMC. Esta ubicación determina el conjunto de lineamientos y acciones que deben revisarse para establecer su relación con las obras y actividades propuestas.

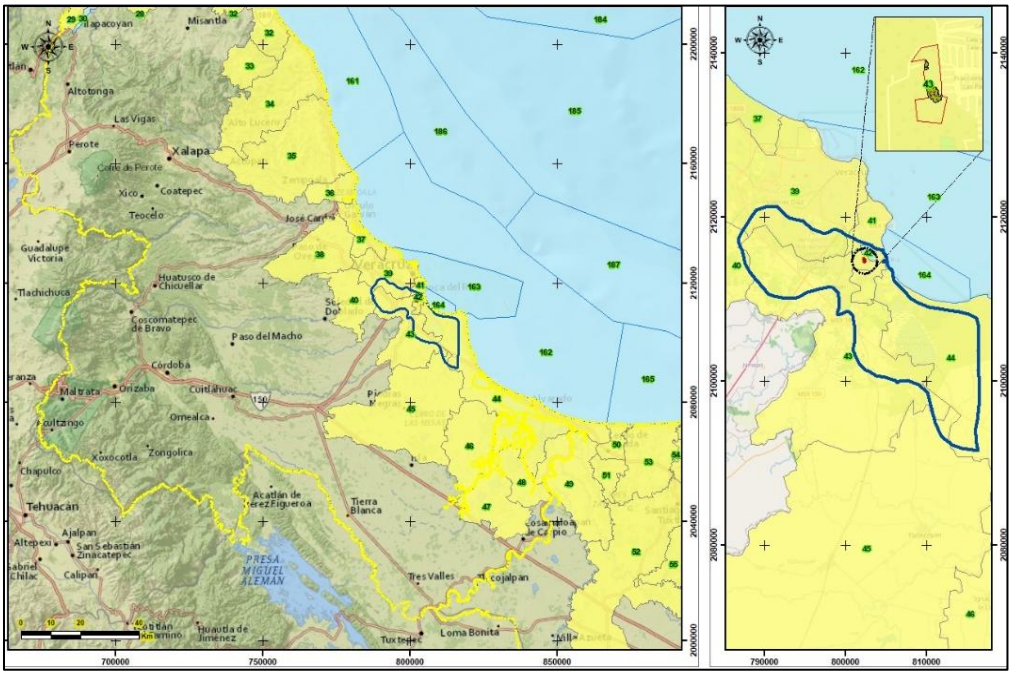


Imagen 2.2 Ubicación del proyecto respecto del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe.

Cuadro 2.11 Caracterización de la Unidad de Gestión Ambiental 43 y su incidencia con el proyecto.

Elemento	Descripción
Instrumento	Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe

Unidad de Gestión Ambiental	UGA 43
Componente	Regional
Incidencia territorial	El polígono general de 7.0360 ha y la superficie de CUSTF de 0.8559 ha se encuentran completamente dentro de la UGA 43
Lineamientos ecológicos asignados	Lineamientos 1 al 26
Lineamiento no asignado	Lineamiento 27, relativo al control eficiente en el manejo y comercialización de agroquímicos
Acciones generales	G001 a G065, aplicables al conjunto de las UGA del área sujeta a ordenamiento
Acciones específicas asignadas a la UGA 43	A004, A005, A006, A007, A011, A014, A016, A017, A018, A019, A021, A022, A023, A024, A025, A026, A033, A037, A038, A050, A051, A052, A053, A054, A055, A057, A058, A059, A060, A061, A062, A063, A064, A065, A068, A069, A071, A072, A075 y A076
Acciones específicas no asignadas	Las restantes acciones comprendidas entre A001 y A100 están identificadas por el propio Programa como "NA" para la UGA 43, por lo que no forman parte de su estrategia ecológica particular
Criterios para islas o zonas costeras inmediatas	No resultan aplicables, debido a que el proyecto se localiza en una UGA regional terrestre y no incide en islas, zona marina ni en las franjas costeras inmediatas reguladas por dichos criterios

Debe distinguirse entre la asignación territorial de una acción y su vinculación material con un proyecto particular. El **POEMyRGMyMC** establece que las acciones generales se implementan por los sectores participantes de acuerdo con sus respectivas atribuciones; asimismo, para cada acción específica identifica dependencias, entidades federativas, municipios u otros sectores responsables. Por consiguiente, el hecho de que una acción se encuentre asignada a la UGA 43 **no significa** que todas sus disposiciones constituyan obligaciones directas para el promovente (SEMARNAT, 2012).

De los 27 lineamientos ecológicos establecidos por el POEMyRGMyMC, los numerales **1 al 26** se encuentran asignados a la **UGA 43**. Su revisión permite distinguir aquellos relacionados con las actividades del CUSTF y el uso habitacional pretendido de aquellos dirigidos a condiciones ambientales, sectores o actividades que no se presentan en el área del proyecto (SEMARNAT, 2012).

Cuadro 2.12 Lineamientos ecológicos de la UGA 43 con vinculación material con el proyecto.

No.	Contenido	Vinculación con el proyecto
1	Actividades humanas sustentables que no alteren la estructura y funcionalidad de los ecosistemas ni	El CUSTF se limitará a 0.8559 ha y se aplicarán medidas de rescate de flora y fauna, protección del suelo, manejo de residuos, prevención de

No.	Contenido	Vinculación con el proyecto
	actúen sinérgicamente con los efectos del cambio climático.	incendios y restauración. Estas acciones permitirán reducir los efectos acumulativos derivados de la remoción de la vegetación.
2	Alta calidad del aire en el área sujeta a ordenamiento.	Durante el CUSTF se controlará la generación de polvo y emisiones mediante el mantenimiento de maquinaria, la regulación de velocidades y la prohibición de quemar vegetación o residuos.
3	Bajo consumo de combustibles fósiles para satisfacer la demanda energética regional.	Se relaciona con el uso eficiente de maquinaria y vehículos durante la preparación del sitio. En el desarrollo habitacional deberá favorecerse la eficiencia energética y la utilización de tecnologías de bajo consumo.
6	Formulación e implementación de instrumentos de planeación territorial, incluidos POET, POEL, PDU y PPDU.	El uso habitacional pretendido deberá guardar congruencia con los instrumentos de ordenamiento territorial y desarrollo urbano aplicables. La autorización del CUSTF no sustituye las autorizaciones urbanísticas correspondientes.
9	Tratamiento y disposición adecuada de los residuos líquidos municipales.	La futura lotificación deberá prever infraestructura para la conducción y tratamiento de las aguas residuales conforme a la disponibilidad de servicios y a las disposiciones que determine la autoridad competente. Durante el CUSTF se utilizarán servicios sanitarios controlados y no se permitirán descargas al suelo o cuerpos de agua.
10	Descargas de plantas de tratamiento con calidad adecuada para conservar la vida silvestre y el equilibrio ecológico.	Su aplicación queda condicionada al sistema de tratamiento que se determine para el desarrollo habitacional. Cualquier descarga o reúso deberá cumplir las normas y autorizaciones aplicables.
11	Capacidad para la captación, manejo y disposición final de los residuos sólidos.	Los residuos vegetales, urbanos, de manejo especial y, en su caso, peligrosos se separarán y entregarán en sitios o a prestadores autorizados. No se permitirá su abandono, quema o disposición dentro de las áreas conservadas.
12	Minimización de los problemas de inundación y azolvamiento en la cuenca.	El CUSTF deberá evitar la obstrucción de escurrimientos y la acumulación de material vegetal o suelo. El proyecto habitacional deberá conservar la funcionalidad del drenaje pluvial y prever medidas de infiltración y control de sedimentos.
13	Aprovechamiento sustentable de la cuenca conforme a la disponibilidad hídrica del acuífero.	El proyecto deberá promover el uso eficiente del agua y evitar afectaciones innecesarias a la infiltración. Las medidas de conservación del suelo y restauración contribuirán a compensar la

No.	Contenido	Vinculación con el proyecto
		disminución del servicio hidrológico ocasionada por el CUSTF.
16	Baja vulnerabilidad de la población ante fenómenos hidrometeorológicos extremos.	La planeación del futuro desarrollo deberá considerar las condiciones de riesgo y las disposiciones de protección civil, particularmente las relacionadas con lluvias intensas, inundaciones, tormentas y ciclones tropicales.
18	Patrón ordenado de ocupación del territorio.	La lotificación deberá sujetarse a los usos, densidades, restricciones y autorizaciones establecidos por los instrumentos urbanos aplicables, evitando una ocupación irregular o carente de infraestructura.
19	Ecosistemas íntegros y poblaciones con bajo riesgo ante fenómenos naturales.	La delimitación estricta del CUSTF, la conservación de la superficie restante y las medidas de restauración reducirán la afectación sobre la vegetación y los servicios ambientales. El componente de riesgo deberá atenderse en la etapa urbanística.
22	Conservación de la cobertura vegetal con la mayor distribución posible.	La remoción se restringirá a la superficie autorizada de 0.8559 ha. La vegetación localizada fuera de los polígonos del CUSTF no deberá afectarse como consecuencia de los trabajos autorizados.
23	Conectividad de los ecosistemas costeros.	Aunque el predio se encuentra en un entorno sujeto a presión urbana, deberán conservarse los elementos vegetales exteriores al CUSTF y ejecutarse medidas de rescate, reubicación y restauración que reduzcan la pérdida de conectividad local.
25	Bajo o nulo deterioro de la biodiversidad de los ecosistemas.	Se implementarán acciones de rescate y reubicación de flora y fauna, ahuyentamiento previo, delimitación de áreas de trabajo y restauración, con énfasis en las especies que requieran protección especial.
26	Bajo consumo de combustibles fósiles para satisfacer la demanda energética regional.	Su vinculación coincide con el lineamiento 3. Durante el CUSTF se procurará la operación eficiente de vehículos y maquinaria; en las etapas posteriores deberán incorporarse criterios de eficiencia energética.

Los lineamientos anteriores no constituyen por sí mismos una autorización para el uso habitacional, pero sí establecen objetivos ambientales que deberán observarse durante la ejecución del CUSTF y considerarse en la planeación posterior del

fraccionamiento. Su cumplimiento se sustentará en la delimitación de la superficie autorizada, la aplicación de los programas ambientales del ETJ y la obtención de las autorizaciones sectoriales correspondientes.

Cuadro 2.13 Lineamientos ecológicos de la UGA 43 sin vinculación material directa con el proyecto.

No.	Contenido	Vinculación con el proyecto
4	Mantenimiento de playas y condiciones adecuadas para la anidación de tortugas marinas.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto es terrestre, no se localiza sobre una playa ni contempla obras o actividades en zonas de anidación de tortugas marinas.
5	Baja marginación y alto nivel de bienestar humano.	**Sin vinculación material directa.** Corresponde principalmente a políticas y programas de desarrollo social. El CUSTF no constituye un programa gubernamental para combatir la marginación.
7	Tratamiento y disposición adecuada de residuos líquidos industriales.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no contempla actividades industriales ni la generación de aguas residuales de origen industrial.
8	Captación, manejo y disposición adecuada de residuos biológico-infecciosos.	**Sin vinculación material directa.** Las actividades del CUSTF y la lotificación habitacional no contemplan establecimientos médicos, laboratorios ni procesos generadores de residuos biológico-infecciosos.
14	Ausencia de infraestructura que modifique el perfil costero o los patrones de circulación marina.	**Sin vinculación material directa.** No se pretenden obras en el litoral, zona marina o cuerpos de agua costeros, ni infraestructura capaz de modificar el perfil de la costa.
15	Control de emisiones de contaminantes del suelo provenientes de actividades industriales.	**Sin vinculación material directa.** No se desarrollarán procesos industriales. La prevención de derrames durante el CUSTF será atendida mediante las medidas generales de manejo de maquinaria y residuos.
17	Ubicación de usos industriales en zonas previstas por los programas de desarrollo urbano.	**Sin vinculación material directa.** El uso pretendido es habitacional y no considera parques, instalaciones o procesos industriales.
20	Reducción de conflictos y presiones de las actividades turísticas con otros sectores y ecosistemas.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no corresponde a un desarrollo turístico ni contempla servicios recreativos o infraestructura turística.
21	Conservación de poblaciones de especies sujetas a explotación comercial.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no tiene por objeto la captura, cría, aprovechamiento o comercialización de especies de flora o fauna silvestre. La remoción de vegetación se deriva exclusivamente del CUSTF solicitado.
24	Conservación de sistemas de	**Sin vinculación material directa.** Dentro de la

No.	Contenido	Vinculación con el proyecto
	dunas costeras y ecosistemas asociados.	superficie del proyecto no se identifican dunas costeras, playas ni infraestructura asociada a dichos ecosistemas.

La falta de vinculación con estos lineamientos no implica que hayan sido omitidos. Su revisión permite constatar que se encuentran asignados territorialmente a la UGA 43, pero sus supuestos ambientales o sectoriales no coinciden con la ubicación, naturaleza y actividades del proyecto. En ese sentido, no generan medidas específicas adicionales para el CUSTF analizado.

Las 65 acciones generales del POEMyRGMyMC se encuentran asignadas a todas las unidades de gestión ambiental que integran el área sujeta a ordenamiento. No obstante, su aplicación debe interpretarse considerando las características del proyecto y los responsables señalados por el propio Programa. Bajo este criterio, se identificaron las acciones que guardan una relación directa o condicionada con la ejecución del CUSTF y el uso habitacional pretendido (SEMARNAT, 2012).

Cuadro 2.14 Acciones generales del POEMyRGMyMC con vinculación material con el proyecto.

Clave	Acción general	Vinculación con el proyecto
G001	Promover tecnologías y prácticas para el uso eficiente del agua.	El CUSTF no requerirá un consumo considerable de agua; en caso de utilizarse para controlar polvo o atender necesidades del personal, se evitarán pérdidas. En el desarrollo habitacional deberán incorporarse dispositivos ahorradores y medidas de aprovechamiento eficiente.
G006	Reducir la emisión de gases de efecto invernadero.	La maquinaria y los vehículos deberán encontrarse en condiciones adecuadas de operación, permanecer encendidos únicamente durante las actividades necesarias y recibir mantenimiento preventivo. No se permitirá la quema de vegetación ni de residuos.
G009	Planificar la construcción de infraestructura, particularmente comunicaciones terrestres, para evitar la fragmentación del hábitat.	Los accesos y vialidades del proyecto deberán apegarse al diseño autorizado, evitando aperturas fuera del polígono general y afectaciones adicionales sobre la vegetación que permanezca en el predio.
G011	Instrumentar medidas de control para minimizar las afectaciones a los ecosistemas costeros ocasionadas por actividades humanas.	Aunque no se realizarán obras en el litoral, se aplicarán medidas para evitar el arrastre de suelo, residuos o contaminantes hacia escurrimientos que puedan trasladarlos a los ecosistemas costeros.
G013	Evitar la introducción de especies	Las actividades de rescate, reubicación,

Clave	Acción general	Vinculación con el proyecto
	potencialmente invasoras en o cerca de coberturas vegetales nativas.	restauración y acondicionamiento de áreas verdes deberán priorizar especies nativas. No se utilizarán especies reconocidas como invasoras.
G019	Incorporar el contenido del Programa en los instrumentos de desarrollo urbano, incluyendo disposiciones sobre riesgos asociados al cambio climático.	La lotificación deberá sujetarse a los instrumentos urbanos y ambientales aplicables. El diseño posterior deberá considerar las restricciones territoriales y condiciones de riesgo determinadas por las autoridades competentes.
G024	Promover acciones de forestación y reforestación con restauración de suelos para incrementar los sumideros forestales de carbono.	El proyecto contempla medidas de restauración y reforestación como compensación de los efectos del CUSTF, utilizando especies nativas y prácticas de conservación del suelo.
G025	Fomentar el uso de especies nativas tolerantes a condiciones ambientales cambiantes.	La selección de especies para reforestación, reubicación y áreas verdes deberá privilegiar flora nativa adaptada a las condiciones climáticas, edáficas e hidrológicas de la zona.
G027	Promover el uso de combustibles de origen no fósil.	Su aplicación es condicionada. Durante el CUSTF se utilizarán los equipos disponibles procurando eficiencia operativa; en el desarrollo habitacional podrán incorporarse tecnologías que disminuyan la dependencia de combustibles fósiles.
G028	Promover el uso de energías renovables.	Su aplicación corresponde principalmente al diseño posterior del fraccionamiento, en el que podrá considerarse iluminación solar u otras tecnologías renovables técnica y económicamente viables.
G029	Promover el aprovechamiento sustentable de la energía.	En la ejecución del CUSTF se evitará el funcionamiento innecesario de maquinaria. En las etapas urbanísticas deberán incorporarse medidas de ahorro y eficiencia energética.
G030	Fomentar la producción y uso de equipos energéticamente eficientes.	Se relaciona principalmente con la futura etapa habitacional, en la cual deberá favorecerse el uso de luminarias, equipos e instalaciones de bajo consumo energético.
G031	Promover la sustitución de combustibles por alternativas más limpias y con menores emisiones contaminantes.	Los equipos deberán utilizar los combustibles especificados por sus fabricantes y conservarse en condiciones adecuadas. Cuando resulte técnica y económicamente viable, se favorecerán tecnologías con menores emisiones.
G034	Impulsar la reducción del consumo energético de viviendas y edificaciones mediante diseños	El diseño del fraccionamiento y de sus edificaciones deberá considerar ventilación e iluminación natural, eficiencia energética y

Clave	Acción general	Vinculación con el proyecto
	bioclimáticos, materiales y tecnologías limpias.	materiales apropiados para las condiciones climáticas regionales.
G038	Evaluar la potencialidad del suelo para la captura de carbono.	El ETJ incluye la estimación de los almacenes de carbono asociados con la superficie forestal y las medidas previstas para su recuperación. La restauración contribuirá gradualmente a restablecer este servicio ambiental.
G050	Promover que las viviendas sean resistentes a eventos hidrometeorológicos.	El desarrollo habitacional deberá observar las disposiciones de construcción y protección civil aplicables frente a lluvias intensas, inundaciones, vientos fuertes y ciclones tropicales.
G051	Realizar campañas de concientización sobre el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos.	Durante el CUSTF se impartirán indicaciones al personal sobre separación, almacenamiento y disposición de residuos. En la operación del fraccionamiento deberá promoverse el manejo responsable de los residuos domiciliarios.
G053	Instrumentar programas y mecanismos para la reutilización de las aguas residuales tratadas.	Su aplicación se encuentra condicionada al sistema de saneamiento que se autorice para el fraccionamiento. Cuando sea técnica y normativamente viable, podrá contemplarse el reúso de agua tratada en riego de áreas verdes u otros usos permitidos.
G055	Realizar la remoción de vegetación forestal para el CUSTF conforme a la legislación forestal y demás disposiciones jurídicas aplicables.	Es la acción general de mayor vinculación con el proyecto. La remoción se limitará a las 0.8559 ha que, en su caso, autorice la SEMARNAT y se efectuará conforme al ETJ, al resolutivo correspondiente y a la legislación forestal aplicable.
G058	Gestionar los residuos peligrosos conforme a la legislación vigente.	En caso de generarse aceites, lubricantes, envases contaminados, estopas u otros residuos peligrosos, serán almacenados temporalmente en recipientes identificados y entregados a prestadores autorizados. El mantenimiento mayor de maquinaria deberá realizarse fuera del área del proyecto.
G064	Evitar que carreteras, caminos, puentes o vías férreas modifiquen los flujos hidrológicos superficiales o subterráneos.	Las vialidades y accesos del desarrollo deberán diseñarse sin obstruir los escurrimientos naturales. Cuando se requieran obras de drenaje, deberán dimensionarse conforme a los estudios y autorizaciones correspondientes.

Las acciones identificadas presentan distintos grados de relación con el proyecto. Algunas son directamente aplicables al CUSTF, particularmente las referentes a la

remoción autorizada de vegetación, protección del suelo, manejo de residuos, emisiones y restauración; otras deberán retomarse durante la planeación, autorización y ejecución del desarrollo habitacional.

Cuadro 2.15 Acciones generales del POEMyRGMyMC sin vinculación material directa con el proyecto.

Clave	Acción general	Vinculación con el proyecto
G002	Promover el establecimiento del pago por servicios ambientales hídricos.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no corresponde a un programa de pago por servicios ambientales ni contempla su administración.
G003	Impulsar la creación de UMA para sustituir el comercio de especies extraídas del medio silvestre.	**Sin vinculación material directa.** No se pretende capturar, reproducir, aprovechar o comercializar ejemplares de vida silvestre, ni establecer una UMA.
G004	Reforzar la vigilancia y control de actividades extractivas de flora y fauna, especialmente de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	**Sin vinculación material directa.** Se trata principalmente de una acción de inspección gubernamental. El proyecto no realizará aprovechamiento comercial de vida silvestre; la protección de especies se atenderá mediante los programas de rescate y las disposiciones de la NOM-059-SEMARNAT-2010.
G005	Establecer bancos de germoplasma conforme a la legislación aplicable.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no tiene como objeto establecer u operar un banco de germoplasma.
G007	Fortalecer programas económicos para metas voluntarias de reducción de emisiones y comercio de bonos de carbono.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no participará en mercados de carbono ni solicita incentivos económicos por reducción de emisiones.
G008	Realizar el uso de organismos genéticamente modificados conforme a la legislación vigente.	**Sin vinculación material directa.** No se utilizarán organismos genéticamente modificados durante el CUSTF, la restauración o la lotificación.
G010	Reutilizar áreas agropecuarias para evitar su expansión hacia áreas naturales.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no consiste en la reconversión o reutilización de superficies agropecuarias ni contempla actividades agrícolas o pecuarias.
G012	Ubicar o reubicar parques industriales en sitios perturbados o con escaso valor ambiental.	**Sin vinculación material directa.** No se contempla la construcción o reubicación de parques industriales.
G014	Promover la reforestación en las márgenes de los ríos.	**Sin vinculación material directa.** Los polígonos del CUSTF no se encuentran sobre la margen de un río. Las acciones de reforestación del proyecto se

Clave	Acción general	Vinculación con el proyecto
		aplicarán en la superficie de compensación que se determine.
G015	Evitar asentamientos industriales o humanos en las márgenes o zonas inmediatas a cauces naturales.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no ocupa la margen inmediata de un cauce natural. La compatibilidad territorial del uso habitacional se revisará conforme a los instrumentos urbanos aplicables.
G016	Reforestar las laderas de las montañas con vegetación nativa.	**Sin vinculación material directa.** El predio se localiza en una superficie sensiblemente plana y no comprende laderas montañosas.
G017	Desincentivar actividades agrícolas en terrenos con pendientes mayores de 50 %.	**Sin vinculación material directa.** No se realizarán actividades agrícolas y el predio no presenta pendientes de esa magnitud.
G018	Recuperar la vegetación de las márgenes de los cauces naturales.	**Sin vinculación material directa.** La superficie del CUSTF no comprende vegetación ribereña ni márgenes de cauces naturales.
G020	Recuperar y mantener la vegetación natural en riberas y zonas inundables asociadas a los ríos.	**Sin vinculación material directa.** No se identificó incidencia del CUSTF sobre riberas fluviales. Las condiciones de drenaje e inundabilidad se atenderán mediante las medidas hidrológicas y de riesgo aplicables.
G021	Promover tecnologías productivas en sustitución de las actividades extractivas.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no corresponde a una actividad productiva extractiva susceptible de reconversión tecnológica.
G022	Promover tecnologías productivas intensivas en sustitución de las extensivas.	**Sin vinculación material directa.** No se desarrollarán actividades agropecuarias o productivas extensivas.
G023	Implementar campañas de control de especies que puedan convertirse en plagas.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no constituye un programa regional de control de plagas. Si durante su ejecución se detectara algún problema fitosanitario, deberá notificarse y atenderse conforme a la legislación aplicable.
G026	Identificar áreas importantes para mantener la conectividad en gradientes altitudinales y promover su conservación.	**Sin vinculación material directa.** El predio se localiza en una planicie costera y no forma parte de un gradiente altitudinal significativo.
G032	Promover la generación y utilización de energía a partir de hidrógeno.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no contempla instalaciones para producir, almacenar o utilizar hidrógeno como fuente energética.
G033	Promover la investigación y desarrollo de tecnologías limpias.	**Sin vinculación material directa.** Corresponde a una acción de investigación y política tecnológica, no a una actividad propia del CUSTF.
G035	Incrementar la eficiencia energética de instalaciones	**Sin vinculación material directa.** El predio no contiene instalaciones domésticas existentes

Clave	Acción general	Vinculación con el proyecto
	domésticas existentes.	sujetas a rehabilitación; las futuras edificaciones se relacionan con la acción G034.
G036	Incrementar la eficiencia energética de instalaciones industriales existentes.	**Sin vinculación material directa.** No existen ni se proyectan instalaciones industriales.
G037	Elaborar modelos de zonificación agroecológica para evaluar la sostenibilidad de cultivos.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no contempla agricultura ni evaluación de cultivos.
G039	Promover la formulación e instrumentación de ordenamientos ecológicos locales.	**Sin vinculación material directa.** La elaboración y expedición de estos instrumentos corresponde a las autoridades competentes. El proyecto deberá observar aquellos que se encuentren vigentes.
G040	Incorporar a las industrias al Programa Nacional de Auditoría Ambiental.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no corresponde a una instalación industrial.
G041	Fomentar la elaboración de programas de desarrollo urbano en los principales centros de población.	**Sin vinculación material directa.** La formulación y aprobación de programas urbanos es competencia gubernamental. El desarrollo habitacional deberá sujetarse a los instrumentos vigentes, analizados posteriormente en este capítulo.
G042	Incorporar industrias al RETC y promover sistemas de información sobre sitios contaminados.	**Sin vinculación material directa.** No se realizarán actividades industriales sujetas al Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.
G043	Considerar el Programa en la actualización de la Carta Nacional Pesquera y en la protección de especies marinas.	**Sin vinculación material directa.** Es una acción atribuida a las autoridades pesqueras y ambientales; el proyecto no desarrolla actividades de pesca ni incide en ambientes marinos.
G044	Reforzar las cadenas productivas y de comercialización de especies pesqueras.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no incluye captura, procesamiento o comercialización de recursos pesqueros.
G045	Consolidar el servicio de transporte público en localidades nodales.	**Sin vinculación material directa.** Corresponde a la planeación pública regional del transporte y no forma parte del CUSTF solicitado.
G046	Ampliar o construir infraestructura que reduzca el tránsito de paso y descongestione corredores.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no constituye una obra regional de infraestructura vial o transporte. Las vialidades internas se evaluarán conforme a la autorización urbana aplicable.
G047	Impulsar la diversificación de actividades productivas.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto tiene un destino habitacional definido y no corresponde a un programa de diversificación económica

Clave	Acción general	Vinculación con el proyecto
		regional.
G048	Instrumentar campañas de prevención ante desastres naturales.	**Sin vinculación material directa.** La organización de campañas regionales corresponde a las autoridades de protección civil. El proyecto deberá observar las medidas preventivas y disposiciones de riesgo que le resulten aplicables.
G049	Fortalecer la creación o consolidación de comités de protección civil.	**Sin vinculación material directa.** La creación de dichos comités corresponde a las autoridades y organizaciones competentes, no a las actividades del CUSTF.
G052	Implementar campañas de limpieza en asentamientos urbanos y suburbanos.	**Sin vinculación material directa.** El predio no constituye actualmente un asentamiento habitacional en operación. El manejo de los residuos generados por el proyecto se atenderá conforme a la acción G051.
G054	Promover en el sector industrial la instalación y operación de plantas de tratamiento.	**Sin vinculación material directa.** No se generarán descargas industriales ni se pretende instalar infraestructura industrial.
G056	Promover la construcción y operación adecuada de sitios de disposición final de residuos.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no contempla construir u operar rellenos sanitarios, confinamientos o sitios de disposición final; los residuos se entregarán a sitios o prestadores autorizados.
G057	Promover estudios sobre problemas de salud relacionados con el cambio climático.	**Sin vinculación material directa.** Corresponde a una acción institucional de investigación y salud pública.
G059	Desarrollar infraestructura dentro de ANP conforme a su decreto y programa de manejo.	**Sin vinculación material directa.** El predio y los polígonos del CUSTF no se encuentran dentro de un área natural protegida.
G060	Ubicar la infraestructura costera donde se minimice el impacto sobre la vegetación acuática sumergida.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto es terrestre y no contempla infraestructura costera ni afectación de vegetación acuática.
G061	Construir infraestructura costera con procesos y materiales que reduzcan la contaminación marina.	**Sin vinculación material directa.** No se realizarán obras en la franja litoral o el medio marino.
G062	Mejorar las actividades agropecuarias mediante buenas prácticas de manejo.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no contempla producción agrícola o pecuaria.
G063	Elaborar ordenamientos pesqueros y acuícolas vinculados con los	**Sin vinculación material directa.** No se desarrollarán actividades pesqueras o acuícolas y su instrumentación corresponde principalmente a

Clave	Acción general	Vinculación con el proyecto
	ordenamientos ecológicos.	las autoridades competentes.
G065	Obtener opinión de la dirección correspondiente para obras dentro de áreas naturales protegidas.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no incide territorialmente en un área natural protegida federal, estatal o municipal, por lo que no requiere la opinión prevista por esta acción.

La revisión de estas 44 acciones confirma que, aunque forman parte del conjunto de acciones generales del POEMyRGMyMC, se encuentran dirigidas a sectores, ecosistemas o atribuciones gubernamentales que no coinciden con la naturaleza y localización del proyecto. Su falta de vinculación material se sustenta en la ausencia de actividades industriales, agropecuarias, pesqueras, acuícolas, marítimas o turísticas, así como en la no incidencia del proyecto sobre áreas naturales protegidas, playas, dunas, riberas o infraestructura costera.

Vinculación de las acciones específicas asignadas a la UGA 43.

El POEMyRGMyMC asigna 40 acciones específicas a la UGA 43. De este conjunto se identificaron 17 acciones que guardan relación material, directa o condicionada, con la ejecución del CUSTF o con la posterior lotificación habitacional. Las 23 acciones restantes serán analizadas en la tabla subsecuente, aun cuando sus supuestos no coincidan con las características del proyecto (SEMARNAT, 2012).

Cuadro 2.16 Acciones específicas de la UGA 43 con vinculación material con el proyecto.

Clave	Acción específica	Vinculación con el proyecto
A004	Promover acciones para mantener el flujo hidrológico en cuencas y microcuencas, evitando azolves e inundaciones en las partes bajas.	La delimitación del CUSTF, el manejo del suelo, el control de sedimentos y la prohibición de depositar residuos en escurrimientos contribuirán a mantener el flujo superficial. Las futuras vialidades y obras pluviales deberán diseñarse sin obstruir la dinámica hidrológica del predio.
A005	Fomentar la reducción de pérdidas de agua durante sus procesos de distribución.	Durante el CUSTF se evitará el desperdicio del agua utilizada para las necesidades del personal o el control de polvo. En la etapa habitacional deberán emplearse redes en condiciones adecuadas y dispositivos de bajo consumo.
A006	Implementar programas para la captación de agua de lluvia y utilización de aguas grises.	Su aplicación corresponde principalmente al diseño posterior del fraccionamiento. Podrán incorporarse sistemas de captación pluvial y, cuando sea técnica y normativamente procedente, mecanismos para el tratamiento y

Clave	Acción específica	Vinculación con el proyecto
		reúso de aguas grises.
A017	Establecer e impulsar programas de restauración, reforestación y recuperación de zonas degradadas.	El proyecto considera acciones de reforestación y restauración con especies nativas, vinculadas con la recuperación gradual de la cobertura vegetal, protección del suelo, infiltración y captura de carbono.
A018	Promover la protección y recuperación de especies incluidas en algún régimen de protección, particularmente en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	Antes del desmonte se ejecutarán actividades de rescate y reubicación de flora, así como ahuyentamiento, rescate y liberación de fauna. Se dará atención prioritaria a los ejemplares de especies que se encuentren en alguna categoría de riesgo.
A019	Formular y aprobar los programas de remediación conforme a la legislación en materia de residuos.	Su aplicación es condicionada. No se prevé la existencia de un sitio contaminado; sin embargo, cualquier derrame deberá contenerse y atenderse inmediatamente. Si se configurara contaminación del suelo, se procederá conforme a la legislación y a las indicaciones de la autoridad.
A021	Fortalecer los mecanismos de control de emisiones y descargas para mejorar la calidad del aire, agua y suelo, particularmente en zonas urbanas e industriales.	Se controlará el polvo y las emisiones de maquinaria, se prohibirá la quema de residuos y no se permitirán descargas de aguas residuales al suelo o a escurrimientos. La futura urbanización deberá contar con infraestructura de saneamiento.
A023	Aplicar medidas preventivas y correctivas frente a la contaminación del suelo y, cuando corresponda, acciones de emergencia y remediación.	Se evitará el almacenamiento inadecuado de combustibles y lubricantes. La maquinaria deberá revisarse previamente y disponerse de materiales absorbentes para atender fugas o derrames accidentales.
A024	Fomentar tecnologías para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y partículas producidas por industrias y automotores.	Su vinculación se relaciona con los vehículos y maquinaria utilizados en el CUSTF. Estos deberán mantenerse en condiciones adecuadas de operación y permanecer encendidos únicamente durante el tiempo necesario.
A037	Promover la generación energética mediante energía solar.	Su aplicación es condicionada a las etapas posteriores. El diseño del fraccionamiento podrá incorporar luminarias solares, sistemas fotovoltaicos u otras tecnologías que resulten técnica y económicamente viables.
A050	Promover programas de desarrollo urbano y de conurbación para dotar de infraestructura y servicios a las comunidades.	El proyecto se localiza en la zona conurbada Veracruz–Boca del Río–Medellín–Alvarado. Por ello, la lotificación deberá sujetarse a los instrumentos de planeación urbana y de

Clave	Acción específica	Vinculación con el proyecto
		conurbación vigentes, así como a la disponibilidad y factibilidad de los servicios requeridos.
A052	Promover el uso sostenible de la tierra y prácticas de manejo que favorezcan la captura de carbono.	La remoción de vegetación se restringirá a la superficie autorizada. Las medidas de conservación del suelo, reforestación y restauración contribuirán a recuperar gradualmente la biomasa y el carbono afectados por el CUSTF.
A057	Evitar el establecimiento de zonas urbanas en áreas con riesgo industrial o natural, inundables, susceptibles de derrumbe, de restauración ecológica, humedales, dunas costeras o manglares.	La autorización forestal no determina por sí misma la aptitud urbana del terreno. Antes de desarrollar la lotificación deberá acreditarse la compatibilidad con los instrumentos urbanos, los atlas de riesgo y las disposiciones de protección civil, además de respetar cualquier restricción ambiental identificada.
A062	Fortalecer las capacidades e infraestructura para el manejo y disposición final de residuos peligrosos y de manejo especial.	El proyecto no construirá infraestructura regional para residuos; sin embargo, los residuos peligrosos o de manejo especial que lleguen a generarse deberán separarse, almacenarse temporalmente y entregarse a prestadores o sitios autorizados.
A064	Completar la conexión de las viviendas a los sistemas municipales de recolección y tratamiento de aguas residuales.	La futura lotificación deberá acreditar la factibilidad de conexión a la red de alcantarillado y al sistema de tratamiento correspondiente. Si el servicio no estuviera disponible, deberá proponerse una alternativa autorizada que cumpla la normativa aplicable.
A068	Promover el manejo integral de residuos sólidos, peligrosos y de manejo especial para evitar impactos sobre el mar y la zona costera.	Durante el CUSTF se aplicará separación, almacenamiento y disposición controlada de residuos. No se permitirá su abandono o quema, evitando que sean arrastrados por escurrimientos hacia cuerpos de agua o ecosistemas costeros.
A069	Promover el tratamiento o disposición final de residuos sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial para evitar su disposición en el mar.	Los residuos serán entregados a servicios municipales, prestadores o sitios autorizados según su clasificación. Ningún residuo será dispuesto en cauces, cuerpos de agua, zonas inundables o áreas costeras.

Las acciones anteriores son compatibles con las medidas previstas para el proyecto, siempre que el CUSTF se limite estrictamente a la superficie autorizada y se ejecuten los programas de rescate, manejo de residuos, protección del suelo y restauración establecidos en el ETJ.

Cuadro 2.17 Acciones específicas asignadas a la UGA 43 sin vinculación material directa con el proyecto.

Clave	Acción específica	Vinculación con el proyecto
A007	Promover la constitución de áreas destinadas voluntariamente a la conservación o áreas naturales protegidas en zonas aptas para conservar o restaurar ecosistemas.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no contempla solicitar el establecimiento de un área destinada voluntariamente a la conservación ni la declaratoria de un área natural protegida. Las acciones de restauración previstas no equivalen a alguna de estas categorías jurídicas.
A011	Impulsar programas de restauración y recuperación de la cobertura vegetal original para revertir el avance de la frontera agropecuaria.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no deriva de la expansión de actividades agrícolas o pecuarias. Las medidas de restauración aplicables al CUSTF se relacionan de manera más precisa con la acción A017.
A014	Instrumentar campañas de restauración, reforestación y recuperación de manglares y otros humedales.	**Sin vinculación material directa.** Dentro de la superficie solicitada para CUSTF no se identificó vegetación de manglar ni un ecosistema clasificado como humedal. El proyecto tampoco contempla intervenir manglares o cuerpos de agua costeros.
A016	Establecer corredores biológicos para conectar áreas naturales protegidas o áreas en buen estado de conservación.	**Sin vinculación material directa.** El predio no forma parte de un corredor biológico decretado ni el proyecto tiene por objeto conectar áreas naturales protegidas. No obstante, deberá conservarse la vegetación localizada fuera de la superficie autorizada.
A022	Fomentar programas de remediación y monitoreo de zonas y aguas costeras afectadas por hidrocarburos.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no corresponde a una actividad petrolera y no se identificaron aguas costeras afectadas por hidrocarburos dentro del predio.
A025	Promover la participación industrial en la gestión adecuada de residuos peligrosos.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no contempla actividades industriales. Los residuos peligrosos que eventualmente genere la maquinaria serán atendidos conforme a las acciones G058 y A062.
A026	Promover tecnologías limpias y ambientalmente amigables en las industrias del área sujeta a ordenamiento.	**Sin vinculación material directa.** No se instalarán ni operarán establecimientos industriales.
A033	Fomentar la energía eólica evitando afectaciones a corredores de especies migratorias.	**Sin vinculación material directa.** No se contempla instalar aerogeneradores, parques eólicos u otra infraestructura para el aprovechamiento de la energía del viento.

A038	Utilizar residuos agrícolas para generar energía y reducir riesgos de incendios en regiones secas.	**Sin vinculación material directa.** No se desarrollarán actividades agrícolas ni se generarán residuos agrícolas susceptibles de aprovechamiento energético. Los residuos vegetales del desmonte recibirán el manejo previsto en el ETJ.
A051	Promover la construcción de caminos rurales entre localidades estratégicas.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no comprende la construcción de caminos rurales de comunicación regional. Las futuras vialidades internas formarán parte del procedimiento urbanístico correspondiente.
A053	Desincentivar y evitar actividades productivas extensivas.	**Sin vinculación material directa.** La lotificación habitacional no constituye una actividad agrícola, pecuaria, forestal productiva o extractiva de carácter extensivo.
A054	Sustituir tecnologías extensivas por intensivas en actividades acordes con la aptitud territorial.	**Sin vinculación material directa.** No se realizarán actividades productivas extensivas susceptibles de reconversión tecnológica.
A055	Coordinar programas gubernamentales de apoyo a la producción agropecuaria.	**Sin vinculación material directa.** Corresponde a una acción de coordinación entre autoridades y sectores agropecuarios, ajena al objeto del proyecto.
A058	Realizar campañas para reubicar a personas fuera de zonas de riesgo.	**Sin vinculación material directa.** El predio no constituye un asentamiento habitado sujeto a un programa de reubicación. La aptitud del futuro uso habitacional deberá acreditarse previamente conforme a la acción A057.
A059	Identificar y dotar de equipamiento básico a localidades estratégicas para la conservación o el desarrollo sustentable.	**Sin vinculación material directa.** Se trata de una acción de planeación y dotación de infraestructura pública. El proyecto corresponde a una lotificación de carácter privado.
A060	Establecer y mejorar sistemas de alerta temprana frente a fenómenos hidrometeorológicos extremos.	**Sin vinculación material directa.** La operación de sistemas regionales de alerta corresponde a las autoridades de protección civil. El futuro desarrollo deberá atender los avisos, protocolos y medidas preventivas emitidos por dichas autoridades.
A061	Mejorar viviendas e infraestructura social y comunitaria en localidades con mayor marginación.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no constituye un programa gubernamental de mejoramiento de vivienda o infraestructura social dirigido a localidades marginadas.
A063	Instalar nuevas plantas municipales de tratamiento de aguas residuales y optimizar las existentes.	**Sin vinculación material directa.** El promovente no es un organismo operador municipal ni pretende construir una planta

		pública de tratamiento. La lotificación deberá acreditar la conexión o solución de saneamiento correspondiente, conforme a la acción A064.
A065	Recuperar y mejorar suelos mediante lodos inactivados procedentes de plantas de tratamiento municipales.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no contempla el aprovechamiento o aplicación de lodos de plantas de tratamiento en las actividades de restauración.
A071	Coordinar a los sectores turismo y conservación para reducir afectaciones en zonas turísticas e impulsar el turismo de naturaleza.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto tiene un destino habitacional y no contempla actividades turísticas, ecoturísticas o recreativas.
A072	Promover la operación sustentable de desarrollos turísticos mediante certificaciones ambientales.	**Sin vinculación material directa.** La lotificación no corresponde a un hotel, complejo turístico o infraestructura de servicios turísticos.
A075	Minimizar las afectaciones ambientales derivadas de la construcción, modernización o ampliación de infraestructura carretera.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no comprende carreteras de jurisdicción federal, estatal o municipal. Las vialidades internas deberán atender las medidas hidrológicas y ambientales correspondientes, pero no constituyen infraestructura carretera regional.
A076	Minimizar las afectaciones ambientales derivadas de la construcción, modernización o ampliación de infraestructura ferroviaria.	**Sin vinculación material directa.** El proyecto no contempla vías férreas, terminales ferroviarias ni modificaciones a infraestructura de este tipo.

Las acciones sin vinculación material directa se relacionan principalmente con actividades agropecuarias, industriales, turísticas, ferroviarias, de infraestructura pública, protección de manglares o atención de asentamientos humanos preexistentes, supuestos que no corresponden con la naturaleza y alcance del proyecto.

El análisis realizado no identifica alguna acción general o específica de la UGA 43 que establezca una prohibición expresa para la ejecución del CUSTF solicitado. Por el contrario, las acciones materialmente relacionadas permiten establecer condiciones para que la remoción de vegetación se realice de **manera delimitada, controlada y acompañada de medidas** de rescate, protección del suelo, manejo de residuos y restauración.

Respecto del uso posterior, la localización del predio dentro de una UGA regional no constituye por sí misma una autorización para desarrollar la lotificación habitacional.

Su procedencia deberá acreditarse mediante la compatibilidad con los instrumentos de ordenamiento urbano, la evaluación de riesgos, la factibilidad de servicios y la obtención de las autorizaciones municipales, estatales o federales correspondientes. Particularmente, deberán observarse las acciones A050, A057 y A064, relacionadas con la planeación urbana, la prevención de asentamientos en zonas de riesgo y el manejo de las aguas residuales.

Bajo este panorama, el proyecto resulta congruente con los objetivos ambientales del POEMyRGMyMC, condicionado a que el CUSTF se limite a las 0.8559 ha solicitadas, se cumplan las medidas y programas previstos en el ETJ y las obras posteriores se sujeten a los instrumentos territoriales y autorizaciones que resulten aplicables (SEMARNAT, 2012).

III.3.3. PROGRAMA PARCIAL DE DESARROLLO URBANO DE LA RESERVA TERRITORIAL DE LA ZONA CONURBADA VERACRUZ–BOCA DEL RÍO–MEDELLÍN–ALVARADO, VER.

El instrumento fue publicado en la Gaceta Oficial del Estado número extraordinario 269, de fecha 18 de agosto de 2008, y continúa disponible como programa oficial en el portal de la Secretaría de Desarrollo Social de Veracruz.

El Programa Parcial de Desarrollo Urbano establece la zonificación, los usos, destinos y reservas aplicables dentro de su ámbito territorial. Su vinculación detallada con el proyecto fue desarrollada en el Capítulo XIV del ETJ; por ello, en este apartado únicamente se precisan los requisitos que derivan de su aplicación durante la posterior gestión urbanística.

De acuerdo con la ubicación cartográfica del predio dentro del instrumento, la superficie del proyecto se encuentra clasificada como **Habitacional a Plazo Corto**, por lo que el establecimiento del fraccionamiento habitacional resulta congruente con el uso urbano previsto. La colindancia con zonas identificadas con otras políticas territoriales no modifica la clasificación correspondiente al predio ni implica que las obras propuestas se extiendan fuera de sus límites.

Cuadro 2.18 Vinculación con el Programa Parcial de Desarrollo Urbano de la Reserva Territorial de la Zona Conurbada.

Disposición o determinación	Texto o contenido aplicable	Vinculación con el proyecto
Acuerdo de publicación, punto primero	Se ordena la publicación del Programa con sus "objetivos, alcances, estrategias y declaratorias de usos y	El proyecto reconoce el carácter obligatorio de la zonificación establecida por el instrumento y sujetará su diseño urbano definitivo a

	reservas permitidos para el aprovechamiento del suelo".	los usos, densidades, restricciones y demás parámetros que determine la autoridad competente.
Acuerdo de publicación, punto segundo	"El ordenamiento territorial [...] se realizará conforme a lo dispuesto por el instrumento antes mencionado".	La autorización de la división del predio, la lotificación, las vialidades y las obras de urbanización deberá ser congruente con el Programa Parcial y con la zonificación aplicable al sitio.
Carta de usos, destinos y reservas	Clasificación: **Habitacional a Plazo Corto**.	El destino habitacional propuesto es compatible con la política urbana asignada al predio. La autorización definitiva del fraccionamiento precisará las características, densidad, lotificación, vialidades, áreas verdes y equipamiento correspondientes.
Control del aprovechamiento urbano	Las acciones de urbanización deben sujetarse a las autorizaciones de las autoridades estatales y municipales competentes.	Antes de ejecutar las obras de urbanización se obtendrán las licencias y autorizaciones urbanísticas aplicables ante el Ayuntamiento de Medellín de Bravo. Estas gestiones corresponden a la etapa de desarrollo urbano y son independientes de la autorización federal del CUSTF y de la MIA federal.

La superficie total del proyecto, de **7.0360 hectáreas**, se encuentra sujeta a las disposiciones urbanísticas del Programa Parcial. Por su parte, la autorización solicitada mediante el presente ETJ comprende exclusivamente las **0.8559 hectáreas** de terreno forestal donde se requiere la remoción de vegetación para hacer posible el uso posterior autorizado.

Por consiguiente, el Programa Parcial sustenta la compatibilidad territorial del destino habitacional propuesto, mientras que el ETJ acredita la viabilidad técnica y ambiental del cambio de uso de suelo en terrenos forestales. La ejecución de las obras se realizará respetando los límites del proyecto y las condiciones que establezcan las autoridades competentes.

III.3.4. ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO URBANO DE LA ZONA CONURBADA VERACRUZ–BOCA DEL RÍO–MEDELLÍN–ALVARADO, VER.

La *Actualización del Programa de Ordenamiento Urbano de la Zona Conurbada Veracruz–Boca del Río–Medellín–Alvarado*, Ver., fue publicada en la Gaceta Oficial del Estado de Veracruz el 18 de agosto de 2008. Este instrumento delimitó su ámbito de aplicación y estableció los usos, destinos y reservas del suelo correspondientes a los

municipios integrantes de la zona conurbada. Para efectos del presente ETJ, su cartografía permite identificar con detalle la clasificación urbana aplicable a la superficie solicitada para CUSTF y a las áreas colindantes con el proyecto (Gobierno del Estado de Veracruz, 2008).

Para determinar la relación espacial del proyecto se efectuó la superposición de los polígonos sujetos a CUSTF sobre la carta de usos, destinos y reservas correspondiente a la **Sección 6** del programa. La interpretación se realizó utilizando las denominaciones y tramas consignadas en su simbología oficial, evitando trasladar al sitio categorías identificadas únicamente en áreas próximas.

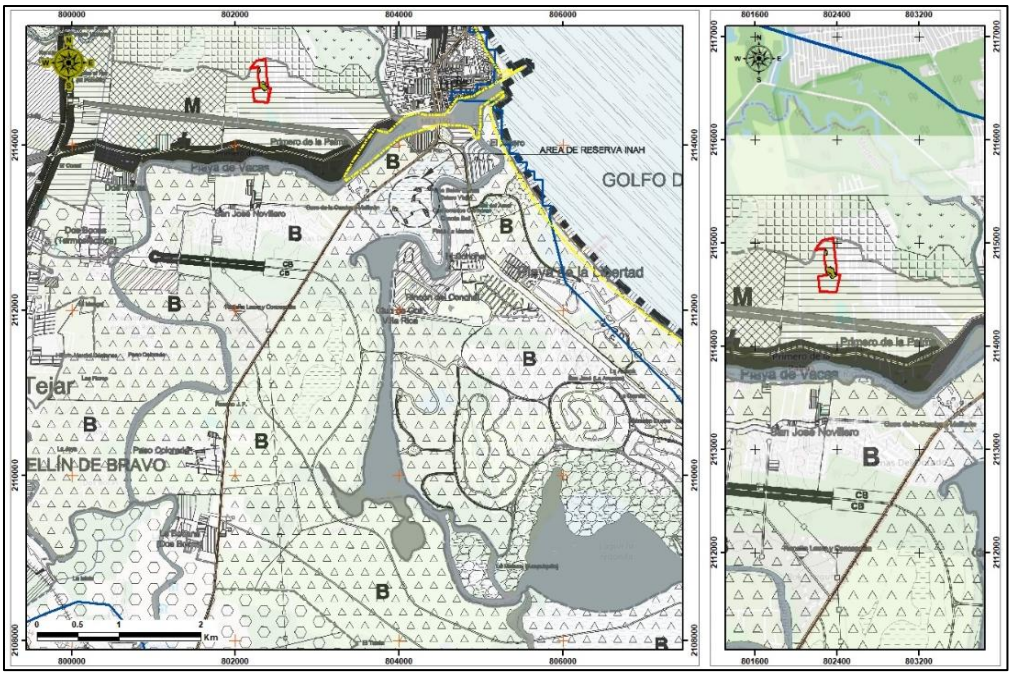


Imagen 2.3 Ubicación de la superficie de proyecto y sujeta a CUSTF respecto de la Actualización del Programa de Ordenamiento Urbano de la Zona Conurbada Veracruz–Boca del Río–Medellín–Alvarado, Ver.

De acuerdo con el análisis cartográfico, la totalidad de la superficie solicitada para CUSTF, equivalente a **0.8559 ha**, se localiza dentro de la categoría **Habitacional Plazo Corto**, perteneciente al grupo de reservas habitacionales. Asimismo, la superficie colinda con las categorías **Habitacional Plazo Mediano** y **Reserva Preservación Ecológica**, sin que los polígonos sujetos a cambio de uso del suelo incidan superficialmente sobre ellas. (Gobierno del Estado de Veracruz, 2008).

Debe precisarse que las letras B, M, A, UPF, MF I y MF II contenidas en la cartografía representan rangos de densidad habitacional y no categorías de uso del suelo. En particular, la letra **M** corresponde a densidad media. Debido a que la cartografía

revisada no permite atribuir inequívocamente una clave de densidad a la superficie CUSTF, la presente vinculación se sustenta en la categoría territorial identificada mediante su trama oficial.

La relación entre las categorías cartográficas identificadas y la superficie solicitada para CUSTF se resume en la tabla siguiente.

Cuadro 2.19 Vinculación de la superficie de proyecto con las categorías cartográficas del Programa de Ordenamiento Urbano de la Zona Conurbada Veracruz–Boca del Río–Medellín–Alvarado.

Categoría oficial	Relación espacial con el CUSTF	Vinculación con el proyecto
Habitacional Plazo Corto	Incidencia directa sobre la totalidad del CUSTF y de proyecto	Vinculación directa. La superficie solicitada para CUSTF se encuentra íntegramente dentro de esta categoría. El uso habitacional previsto para el proyecto es congruente con la vocación territorial establecida por el programa.
Habitacional Plazo Mediano	Colindancia, sin superposición	No presenta vinculación superficial directa. Su proximidad se reconoce como condición cartográfica del entorno, sin que las obras asociadas al CUSTF se extiendan sobre esta categoría.
Reserva Preservación Ecológica	Colindancia, sin superposición	No presenta vinculación superficial directa. La superficie CUSTF permanece fuera de esta reserva y no contempla intervención dentro de sus límites.

La categoría **Habitacional Plazo Corto** reconoce una orientación territorial destinada al crecimiento habitacional dentro del horizonte previsto por el propio instrumento. En este sentido, la lotificación proyectada mantiene correspondencia con la vocación general asignada al área, por lo que no se identifica incompatibilidad entre el uso habitacional propuesto y la clasificación cartográfica aplicable a la superficie de proyecto y de CUSTF.

Respecto de las categorías colindantes, tanto **Habitacional Plazo Mediano** como **Reserva Preservación Ecológica** permanecen fuera de los polígonos solicitados para el cambio de uso del suelo. Su incorporación en el análisis tiene por objeto demostrar que fueron identificadas y revisadas, aun cuando no exista incidencia superficial directa con el proyecto.

En ese sentido, para efectos de la presente vinculación, las **0.8559 ha sujetas a CUSTF se relacionan exclusivamente con la categoría Habitacional Plazo Corto**. El uso posterior previsto resulta congruente con su orientación habitacional, mientras que las áreas correspondientes a Habitacional Plazo Mediano y Reserva Preservación Ecológica se mantienen fuera de la superficie solicitada.

III.3.5. PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE MEDELLÍN DE BRAVO, VERACRUZ

El Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Medellín de Bravo, Veracruz, fue publicado en la Gaceta Oficial del Estado de Veracruz, número extraordinario 490, Tomo I, de fecha 6 de diciembre de 2024. Este instrumento establece la estrategia territorial, zonificación, usos, destinos, densidades, reservas territoriales y criterios de ocupación aplicables dentro del municipio.

Disposiciones aplicables
El Programa reproduce como fundamento el artículo 41 del Reglamento de la Ley Número 241 de Desarrollo Urbano, Ordenamiento Territorial y Vivienda para el Estado de Veracruz, cuyo texto aplicable señala:

*"Artículo 41. **Reservas Ecológicas**, aquellas áreas previstas para el desarrollo de actividades productivas del sector primario, o las que no sean aptas para el crecimiento urbano, ya sea porque no correspondan a la tendencia de expansión prevista, o constituyan zonas de riesgo para la población. Se incluyen también aquéllas cuyas características originales no han sido significativamente alteradas por la actividad del ser humano y requieren de su protección o restricción para su aprovechamiento, permitiendo en este último caso la intervención humana en forma condicionada, o en las que los ambientes requieran ser restaurados por su estado de deterioro". [...]*

***II. Productivas**: Se permitirá en las mismas la continuidad de las actividades económicas primarias que en ellas se desarrollen y la ocupación Habitacional Unifamiliar."*

Por su parte, el artículo 195 del mismo Reglamento dispone textualmente:

"Artículo 195. Los Fraccionamientos Campestres Agropecuarios se podrán ubicar en zonas de reserva ecológica productiva, cumpliendo con las siguientes características:

I. Densidad. La densidad máxima será de 4 viviendas por hectárea.
II. Lotificación. Los lotes serán exclusivamente unifamiliares con superficie mínima de 2,500 metros cuadrados, recomendándose frentes de 50.00 metros lineales;
III. Coeficientes de ocupación y utilización de suelo. El coeficiente de ocupación del suelo no será mayor a 0.5 equivalente a 50% de superficie de desplante con respecto a la superficie total del lote. El coeficiente de utilización del suelo no será

mayor a 1.0 lo que equivale una altura máxima de dos niveles; IV. Usos y destinos.

a) Se prohíbe cualquier uso distinto al habitacional, y b) No se permitirá la subdivisión posterior de lotes."

En apego con estas disposiciones, el apartado **4.2.5.1** del Programa Municipal establece respecto de las reservas ecológicas productivas:

"[…] en este tipo de reserva no se permitirá el cambio de uso de suelo a habitacional, mientras exista suelo vacante en las zonas de reserva habitacional en el municipio […]".

No obstante, el propio Programa contempla expresamente el procedimiento aplicable a otras modalidades de fraccionamiento o urbanización, al señalar:

"[…] para otro tipo de fraccionamiento o forma de urbanización se autorizará siempre y cuando se cumpla con la factibilidad para ello y ya se hayan ocupado por completo las reservas habitacionales establecidas en este programa municipal de desarrollo urbano."

En ese sentido, la zonificación como Reserva Ecológica Productiva no representa por sí misma una prohibición absoluta e invariable, sino un régimen de ocupación condicionada en el cual el Ayuntamiento deberá valorar la factibilidad urbanística, la continuidad con el área urbana y la disponibilidad de las reservas habitacionales previstas en el propio Programa.

Cuadro 2.20 Incidencia territorial del proyecto.

Zonificación o componente	Incidencia identificada	Vinculación con el proyecto
Reserva Ecológica Productiva (REP)	Comprende la parte predominante del polígono general.	Su aprovechamiento habitacional se encuentra sujeto a los criterios de densidad y al procedimiento de factibilidad previsto por el Programa. Para modalidades diferentes al fraccionamiento campestre agropecuario, el propio instrumento contempla una vía de autorización condicionada.
Equipamiento Propuesto (EP)	Incidencia parcial en el sector norte–norponiente del polígono.	Esta superficie puede integrarse funcionalmente a la estructura de equipamiento, áreas de servicio, cesión, espacios abiertos o elementos complementarios de la urbanización, de

Zonificación o componente	Incidencia identificada	Vinculación con el proyecto
		acuerdo con el proyecto urbano que sea evaluado por la autoridad municipal.
Barrio 3, con densidad habitacional media (HDM)	Incidencia parcial en el sector oriental y nororiental del predio.	Corresponde al entorno urbano existente. El Programa establece para la densidad media un rango de 21 a 30 viviendas por hectárea y uso habitacional unifamiliar, lo que acredita la colindancia e integración territorial del predio con áreas habitacionales reconocidas.
Reserva Ecológica Restrictiva (RER)	No se identificó superposición directa.	El proyecto no se localiza dentro de la reserva restrictiva asociada al Área Natural Protegida Arroyo Moreno ni dentro de la franja restrictiva señalada alrededor de ésta.
Reserva Territorial Habitacional(RTH)	No existe superposición directa con la reserva habitacional de mediano plazo representada al sur del predio.	Su proximidad confirma que el sector forma parte de una zona de transición y consolidación urbana, aunque la reserva no debe atribuirse directamente al polígono del proyecto.

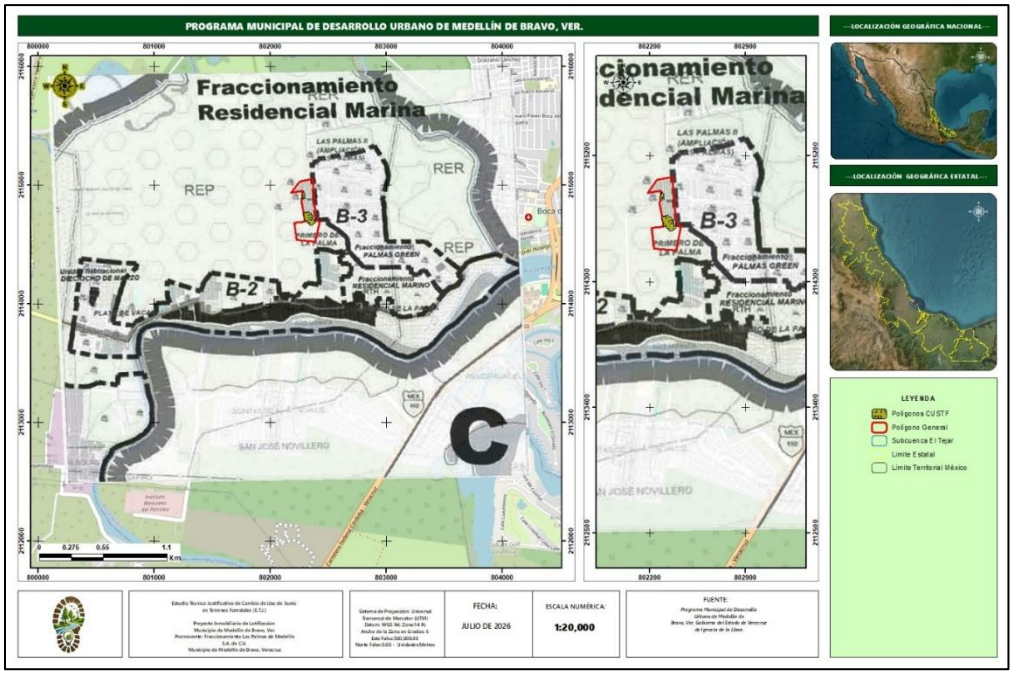


Imagen 2.4 Ubicación del proyecto dentro de la zonificación "C" del Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Medellín de Bravo, Ver.

La ubicación del predio no corresponde a la apertura de un asentamiento aislado en una zona rural desvinculada de la ciudad. El polígono mantiene **continuidad física**

con el **Barrio 3 (B-3)** y con los desarrollos habitacionales **Las Palmas y Palmas Green**, además de encontrarse próximo a vialidades y áreas urbanizadas existentes.

Esta condición resulta congruente con la estrategia territorial del propio Programa, que reconoce en la zona norte una reserva habitacional ubicada:
"[…] en el espacio entre Playa de Vacas y el fraccionamiento Palmas Green, para consolidar el continuo urbano".

Aunque dicha reserva habitacional no se superpone directamente con el polígono analizado, demuestra que la estrategia municipal identifica el sector como parte del **proceso** de **consolidación** del **continuo urbano**. La relación inmediata del predio con el Barrio 3 y con los fraccionamientos existentes constituye, por tanto, un elemento objetivo que puede ser considerado por la autoridad municipal al evaluar la factibilidad y compatibilidad urbanística del proyecto.

La zonificación mixta permite plantear una integración diferenciada del predio: la superficie relacionada con el Barrio 3 (B-3) aporta continuidad con el uso habitacional existente; el componente de Equipamiento Propuesto puede incorporarse a la estructura de servicios y espacios complementarios del desarrollo; y la porción identificada como Reserva Ecológica Productiva deberá atender las condiciones y el procedimiento de factibilidad establecidos por el Programa, favoreciendo una transición ordenada entre el espacio urbanizado y las superficies de función ambiental y productiva.

Debe considerarse además que la superficie solicitada para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales es de 0.8559 ha, equivalente aproximadamente al 12.16 % del polígono general. Por consiguiente, la autorización forestal solicitada no supone por sí misma la transformación forestal de la totalidad de las 7.0360 ha, sino que se limita a la superficie técnicamente delimitada y evaluada en el ETJ.

De la lectura conjunta de la Carta Síntesis y de las disposiciones normativas se concluye que el **Programa Municipal** no excluye de manera absoluta el desarrollo del predio. Su incorporación urbana es susceptible de sustentarse mediante la factibilidad prevista por el propio instrumento, particularmente por su continuidad con el Barrio 3, su colindancia con desarrollos habitacionales existentes, su localización fuera de la Reserva Ecológica Restrictiva y su inserción dentro de un sector reconocido por el Programa como parte del proceso de consolidación del continuo urbano.

El proyecto deberá conservar claramente diferenciados los alcances de la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales y los correspondientes

a la instrumentación urbanística municipal. En ese sentido, el presente ETJ acredita que el promovente identificó y consideró la zonificación vigente, sin atribuir a la autorización forestal efectos que correspondan a la autoridad municipal en materia de desarrollo urbano.

II.4. NORMAS OFICIALES MEXICANAS APLICABLES

Las Normas Oficiales Mexicanas constituyen disposiciones técnicas de observancia obligatoria que establecen especificaciones, procedimientos y límites para prevenir o controlar posibles afectaciones ambientales. Para el proyecto se revisaron aquellas relacionadas con la protección de flora y fauna silvestres, utilización del fuego, manejo de residuos, contaminación del suelo, descargas de aguas residuales, emisiones atmosféricas y ruido.

Su aplicación dependerá de las actividades efectivamente realizadas durante el cambio de uso del suelo y la preparación del terreno. Por esta razón, se distinguen las normas con vinculación directa de aquellas cuya aplicación se encuentra condicionada a la generación de residuos, descargas, emisiones, ruido o contingencias ambientales.

Cuadro 2.21 Vinculación del proyecto con las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.

Materia regulada	Grado de vinculación	Vinculación con el proyecto
NOM-059-SEMARNAT-2010, modificación de 2019 y fe de erratas de 2020		
Protección ambiental de especies nativas de México de flora y fauna silvestres; categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio.	Aplicación directa en la identificación y protección de especies en riesgo.	Los resultados de los muestreos de flora y fauna fueron contrastados con el listado vigente. Durante la ejecución del CUSTF se aplicarán las acciones de inspección previa, rescate, reubicación y protección de los ejemplares que correspondan, con especial atención a cualquier especie incluida en alguna categoría de riesgo. Se prohíbe la colecta, captura, daño o aprovechamiento no autorizado de flora y fauna silvestres.
NOM-015-SEMARNAT/AGRICULTURA-2023		
Especificaciones técnicas para los métodos de uso del fuego en terrenos forestales, temporalmente forestales, preferentemente forestales, agropecuarios y colindantes.	Aplicación condicionada al empleo del fuego.	El proyecto no contempla el uso del fuego como método de desmonte ni la quema de residuos vegetales. El material resultante será manejado mediante procedimientos mecánicos, aprovechamiento, trituración, disposición controlada o utilización

Materia regulada	Grado de vinculación	Vinculación con el proyecto
		como material de protección del suelo, según corresponda. Al no emplearse fuego, se evita la generación del supuesto operativo regulado por la norma.
NOM-060-SEMARNAT-1994		
Especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal.	Referencia técnica complementaria.	Aunque el proyecto corresponde a un CUSTF y no a un aprovechamiento forestal maderable autorizado mediante programa de manejo, sus criterios preventivos son compatibles con las medidas propuestas. Se delimitará la superficie de trabajo, se evitará depositar residuos en escurrimientos, se conservará el drenaje natural y se aplicarán medidas para controlar la erosión y el arrastre de sedimentos.
NOM-061-SEMARNAT-1994		
Especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en la flora y fauna silvestres por el aprovechamiento forestal.	Referencia técnica complementaria.	Sus criterios se retoman mediante la inspección previa de la vegetación, el rescate y reubicación de flora y fauna, el desmonte gradual y direccional, la conservación de rutas de escape y la prohibición de captura o aprovechamiento de ejemplares silvestres.
NOM-062-SEMARNAT-1994		
Especificaciones para mitigar los efectos adversos sobre la biodiversidad ocasionados por el cambio de uso del suelo de terrenos forestales a agropecuarios.	Sin aplicación directa por su objeto específico.	El uso posterior previsto es habitacional y no agropecuario, por lo que el supuesto material de la norma no se actualiza. No obstante, las medidas del proyecto relacionadas con la delimitación del desmonte, protección de fauna, rescate de flora y control de erosión atienden preventivamente los principales factores de afectación a la biodiversidad.
NOM-052-SEMARNAT-2005		
Características, procedimiento de identificación, clasificación y listados de residuos peligrosos.	Aplicación condicionada a la generación de residuos con características de peligrosidad.	En caso de generarse aceites usados, filtros, estopas, absorbentes, envases o suelos contaminados con hidrocarburos, éstos serán identificados y manejados de acuerdo con sus características. Se mantendrán separados de los residuos urbanos y

Materia regulada	Grado de vinculación	Vinculación con el proyecto
		de manejo especial, en recipientes compatibles y debidamente identificados, para su entrega a un prestador autorizado.
NOM-054-SEMARNAT-1993		
Procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados peligrosos.	Aplicación condicionada.	En caso de generarse más de un tipo de residuo peligroso, no se mezclarán residuos incompatibles. Su almacenamiento temporal se realizará en recipientes independientes, cerrados e identificados, evitando reacciones, derrames o liberaciones al ambiente.
NOM-161-SEMARNAT-2011 y modificación de 2014		
Criterios para clasificar residuos de manejo especial y determinar cuáles se encuentran sujetos a plan de manejo.	Aplicable de acuerdo con el tipo y volumen de residuos generados.	Los residuos vegetales, materiales producto de la preparación del sitio, empaques y demás residuos de manejo especial serán separados y canalizados hacia sitios autorizados o alternativas de aprovechamiento. Cuando por sus características o volumen queden sujetos a un plan de manejo, se atenderán las disposiciones correspondientes.
NOM-041-SEMARNAT-2015		
Límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que utilizan gasolina.	Aplicación condicionada al tipo de vehículos empleados.	Los vehículos a gasolina utilizados deberán mantenerse en condiciones adecuadas de operación y contar con las verificaciones o mantenimientos que correspondan. No se permitirá la operación de unidades que presenten emisiones ostensiblemente anormales.
NOM-045-SEMARNAT-2017		
Límites máximos permisibles de opacidad del humo proveniente de vehículos en circulación que utilizan diésel.	Aplicación condicionada al empleo de vehículos o maquinaria diésel.	Los vehículos y equipos a diésel deberán recibir mantenimiento preventivo. Los equipos que produzcan emisiones anormales o humo visible persistente serán retirados temporalmente de operación hasta corregir la falla.
NOM-080-SEMARNAT-1994		
Límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de vehículos automotores, motocicletas	Aplicación condicionada a los vehículos empleados.	Se utilizarán vehículos con sistemas de escape y silenciadores en condiciones funcionales. Se evitará la aceleración innecesaria y la permanencia de motores encendidos cuando los

Materia regulada	Grado de vinculación	Vinculación con el proyecto
y triciclos motorizados en circulación.		equipos no estén realizando actividades.
NOM-081-SEMARNAT-1994 y modificación de 2013		
Límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	Aplicación condicionada a la instalación de fuentes fijas.	Durante el CUSTF no se contempla la instalación permanente de fuentes fijas de ruido. Si temporalmente se emplearan generadores u otros equipos estacionarios, se ubicarán de manera que se reduzca la propagación del ruido y operarán preferentemente en horario diurno.
NOM-001-SEMARNAT-2021		
Límites permisibles de contaminantes en descargas de aguas residuales hacia cuerpos receptores propiedad de la nación.	No se actualiza el supuesto de descarga durante el CUSTF.	Las actividades de preparación del sitio no contemplan descargas de aguas residuales hacia ríos, canales, humedales, escurrimientos o cuerpos receptores nacionales. Los servicios sanitarios temporales, en caso de utilizarse, deberán ser manejados por una empresa autorizada, evitando cualquier vertimiento al terreno o a la red hidrológica.
NOM-002-SEMARNAT-1996		
Límites máximos permisibles de contaminantes en descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.	Sin aplicación directa durante la ejecución del CUSTF.	En esta etapa no se prevén descargas de proceso hacia el alcantarillado. La posterior conexión de los servicios del desarrollo habitacional se efectuará conforme a las condiciones que determine el organismo operador competente.
NOM-003-SEMARNAT-1997		
Límites máximos permisibles de contaminantes para aguas residuales tratadas que se reutilicen en servicios al público.	Aplicación condicionada a la utilización de agua residual tratada.	No se contempla como parte indispensable del CUSTF el reúso de agua residual tratada. En caso de emplearse para riego de caminos o control de polvo, deberá acreditarse que su calidad es compatible con el uso previsto y con los parámetros establecidos por la norma.
NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012		
Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para su muestreo y remediación.	Aplicación contingente ante una contaminación del suelo.	No se prevé la contaminación del suelo como una condición ordinaria del proyecto. Para prevenirla, el abastecimiento y mantenimiento de maquinaria se realizará en áreas controladas. Ante un derrame se procederá a contenerlo, recuperar el

Materia regulada	Grado de vinculación	Vinculación con el proyecto
		material y retirar el suelo afectado; si la magnitud lo requiere, se aplicarán los criterios de caracterización y remediación previstos en la norma.

De la revisión anterior se desprende que las disposiciones con mayor relación con el CUSTF corresponden a la protección de especies en riesgo, la prevención del uso inadecuado del fuego, el manejo de residuos, el control de emisiones y ruido y la protección del suelo y de los escurrimientos. Las normas relativas a descargas de aguas residuales o a la utilización de agua tratada fueron examinadas, aunque sus supuestos no se actualizan durante la preparación del sitio, debido a que el proyecto no contempla descargas hacia cuerpos receptores, alcantarillado o directamente sobre el terreno.

La aplicación de las medidas señaladas permitirá que las actividades se desarrollen bajo controles ambientales verificables. En particular, la delimitación del desmonte, la inspección previa de flora y fauna, el manejo diferenciado de residuos, el mantenimiento de maquinaria, la prohibición del uso del fuego y la prevención de descargas o derrames reducen las principales vías de afectación asociadas con el CUSTF. En consecuencia, no se identifica contravención entre las actividades propuestas y las Normas Oficiales Mexicanas analizadas, siempre que durante su ejecución se mantengan las medidas preventivas incorporadas al proyecto.

II.5. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Las Áreas Naturales Protegidas constituyen porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional en las que los ecosistemas y sus funciones requieren ser preservados o restaurados mediante un régimen especial de protección. Para determinar su relación con el proyecto se revisaron las poligonales oficiales de las áreas protegidas federales y estatales ubicadas en el entorno regional.

II.5.1 PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO Y SU ZONA DE INFLUENCIA

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano constituye un Área Natural Protegida de competencia federal ubicada frente a las costas de los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado. Su poligonal vigente comprende una superficie de 65,516-47-08.05 hectáreas y se integra por zonas núcleo y una zona de amortiguamiento, cuyas subzonas, actividades permitidas y restricciones se encuentran establecidas en su decreto modificatorio y en el correspondiente Programa de Manejo. (Poder Ejecutivo Federal, 2012; SEMARNAT y CONANP, 2017).

Adicionalmente, el artículo Décimo Quinto del decreto modificatorio establece una zona de influencia con una superficie de 895,752-26-39.99 hectáreas, delimitada mediante una poligonal de 35 vértices en coordenadas geográficas, Datum Horizontal ITRF92 y elipsoide GRS80. Esta delimitación comprende superficies agrícolas, urbanas e industriales ubicadas en cuencas que descargan en las inmediaciones del Parque Nacional. Su consideración responde principalmente a la necesidad de prevenir que el aporte de sedimentos, aguas contaminadas o sustancias tóxicas afecte la calidad del agua y, consecuentemente, los procesos biológicos y ecológicos de los arrecifes. (Poder Ejecutivo Federal, 2012; SEMARNAT y CONANP, 2017).

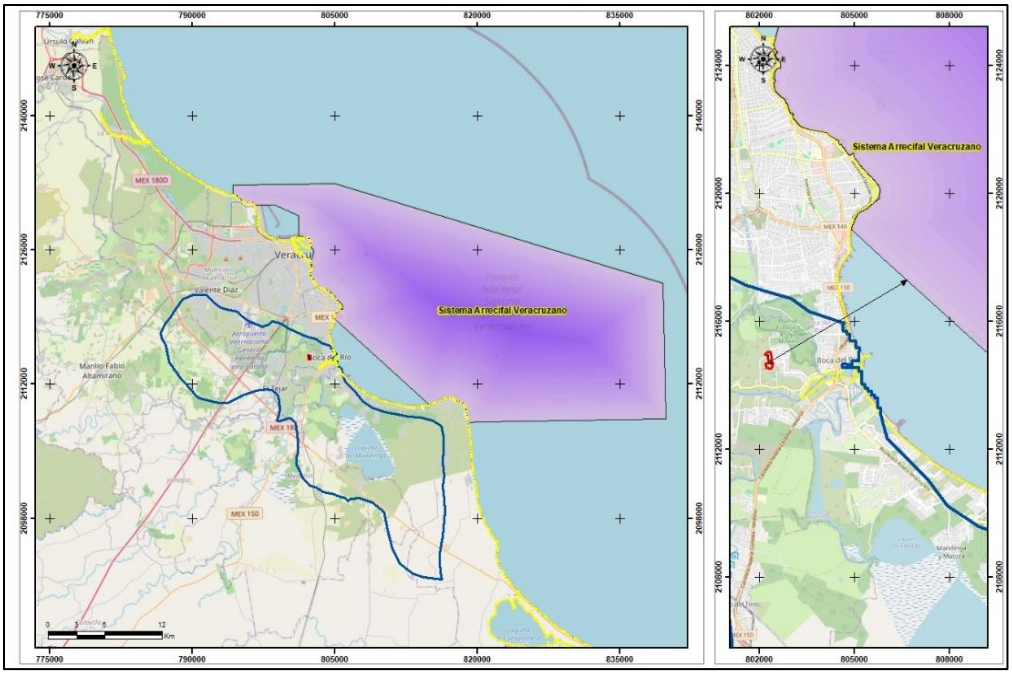


Imagen 2.5 Ubicación del proyecto respecto del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano y su zona de influencia.

El contraste entre la poligonal oficial de la **zona de influencia** y la ubicación georreferenciada del proyecto determinó que tanto el polígono general de 7.0360 hectáreas como la superficie de 0.8559 hectáreas propuesta para el cambio de uso del suelo en terrenos forestales se **encuentran completamente dentro de dicha zona.** No obstante, **ninguno** de los polígonos del proyecto presenta traslape **con la poligonal** del **Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano;** la distancia mínima estimada entre el proyecto y el límite del ANP es de aproximadamente 5.098 kilómetros.

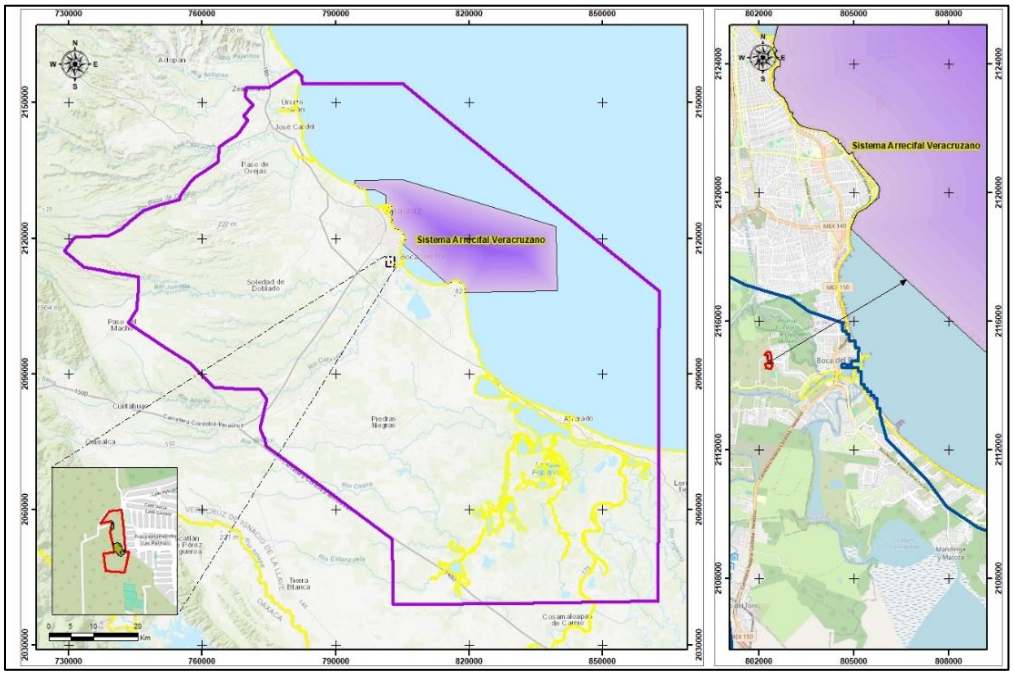


Imagen 2.6 Ubicación del predio sujeto a CUS dentro del área de influencia del ANP Sistema Arrecifal Veracruzano.

Es importante distinguir el alcance jurídico de ambas delimitaciones. Las subzonas, las tablas de actividades permitidas y no permitidas y las Reglas Administrativas del Programa de Manejo son de observancia obligatoria para las obras y actividades realizadas dentro de las 65,516-47-08.05 hectáreas que conforman el Parque Nacional, por lo tanto, tales disposiciones internas **no resultan** directamente **aplicables** al predio por el solo hecho de localizarse en su zona de influencia, debido a que el proyecto se desarrolla fuera de la poligonal del ANP. (SEMARNAT y CONANP, 2017).

Para la zona de influencia **no se establece** una tabla autónoma de actividades permitidas o prohibidas. El artículo Décimo Quinto determina un criterio de congruencia y prevención, mediante el cual las autoridades federales, estatales y municipales que regulen o autoricen actividades en esta zona deben considerar su relación con los objetivos de conservación del Parque Nacional e inducir que las obras efectuadas fuera del ANP no afecten sus recursos naturales. Asimismo, el artículo Décimo Segundo señala la importancia de prevenir descargas de aguas contaminadas, aportes de sedimentos y derrames de hidrocarburos procedentes de las actividades desarrolladas en las cuencas de los ríos Jamapa, La Antigua y Papaloapan. (Poder Ejecutivo Federal, 2012).

Cuadro 2.22 Vinculación del proyecto con el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano y su zona de influencia.

Ámbito territorial analizado	Resultado del análisis espacial	Superficie del CUSTF involucrada	Vinculación con el proyecto
Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano	Sin traslape. El proyecto se localiza aproximadamente a 5.098 km del límite del ANP.	0.0000 ha	**Sin incidencia directa.** El proyecto no ocupa superficies del Parque Nacional ni se encuentra sujeto a su subzonificación interna por razón de ubicación.
Zona de influencia del Parque Nacional	El polígono general y la superficie de CUSTF se encuentran completamente dentro de la delimitación oficial.	0.8559 ha, equivalente al 100 % del CUSTF	**Vinculación territorial de carácter preventivo.** Debe acreditarse que las actividades del CUSTF no generarán aportes de sedimentos, aguas contaminadas, residuos o sustancias que puedan alcanzar indirectamente los recursos naturales del Parque Nacional.

La **vinculación** identificada es, por tanto, **indirecta y de carácter preventivo**. La ubicación dentro de la zona de influencia no implica que el proyecto se encuentre dentro del ANP ni determina por sí misma su incompatibilidad; sin embargo, hace pertinente demostrar que la remoción de vegetación y la preparación del terreno se realizarán con medidas destinadas a controlar la erosión, el arrastre de suelo, la dispersión de residuos y los posibles derrames de combustibles o lubricantes.

En concordancia con lo anterior, durante la ejecución del CUSTF se delimitará previamente la superficie autorizada; se evitará la intervención de terrenos contiguos; se aplicarán medidas de estabilización de suelos y retención de sedimentos; y se realizará el manejo adecuado de residuos vegetales, sólidos y, en su caso, peligrosos. Asimismo, no se efectuarán descargas de aguas residuales, residuos o sustancias contaminantes sobre el suelo, escurrimientos naturales, drenajes o cuerpos de agua. Estas acciones reducen la posibilidad de establecer una vía indirecta de afectación hacia los ecosistemas arrecifales.

En atención a lo anterior, el proyecto no presenta incidencia espacial directa sobre el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, sus zonas núcleo, zona de amortiguamiento o subzonas de manejo. Sí se reconoce su ubicación total dentro de la zona de influencia establecida en el decreto modificatorio; por ello, la vinculación se atiende mediante criterios preventivos dirigidos al control de sedimentos, residuos, descargas y sustancias contaminantes. Bajo estas condiciones, no se identifica contravención con el Programa de Manejo ni con los objetivos de protección y conservación del Área Natural Protegida. (Poder Ejecutivo Federal, 2012; SEMARNAT y CONANP, 2017).

II.6. AREAS DE RELEVANCIA ECOLÓGICA

II.6.1 ÁREAS DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES (AICA´S)

Las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) forman parte de una iniciativa internacional impulsada por BirdLife International y desarrollada en México con la participación de CIPAMEX y la CONABIO. Su finalidad consiste en identificar espacios relevantes para la conservación de la avifauna mediante criterios relacionados con la presencia de especies amenazadas, especies de distribución restringida y concentraciones significativas de aves. Por su naturaleza, las AICA constituyen instrumentos técnicos para la **planeación y orientación** de acciones de conservación; su delimitación no equivale por sí misma a la declaratoria de un Área Natural Protegida ni establece directamente una zonificación regulatoria de usos del suelo. (Arizmendi y Márquez-Valdelamar, 2000; CONABIO, 2015; BirdLife International, 2007).

De acuerdo con la cartografía oficial consultada y el análisis espacial efectuado, la totalidad del polígono general del proyecto y de la superficie propuesta para el CUSTF se encuentra **dentro** del **AICA número 150**, denominada **"Centro de Veracruz".** Esta área registra 528 especies de aves y se encuentra clasificada en la categoría México G-1 y en las categorías A1, A2 y A4i de BirdLife International, lo que muestra su importancia regional por la presencia potencial de especies de interés para la conservación, especies con distribución restringida y aves que pueden formar congregaciones significativas. (CONABIO, 2015; BirdLife International, 2007).

La incidencia territorial dentro del AICA debe interpretarse considerando la escala regional y la heterogeneidad ambiental del polígono. La inclusión del proyecto dentro de su delimitación no significa que todos los terrenos comprendidos presenten la misma condición de hábitat, riqueza de especies o función ecológica. En el caso particular del proyecto, la afectación directa asociada al CUSTF se restringe a 0.8559 hectáreas con vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, dentro de un entorno sujeto a procesos de expansión urbana. No obstante, se reconoce que esta vegetación puede ser utilizada temporalmente por algunas aves como espacio de desplazamiento, descanso, alimentación o refugio, por lo que su remoción constituye una vía potencial de afectación que deberá ser atendida mediante las medidas preventivas y de mitigación correspondientes.

La cartografía también identifica al AICA "Humedales de Alvarado" hacia el sur y sureste del proyecto. El análisis geográfico determinó que no existe superposición

con dicha área y que su límite más próximo se localiza aproximadamente a 15.58 km del polígono del proyecto. Por consiguiente, no se prevé una vinculación territorial directa con esta AICA ni la intervención de los ambientes acuáticos y humedales que sustentan su importancia para la avifauna.

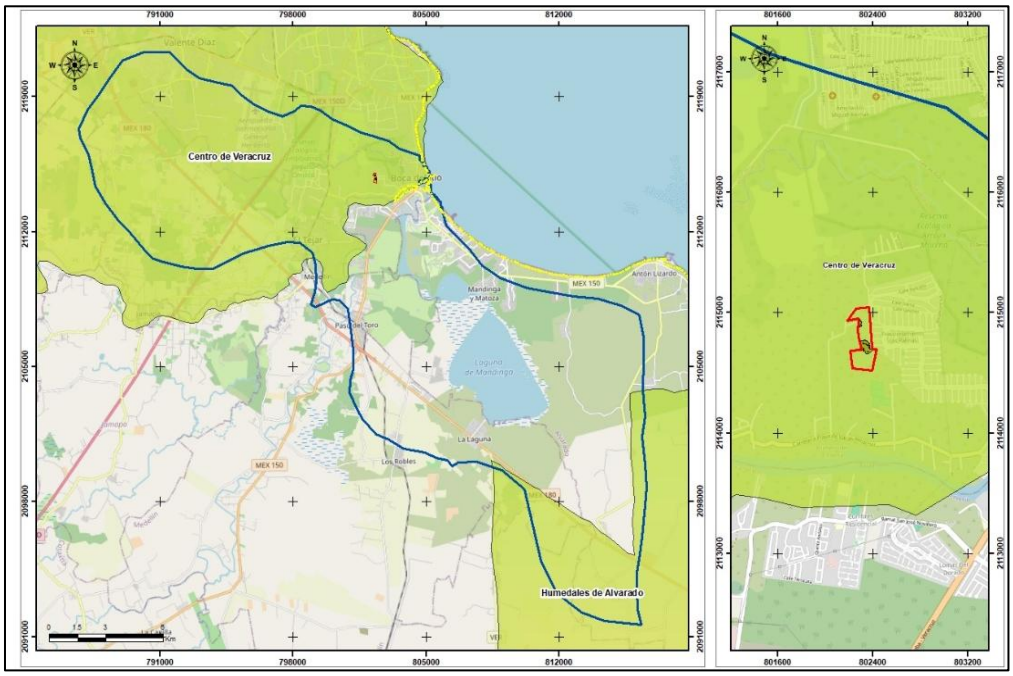


Imagen 2.7 Ubicación del proyecto respecto de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves.

La superposición con el AICA "Centro de Veracruz" hace necesario analizar las principales vías mediante las cuales las actividades del proyecto podrían interactuar con la avifauna. La siguiente tabla presenta esta relación y las medidas previstas para evitar que los efectos locales asociados con la remoción de vegetación comprometan los valores regionales por los cuales fue identificada el AICA.

Cuadro 2.23 Vinculación del proyecto con las AICA identificadas y evaluación de los factores potenciales de afectación.

AICA	Factor o condición analizada	Vinculación con el proyecto	Medidas y conclusión técnica
Centro de Veracruz	Pérdida y modificación localizada del hábitat	La ejecución del CUSTF implica la remoción de 0.8559 ha de vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, la cual puede ser utilizada por aves de hábitos generalistas o asociadas	El desmonte se limitará estrictamente a la superficie autorizada, evitando afectaciones fuera de los polígonos de CUSTF. La aplicación de las medidas de compensación, restauración y revegetación previstas

AICA	Factor o condición analizada	Vinculación con el proyecto	Medidas y conclusión técnica
		con ambientes secundarios.	contribuirá a reducir la pérdida neta de cobertura vegetal y a conservar espacios alternativos para la fauna.
Centro de Veracruz	Perturbación y desplazamiento temporal por ruido, maquinaria y presencia de personal	Las actividades de preparación del sitio pueden ocasionar el alejamiento temporal de aves presentes en las inmediaciones. El efecto sería principalmente local y se concentraría durante la etapa de desmonte.	Las actividades se realizarán preferentemente en horario diurno, mediante un avance gradual que permita el desplazamiento de la fauna hacia áreas contiguas. Se evitará mantener maquinaria encendida innecesariamente y se aplicará el programa de rescate y ahuyentamiento de fauna silvestre.
Centro de Veracruz	Afectación de nidos, huevos o ejemplares juveniles	La remoción de vegetación representa un riesgo potencial cuando existen nidos activos dentro de la superficie de trabajo.	Antes del desmonte se efectuará una inspección dirigida para detectar nidos o sitios de reproducción. En caso de localizarse un nido activo, se delimitará una zona de protección y se diferirá la intervención inmediata hasta que concluya naturalmente la actividad reproductiva, salvo que la autoridad determine un procedimiento distinto.
Centro de Veracruz	Mortalidad accidental de ejemplares	El tránsito de vehículos y el funcionamiento de maquinaria pueden representar un riesgo para aves que se encuentren sobre el terreno o en estratos bajos de la vegetación.	Se establecerán límites de velocidad, supervisión ambiental y protocolos de actuación ante la presencia de fauna. El desmonte se ejecutará de forma direccional y progresiva, conservando rutas de escape hacia áreas no intervenidas.
Centro de Veracruz	Contaminación por residuos, combustibles o sustancias utilizadas durante las obras	El manejo inadecuado de residuos o un derrame accidental podría deteriorar localmente la calidad del hábitat y generar riesgos para la fauna.	Los residuos se depositarán en recipientes diferenciados y serán retirados mediante prestadores autorizados cuando corresponda. El abastecimiento y mantenimiento de maquinaria se realizará en áreas controladas, con materiales disponibles para contener y recuperar posibles

AICA	Factor o condición analizada	Vinculación con el proyecto	Medidas y conclusión técnica
			derrames.
Centro de Veracruz	Captura, cacería o perturbación deliberada de aves	La presencia de trabajadores podría incrementar el riesgo de captura, persecución o extracción de ejemplares si no se establecen controles.	Se prohibirá expresamente la captura, cacería, colecta, alimentación, posesión o comercialización de fauna silvestre. Esta disposición deberá comunicarse al personal mediante capacitación ambiental y señalización preventiva.
Humedales de Alvarado	Relación territorial	El proyecto no se encuentra dentro de esta AICA. Su límite más cercano se localiza aproximadamente a 15.58 km, sin continuidad directa entre el área de intervención y los ambientes acuáticos que la caracterizan.	No existe vinculación espacial directa y, por tanto, no resultan aplicables criterios específicos derivados de su delimitación. Las medidas generales de control de erosión, residuos, derrames y aguas residuales contribuirán adicionalmente a evitar efectos indirectos sobre los sistemas hidrológicos regionales.

La vinculación del proyecto con el AICA "Centro de Veracruz" se reconoce, por tanto, como una incidencia territorial que requiere la incorporación de **medidas específicas** de protección de la avifauna, pero que **no representa** por sí misma una **incompatibilidad normativa** con la ejecución del proyecto y el CUSTF solicitado. El efecto principal se relaciona con la pérdida localizada de vegetación y con la perturbación temporal ocasionada durante la preparación del sitio, impactos que pueden reducirse mediante la delimitación estricta de las áreas de trabajo, el avance gradual del desmonte, la inspección previa de la vegetación, el rescate y ahuyentamiento de fauna, la protección de nidos activos y la prohibición de cualquier aprovechamiento de aves silvestres.

Considerando la superficie puntual del CUSTF, la condición secundaria de la vegetación, el contexto periurbano y la aplicación de las medidas señaladas, no se prevé que el proyecto modifique de manera considerable la funcionalidad regional del AICA ni que comprometa los criterios generales que sustentan la importancia del "Centro de Veracruz" para la conservación de las aves. Esta conclusión no supone la ausencia absoluta de efectos locales, sino que establece que éstos serán espacialmente delimitados, temporales en el caso de las molestias y susceptibles de prevención, mitigación y compensación mediante las acciones ambientales integradas al proyecto.

II.7. PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2025-2030.

La Constitución ordena que el Estado mexicano debe dirigir el desarrollo nacional y ser garante de la sustentabilidad. El artículo 26 establece que debe de organizar un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional, esa planeación será democrática y deliberativa. El Plan Nacional de Desarrollo es, primero, un documento de trabajo que rige la programación y presupuestación de toda la Administración Pública Federal. De acuerdo con la Ley de Planeación, todos los programas sectoriales, especiales, institucionales y regionales que definen las acciones del gobierno, deberán elaborarse con congruencia al Plan Nacional de Desarrollo. La Ley mandata que el Plan Nacional de Desarrollo deberá contener por lo menos:

- Un diagnóstico general de los temas prioritarios.
- Ejes generales que agrupan los temas prioritarios.
- Objetivos específicos.
- Estrategias para ejecutar las acciones.
- Indicadores de desempeño y sus metas.
- El Plan indicará programas sectoriales, institucionales, regionales y especiales.
- Una visión de largo plazo.

El plan contempla tanto ejes generales como ejes transversales.

Ejes Generales

Gobernanza con justicia y participación ciudadana

Desarrollo con bienestar y humanismo

Economía moral y trabajo

Desarrollo sustentable

Ejes Transversales

Igualdad sustantiva y derechos de las mujeres

Innovación pública para el desarrollo tecnológico nacional

Derechos de las comunidades indígenas y afromexicanas

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) es la guía de los objetivos y acciones del Gobierno de México en los próximos años. Estos objetivos consisten en consolidar la transformación del país bajo un modelo de desarrollo con bienestar, justicia social y sustentabilidad. A través de este documento, enriquecido con el diálogo y la consulta

ciudadana, se reafirma el compromiso del Gobierno con el pueblo de México de gobernar con honestidad, democracia, eficiencia y con una visión humanista.

El Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030 de México establece la estrategia del gobierno para los próximos años, con el objetivo de consolidar la transformación del país bajo un modelo de bienestar, justicia social y sustentabilidad.

Principales Ejes del Plan:

- Gobernanza con justicia y participación ciudadana: Fortalecer la democracia, garantizar derechos humanos y erradicar la corrupción.
- Desarrollo con bienestar y humanismo: Uso eficiente de recursos públicos, seguridad, educación inclusiva y acceso universal a la salud.
- Economía moral y trabajo: Impulsar el desarrollo económico con equidad, fortalecer la soberanía energética y mejorar salarios.
- Desarrollo sustentable: Protección del medio ambiente, gestión responsable de recursos naturales y promoción de energías limpias.

Ejes Transversales:

- - Igualdad sustantiva y derechos de las mujeres.
- - Innovación pública para el desarrollo tecnológico nacional.
- - Derechos de los pueblos indígenas y afromexicanos

El Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030 de México establece un enfoque integral para la protección del medio ambiente y la transición energética. A continuación, se enlistan algunos puntos clave:

Estrategias ambientales:

- - Transición energética: Se busca aumentar la generación de energía limpia en un 45 % para 2030. Sin embargo, algunos indicadores han generado dudas sobre la viabilidad de este objetivo.
- - Fuentes renovables: Se plantea alcanzar un 21.5 % de participación de energías renovables y alternas en la matriz energética nacional. No obstante, la inclusión de fuentes como la leña y el bagazo de caña ha sido objeto de debate.
- - Soberanía energética: Se establece una meta de independencia energética con un Índice de 0.74 para 2030, aunque algunos expertos consideran que el avance es marginal.

En la siguiente sección, se enlistan los objetivos que determina el PND en lo relativo al Eje General número 4: Desarrollo Sustentable.

Cuadro 2.24 Vinculación del proyecto con el PND.

Objetivo 4.1: Fortalecer la seguridad y la soberanía energética, promoviendo la autosuficiencia con un enfoque sustentable que garantice el acceso equitativo a la energía y reduzca la dependencia del exterior.	
Las estrategias no aplican al proyecto, ya que estas se encuentran enfocadas hacia el sector energético, particularmente al actuar de las empresas públicas del estado en términos de la política nacional en materia energética.	
Objetivo 4.2: Impulsar proyectos estratégicos de energías limpias, modernizar la infraestructura eléctrica y fomentar la innovación tecnológica para reducir la dependencia de combustibles fósiles y mitigar el impacto ambiental.	
Estrategia 4.2.1	Fomentar la transición gradual de combustibles fósiles a energías renovables para fortalecer la sustentabilidad económica y ambiental.
Estrategia 4.2.2	Impulsar proyectos de generación de energías limpias en coordinación con ejidos y comunidades, alineados con los compromisos internacionales de México, para mitigar el cambio climático.
Estrategia 4.2.3	**Fomentar el aprovechamiento eficiente y sustentable de los recursos energéticos para fortalecer la seguridad energética y reducir el impacto ambiental.**
Estrategia 4.2.4	Promover la integración de energías limpias y renovables en todas las etapas de las cadenas de valor para garantizar un suministro energético sustentable y competitivo.
Estrategia 4.2.5	Fomentar el uso sustentable y estratégico de minerales críticos como el litio para fortalecer la industria energética y garantizar su aprovechamiento económico y social.
Estrategia 4.2.6	Impulsar la electrificación y el uso de energías limpias en el transporte público y de carga para mejorar su eficiencia y sustentabilidad.
En este sentido, se tiene que el proyecto no tiene incidencia directa en lo relativo a las energías renovables, aunado a que las fuentes de energía empleadas en la ejecución del proyecto serán provenientes de fuentes fósiles, debido a la disponibilidad de este recurso, y a que se trata de la principal fuente energética en nuestro país.	
Objetivo 4.3: Reducir las emisiones contaminantes y fortalecer la resiliencia climática mediante la prevención, control y mitigación de los impactos ambientales en la salud y los ecosistemas.	
Estrategia 4.3.1	**Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para mitigar el cambio climático y sus impactos en la sociedad, la economía y el medio ambiente.**
Estrategia 4.3.2	Implementar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático con enfoque en derechos humanos, igualdad y justicia ambiental para fortalecer la resiliencia de la sociedad y los ecosistemas.
Estrategia 4.3.3	Promover la economía circular para optimizar el uso de recursos,

	mejorar la gestión de residuos y prevenir la contaminación, reduciendo la presión sobre el medio ambiente.
Estrategia 4.3.4	**Fortalecer las medidas de prevención y control de la contaminación para proteger la salud de la población y preservar un medio ambiente sano.**
Estrategia 4.3.5	Desarrollar e implementar Programas Integrales de Prevención y Control de la Contaminación del Aire en ciudades y zonas metropolitanas con alta contaminación atmosférica para mejorar la calidad del aire y la salud pública.
Estrategia 4.3.6	Fomentar esquemas de certificación y reconocimiento que incentiven el cumplimiento normativo y la autorregulación en los distintos sectores productivos.
Estrategia 4.3.7	Promover mecanismos de mitigación de daños ambientales y a la salud mediante un marco normativo que regule la gestión de sustancias químicas y la creación de infraestructura.
El proyecto establece acciones y actividades tendientes a controlar y minimizar impactos negativos al entorno, principalmente en lo relativo a la generación de residuos, así como de emisiones a la atmósfera.	
Objetivo 4.4: Garantizar el acceso equitativo a la energía para las poblaciones y regiones con problemas de suministro, promoviendo su inclusión e integración al desarrollo energético sustentable.	
Estos apartados no aplican directamente al proyecto, ya que están enfocados en propiciar que la población tenga acceso a energéticos.	
Objetivo 4.5: Proteger y restaurar los ecosistemas naturales, promoviendo su uso sustentable mediante una política ecológica humanista, inclusiva y participativa.	
Estrategia 4.5.1	Frenar la pérdida y degradación de los ecosistemas naturales, abordando y eliminando sus causas principales.
Estrategia 4.5.2	Fortalecer y ampliar la protección de los ecosistemas naturales mediante la consolidación y gestión efectiva de áreas naturales protegidas y otros esquemas de conservación, con especial atención a territorios indígenas.
Estrategia 4.5.3	**Fomentar actividades productivas sustentables en los ecosistemas naturales para aumentar la productividad forestal, proteger la biodiversidad y mejorar los medios de vida de las comunidades.**
Estrategia 4.5.4	**Restaurar ecosistemas clave para la biodiversidad y los servicios ambientales mediante un enfoque integral, intersectorial y culturalmente pertinente.**
Estrategia 4.5.5	Frenar la degradación de las zonas costeras y marinas mediante programas de conservación, manejo sustentable y restauración, abordando los impactos antropogénicos en cuencas costeras y ecosistemas marinos.
Estrategia 4.5.6	Fortalecer el ordenamiento ecológico y otros instrumentos de ordenamiento del territorio como medio de planeación que regule el uso del suelo de acuerdo con sus características inherentes.
Estrategia 4.5.7	Reforzar la inspección y vigilancia para garantizar el cumplimiento de

	las regulaciones y restricciones no arancelarias en los movimientos transfronterizos de mercancías reguladas.
Estrategia 4.5.8	**Armonizar e integrar los instrumentos de desarrollo urbano y ordenamiento ecológico en la planificación territorial, para gestionar de manera sustentable la expansión de las fronteras agrícola y urbana.**
Estrategia 4.5.9	Desarrollar instrumentos de planificación territorial con enfoques transversales de conservación ecológica, que mitiguen el impacto ambiental y la pérdida de biodiversidad derivados de las actividades productivas, la expansión de infraestructura y el crecimiento de los asentamientos humanos.
Estrategia 4.5.10	Fomentar la conservación de la propiedad social en ejidos y comunidades agrarias con alto valor ecológico, promoviendo el uso sustentable de los recursos naturales y la protección de la biodiversidad.
El proyecto, debido a su naturaleza y objetivos, pretende ocupar el espacio a través de la modificación de las condiciones naturales con las que actualmente cuenta, a través del procedimiento de cambio de uso de suelo en terrenos forestales. Sin embargo, se proponen actividades de reforestación y compensación en áreas afectadas o que son susceptibles de mejorar, dentro de la cuenca o zona de injerencia del proyecto; estas acciones están enfocadas en la recuperación y restauración para hábitats de especies y generación de servicios ambientales.	
Objetivo 4.6: Garantizar el derecho al agua mediante una gestión eficiente, sustentable y resiliente al cambio climático, protegiendo la integridad de las cuencas y asegurando su disponibilidad para las generaciones presentes y futuras.	
Estrategia 4.6.1	Garantizar el acceso asequible y equitativo al agua potable y su saneamiento mediante inversión en infraestructura y fomento del reúso, con prioridad en regiones con mayor vulnerabilidad climática o impacto por actividad humana.
Estrategia 4.6.2	Promover el uso eficiente y sustentable del agua para reducir la presión sobre las fuentes de abastecimiento y garantizar su disponibilidad a largo plazo.
Estrategia 4.6.3	Modernizar y expandir la infraestructura de recolección, distribución y tratamiento de aguas residuales, municipales e industriales para mejorar su calidad y promover su reúso sustentable.
Estrategia 4.6.4	Reforzar el monitoreo y control de contaminantes para prevenir el deterioro de la calidad del agua y proteger los ecosistemas y su biodiversidad.
Estrategia 4.6.5	Desarrollar métodos y tecnologías para la restauración de las cuencas más contaminadas del país, adaptables y replicables en otras regiones afectadas.
Estrategia 4.6.6	Ampliar los mecanismos de sanción y resarcimiento de aquellas prácticas que afecten la disponibilidad o la calidad del agua.
Estrategia 4.6.7	Promover la gestión integrada de cuencas y acuíferos en proyectos de infraestructura, desarrollo urbano y ordenamiento territorial, para

	garantizar la sustentabilidad hídrica y reducir las desigualdades regionales en el acceso al agua.
Estrategia 4.6.8	Fomentar la conservación de la propiedad social de ejidos y núcleos agrarios que protegen y regulan los recursos hídricos, asegurando su uso sustentable y su función en la preservación del ciclo hidrológico.
Estrategia 4.6.9	Diseñar mecanismos de reconocimiento legal y fortalecimiento de los sistemas comunitarios de agua y saneamiento.
El proyecto considera algunas acciones encaminadas al uso eficiente del agua, así como a minimizar las afectaciones que puedan producirse por su descarga al entorno, mediante la depuración de la misma, con lo que se garantiza el cumplimiento de la normatividad aplicable en la materia.	

Finalmente, derivado de la publicación del PND 2025-2030, y dentro del marco del Sistema Nacional de Planeación Democrática que señala la Ley de Planeación, las dependencias y entidades de la APF tienen la obligación de integrar, publicar en el Diario Oficial de la Federación y dar seguimiento a los programas de tipo sectorial, especial, regional e institucional que derivan del PND, estos se enlistan a continuación.

Eje General 4. Desarrollo sustentable.

- Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable
- Programa Nacional Hidráulico
- Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de Manejo Especial
- Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
- Programa Nacional Hídrico
- Programa Nacional Forestal
- Programa Nacional de Remediación de Sitios Contaminados
- Programa Especial de Cambio Climático
- Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía
- Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio
- Programa Especial de la Transición Energética

II.8. CONCLUSIONES

El análisis desarrollado en el presente capítulo permitió identificar y aplicar los criterios de los programas de ordenamiento ecológico correspondientes a los distintos ámbitos territoriales, así como revisar las Normas Oficiales Mexicanas y los instrumentos de conservación relacionados con la ubicación del proyecto. La evaluación se realizó atendiendo al uso habitacional pretendido y a la superficie que comprende el proyecto, incluida la correspondiente a 0.8559 ha solicitada para el cambio de uso del suelo en terrenos forestales, conforme a lo requerido por el

artículo 141, fracción XIV, del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

En el ámbito **federal**, el proyecto se encuentra completamente dentro de la **Unidad Ambiental Biofísica 75**, denominada **"Llanura Costera Veracruzana Norte"**, del **Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio**. La revisión de sus estrategias permitió determinar que éstas se orientan principalmente al aprovechamiento sustentable, la restauración, la protección de los recursos naturales y el fortalecimiento de la planeación territorial. Las medidas de rescate de flora y fauna, control de erosión, manejo de residuos, prevención de derrames, protección de escurrimientos y compensación ambiental previstas para el proyecto mantienen congruencia con dichas estrategias, sin identificarse algún criterio que prohíba expresamente el CUSTF o el uso habitacional propuesto. (SEMARNAT, 2012a).

Respecto del **Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe**, el proyecto se localiza dentro de la **UGA 43**, de tipo regional. Aunque el terreno no corresponde a un ambiente marino, la relación con este ordenamiento se presenta por los posibles procesos de conexión entre las actividades terrestres y los sistemas costeros. La aplicación de medidas para controlar el arrastre de sedimentos, evitar descargas, manejar adecuadamente los residuos y prevenir derrames permite atender las acciones generales y específicas relacionadas con la protección de la calidad del agua y la reducción de aportes contaminantes hacia los ambientes costeros. No se identificaron acciones o criterios que establezcan una incompatibilidad directa con el proyecto. (SEMARNAT, 2012b).

En materia de ordenamiento urbano, la cartografía de la **Actualización del Programa de Ordenamiento Urbano de la Zona Conurbada Veracruz–Boca del Río–Medellín–Alvarado** ubica la totalidad de la superficie sujeta a CUSTF dentro del uso **"Habitacional Plazo Corto".** El proyecto limita con áreas clasificadas como "Habitacional Plazo Mediano" y "Reserva de Preservación Ecológica", sin que la superficie solicitada se introduzca en estas últimas. En consecuencia, el uso habitacional pretendido presenta congruencia con la clasificación urbana asignada al terreno, manteniéndose claramente delimitado respecto de la reserva ecológica colindante. (Gobierno del Estado de Veracruz, 2008).

La revisión de las **Áreas Naturales Protegidas** determinó que el proyecto no presenta incidencia directa sobre el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, cuyo límite se encuentra aproximadamente a 5.098 km al noreste, ni sobre la Reserva Ecológica Arroyo Moreno, localizada aproximadamente a 0.530 km al este. Tampoco se identificó superposición con sitios Ramsar, Regiones Hidrológicas Prioritarias, Regiones Terrestres Prioritarias, Regiones Marinas Prioritarias, Sitios Prioritarios

Terrestres, Sitios Prioritarios Marinos o sitios destinados a la conservación de los primates mexicanos. Por consiguiente, el CUSTF no implica la remoción de vegetación dentro de estas áreas ni modifica directamente las superficies delimitadas para su conservación.

No obstante, lo anterior, la cercanía con algunos sistemas ecológicos regionales justificó la incorporación de medidas dirigidas a evitar efectos indirectos. Particularmente, el control de la erosión y de los sedimentos, la prohibición de descargas, el manejo adecuado de residuos y sustancias, el mantenimiento preventivo de la maquinaria y la atención inmediata de derrames permiten reducir las vías mediante las cuales las actividades terrestres podrían interactuar con humedales, escurrimientos o ambientes costeros. Estas medidas fortalecen la congruencia ambiental del proyecto aun en aquellos instrumentos donde no existe superposición territorial.

La incidencia directa respecto de las regionalizaciones de importancia ecológica se presenta en el **AICA número 150 "Centro de Veracruz"**. Estas delimitaciones constituyen instrumentos técnicos de planeación y priorización para la conservación y no establecen por sí mismas una prohibición normativa de cambio de uso del suelo. Sin embargo, su presencia exige reconocer los factores de riesgo relacionados con la pérdida localizada de hábitat, la perturbación de fauna, la posible afectación de nidos, el arrastre de sedimentos y la contaminación de escurrimientos.

Para atender dichos factores, el proyecto limitará la remoción de vegetación a los polígonos autorizados, aplicará la inspección previa del área, el rescate y reubicación de flora y fauna, el desmonte gradual y direccional, la protección de nidos activos, la conservación de rutas de escape y la prohibición de captura o aprovechamiento de ejemplares silvestres. Asimismo, se implementarán medidas para controlar la erosión, manejar los residuos y evitar descargas o derrames. Considerando la superficie puntual del CUSTF y la aplicación de estas acciones, no se prevé que los efectos locales comprometan la funcionalidad regional del AICA Centro de Veracruz. (CONABIO, 2010, 2015; BirdLife International, 2007).

La revisión de las **Normas Oficiales Mexicanas** permitió identificar disposiciones relacionadas con la protección de especies en riesgo, el manejo del fuego, la conservación del suelo y de los cuerpos de agua, la protección de flora y fauna, el manejo de residuos y el control de emisiones, ruido y descargas. Las actividades y medidas propuestas mantienen congruencia con estas disposiciones, incluyendo la prohibición de emplear fuego para el desmonte, el manejo diferenciado de residuos, el mantenimiento de vehículos y maquinaria y la protección de las especies que pudieran encontrarse dentro de la superficie de trabajo.

Además de los instrumentos analizados, el proyecto se encuentra sujeto al **marco jurídico federal, estatal y municipal** aplicable al cambio de uso del suelo en terrenos forestales, la evaluación ambiental, la conservación de la vida silvestre y el desarrollo urbano. Para efectos de la presente fracción, estas disposiciones confirman la necesidad de mantener la congruencia territorial y ambiental del proyecto.

Con base en la totalidad del análisis realizado, no se identificaron criterios de ordenamiento ecológico, disposiciones urbanas, Normas Oficiales Mexicanas o instrumentos de conservación que establezcan una prohibición expresa o una incompatibilidad insuperable para el CUSTF solicitado. Las incidencias territoriales identificadas **fueron reconocidas y vinculadas** con **medidas específicas de prevención, mitigación y compensación**. En ese sentido, el proyecto presenta congruencia con los instrumentos analizados, siempre que su ejecución se limite a la superficie evaluada y se mantengan las medidas ambientales previstas en el proyecto y el ETJ.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA

CONTENIDO

III.1 CRITERIOS DE DELIMITACIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA 101
III.1.1 INTEGRACIÓN METODOLÓGICA DE LOS CRITERIOS 105
III.1.2 SUPERFICIE DE LA REGIÓN ECOLÓGICA 106

III.2 USOS DE SUELO Y VEGETACIÓN PRESENTES EN LA REGIÓN ECOLÓGICA 108
III.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS COMUNIDADES VEGETALES 110

III.3 LISTADO DE ESPECIES POTENCIALES DE FLORA Y FAUNA ASOCIADAS A LA REGIÓN ECOLÓGICA 115
III.3.1 FLORA POTENCIAL DE LA REGIÓN ECOLÓGICA 116
III.3.2 FAUNA POTENCIAL DE LA REGIÓN ECOLÓGICA 119

III.4 COMPONENTES BIOTICOS DE LA REGIÓN ECOLÓGICA CON LOS CUALES INTERACTÚA EL PROYECTO 123
III.4.1 FLORA 124
III.4.1.1 CONTEXTO Y DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN EN LA REGIÓN ECOLÓGICA 124
III.4.1.2 TIPOS DE VEGETACIÓN Y USOS DEL SUELO DE REFERENCIA 126
III.4.1.3 CARACTERIZACIÓN DE LA VSA/SBC EN LA REGIÓN ECOLÓGICA 129
III.4.1.4 CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN EN EL ÁREA DEL PROYECTO 174
III.4.1.5 ANALISIS COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DEL ÁREA SUJETA A CUSTF CON RELACIÓN A LOS TIPOS DE VEGETACIÓN DEL ECOSISTEMA DE LA REGIÓN ECOLÓGICA 217
III.4.1.6 ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE REMOCIÓN DE MATERIAS PRIMAS FORESTALES 250
III.4.2 FAUNA 261
III.4.2.1 CONTEXTO Y DISTRIBUCIÓN DE LA FAUNA EN LA REGIÓN ECOLÓGICA 261
III.4.2.2 MÉTODO DE MUESTREO Y EVALUACIÓN DE LA SUFICIENCIA DEL MUESTREO POR GRUPO FAUNÍSTICO EN LA REGIÓN ECOLÓGICA 266
III.4.2.3 ANÁLISIS DE DATOS 278
III.4.2.4 RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS VERTEBRADOS TERRESTRES EN LA ZONA DE MUESTREO UBICADA DENTRO DE LA REGIÓN ECOLÓGICA 283
III.4.2.5 CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS DE FAUNA EN LA REGIÓN ECOLÓGICA 324

III.4.2.6 CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA EN EL ÁREA DEL PROYECTO ____ 332
III.4.2.7 MÉTODO DE MUESTREO Y EVALUACIÓN DE LA SUFICIENCIA DEL MUESTREO POR GRUPO FAUNÍSTICO EN EL ÁREA DEL PROYECTO ____ 333
III.4.2.8 ANÁLISIS DE DATOS ____ 343
III.4.2.9 RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE LOS GRUPOS DE VERTEBRADOS TERRESTRES DENTRO DEL ÁREA DE PROYECTO ____ 346
III.4.2.10 CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS DE FAUNA EN EL ÁREA DEL PROYECTO ____ 384
III.4.2.11 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA FAUNÍSTICA ____ 393

III.5 COMPONENTES ABIOTICOS DE LA REGIÓN ECOLÓGICA CON LOS CUALES INTERACTÚA EL PROYECTO ____ 412
III.5.1 CLIMA ____ 412
III.5.1.1 TEMPERATURA ____ 413
III.5.1.2 PRECIPITACIÓN ____ 414
III.5.1.3 FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS ASOCIADOS A LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SU INTERACCIÓN CON EL PROYECTO ____ 416
III.5.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA ____ 423
III.5.2.1 GEOLOGÍA REGIONAL ____ 423
III.5.2.2 LITOLOGÍA ____ 426
III.5.2.3 FISIOGRAFÍA ____ 431
III.5.2.4 GEOMORFOLOGÍA ____ 437
III.5.2.5 SUSCEPTIBILIDAD DE LA REGIÓN ECOLÓGICA A FENÓMENOS GEOLÓGICOS Y SU INTERACCIÓN CON EL PROYECTO 444
III.5.3 TOPOGRAFÍA ____ 452
III.5.3.1 CONTEXTO TOPOGRÁFICO REGIONAL ____ 452
III.5.3.2 CONFIGURACIÓN SUPERFICIAL DEL ÁREA DEL PROYECTO ____ 453
III.5.3.3 DISTRIBUCIÓN DE PENDIENTES ____ 454
III.5.4 SUELOS (EDAFOLOGÍA) ____ 456
III.5.4.1 UNIDADES EDAFOLÓGICAS DE LA REGIÓN ECOLÓGICA ____ 456
III.5.4.2 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO PRESENTE EN EL ÁREA DEL PROYECTO ____ 457
III.5.4.3 SUELO Y PROCESOS DE EROSIÓN Y DEGRADACIÓN ____ 458
III.5.4.4 INTERACCIÓN DEL SUELO CON EL PROYECTO ____ 458
III.5.4.5 RELACIÓN DEL SUELO CON EL CUSTF ____ 459
III.5.5 HIDROLOGÍA ____ 460
III.5.5.1 HIDROLOGÍA SUPERFICIAL ____ 460
III.5.5.2 HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA ____ 464

III.6 COMPONENTES SOCIOECONÓMICOS DE LA REGIÓN ECOLÓGICA CON LOS CUALES INTERACTÚA EL PROYECTO ____ 467
III.6.1 CONTEXTO SOCIOECONÓMICO REGIONAL ____ 467

III.6.2 DEMOGRAFÍA Y DINÁMICA POBLACIONAL 468
III.6.2.1 POBLACIÓN 468
III.6.2.2 ESTRUCTURA POR EDAD 471
III.6.2.3 DISTRIBUCIÓN TERRITORIAL Y CRECIMIENTO POBLACIONAL 472
III.6.3 VIVIENDA Y DINÁMICA URBANA 474
III.6.3.1 VIVIENDA Y CARACTERISTÍCAS HABITACIONALES 476
III.6.3.2 CRECIMIENTO URBANO Y DEMANDA DE VIVIENDA 478
III.6.3.3 TENDENCIA DE OCUPACIÓN TERRITORIAL Y EXPANSIÓN HABITACIONAL 479
III.6.4 INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y SERVICIOS URBANOS 481
III.6.4.1 AGUA POTABLE 482
III.6.4.2 DRENAJE SANITARIO Y MANEJO DE AGUAS RESIDUALES 482
III.6.4.3 ENERGÍA ELÉCTRICA 483
III.6.4.4 VIALIDADES, MOVILIDAD Y CONECTIVIDAD 484
III.6.4.5 EQUIPAMIENTO URBANO 485
III.6.5 ECONOMÍA Y EMPLEO 486
III.6.5.1 ACTIVIDADES ECONÓMICAS PREDOMINANTES 489
III.6.5.2 EMPLEO Y POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA 490
III.6.5.3 RELACIÓN ENTRE EMPLEO, MOVILIDAD Y VIVIENDA 491
III.6.6 CONDICIONES SOCIALES Y CALIDAD DE VIDA 492
III.6.6.1 EDUCACIÓN 493
III.6.6.2 SALUD 495
III.6.6.3 POBREZA, MARGINACIÓN Y REZAGO SOCIAL 496
III.6.7 COMERCIO, SERVICIOS Y ACTIVIDADES TURÍSTICAS 498
III.6.8 SÍNTESIS DE LA DINÁMICA SOCIOECONÓMICA Y SU INTERACCIÓN CON EL PROYECTO 499

III.7 DIÁGNÓSTICO AMBIENTAL 500
III.7.1 PROBLEMÁTICAS AMBIENTALES EN LA REGIÓN ECOLÓGICA 501
III.7.2 DIAGNÓSTICO DE LOS FACTORES BIÓTICOS 503
III.7.3 DIAGNÓSTICO DE LOS FACTORES ABIÓTICOS 504
III.7.4 DIAGNÓSTICO DEL PAISAJE Y ESTRUCTURA TERRITORIAL 505
III.7.5 DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL 506
III.7.6 SÍNTESIS DEL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL 506

ÍNDICE CUADROS

Cuadro 3.1 Superficie de la Región Ecológica 107
Cuadro 3.2 Usos del suelo y tipos de vegetación presentes en la Región Ecológica 109
Cuadro 3.2 Características generales de las comunidades vegetales identificadas en la Subcuenca Hidrológica 111

Cuadro 3.4 Coordenadas de los sitios establecidos para el muestreo de flora en la Subcuenca Hidrológica. ____ *131*
Cuadro 3.5 Diseño y esfuerzo de muestreo empleado para la caracterización de la VSa/SBC en la Región Ecológica ____ *132*
Cuadro 3.6 Unidades empleadas para el muestreo de las formas de vida presentes en la Subcuenca. ____ *133*
Cuadro 3.7 Variables registradas por estrato o forma de vida. ____ *136*
Cuadro 3.8 Materiales y equipo utilizados durante el muestreo de flora. ____ *136*
Cuadro 3.9 Número de especies registrado en los sitios de muestreo de la RE. ____ *137*
Cuadro 3.10 Intensidad y precisión estadística del muestreo efectuado en la VSa/SBC de la RE. ____ *138*
Cuadro 3.11 Completitud del muestreo en el estrato arbóreo de la RE. ____ *144*
Cuadro 3.12 Completitud del muestreo en el estrato arbustivo de la RE. ____ *145*
Cuadro 3.13 Completitud del muestreo en el estrato bejuco de la RE. ____ *145*
Cuadro 3.10 Completitud del muestreo en el estrato cactáceas de la RE. ____ *146*
Cuadro 3.15 Completitud del muestreo en el estrato epífitas de la RE. ____ *147*
Cuadro 3.16 Completitud del muestreo en el estrato herbáceo de la RE. ____ *148*
Cuadro 3.17 Completitud del muestreo en el estrato palma de la RE. ____ *149*
Cuadro 3.17 Listado florístico registrado en la Región Ecológica ____ *151*
Cuadro 3.19 Especies registradas en la RE respecto a la NOM-059-SEMARNAT-2010 ____ *153*
Cuadro 3.20 Especies registradas en la RE respecto a la CITES. ____ *155*
Cuadro 3.21 Especies registradas en la RE respecto a la CONABIO. ____ *155*
Cuadro 3.22 Índices de diversidad del estrato arbóreo de la RE. ____ *156*
Cuadro 3.23 Índices de diversidad del estrato arbustivo de la RE. ____ *157*
Cuadro 3.24 Índices de diversidad del estrato bejuco de la RE. ____ *158*
Cuadro 3.25 Índices de diversidad del estrato cactáceas de la RE. ____ *158*
Cuadro 3.26 Índices de diversidad del estrato epífitas de la RE. ____ *159*
Cuadro 3.27 Índices de diversidad del estrato herbáceo de la RE. ____ *159*
Cuadro 3.28 Índices de diversidad del estrato palma de la RE. ____ *160*
Cuadro 3.29 Densidad por especie del estrato arbóreo de la RE. ____ *160*
Cuadro 3.30 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato arbóreo de la RE. ____ *162*
Cuadro 3.31 Densidad por especie del estrato arbustivo de la RE. ____ *163*
Cuadro 3.32 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato arbustivo de la RE. ____ *164*
Cuadro 3.33 Densidad por especie del estrato bejuco de la RE. ____ *165*
Cuadro 3.34 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato bejuco de la RE. ____ *166*
Cuadro 3.35 Densidad por especie del estrato cactáceas de la RE. ____ *167*
Cuadro 3.36 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato cactáceas de la RE. ____ *167*
Cuadro 3.37 Densidad por especie del estrato epífitas de la RE. ____ *168*
Cuadro 3.38 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato epifitas de la RE. ____ *169*
Cuadro 3.39 Densidad por especie del estrato herbáceo de la RE. ____ *170*

Cuadro 3.40 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato herbáceo de la RE. 170
Cuadro 3.41 Densidad por especie del estrato palma de la RE. 171
Cuadro 3.42 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato palma de la RE. 172
Cuadro 3.43 Clasificación de las superficies del predio con base en la verificación de campo 176
Cuadro 3.44 Relación superficial de la VSa/SBC y el área propuesta para CUSTF respecto de la Subcuenca Hidrológica 177
Cuadro 3.45 Coordenadas UTM, datum WGS84, zona 14N, de los sitios de muestreo establecidos en el CUSTF. 181
Cuadro 3.46 Unidades empleadas para el muestreo de las formas de vida presentes en el CUSTF. 182
Cuadro 3.47 Número de especies registrado en los sitios de muestreo del CUSTF. 186
Cuadro 3.48 Intensidad y precisión estadística del muestreo efectuado en el CUSTF. 186
Cuadro 3.49 Completitud del muestreo en el estrato arbóreo del CUSTF. 192
Cuadro 3.50 Completitud del muestreo en el estrato arbustivo del CUSTF. 193
Cuadro 3.51 Completitud del muestreo en el estrato bejuco del CUSTF. 193
Cuadro 3.52 Completitud del muestreo en el estrato cactáceas del CUSTF. 194
Cuadro 3.53 Completitud del muestreo en el estrato epifitas del CUSTF. 195
Cuadro 3.54 Completitud del muestreo en el estrato herbáceo del CUSTF. 196
Cuadro 3.55 Completitud del muestreo en el estrato palma del CUSTF. 197
Cuadro 3.56 Listado florístico registrado en el CUSTF. 199
Cuadro 3.57 Especies registradas en el CUSTF respecto a la CITES. 202
Cuadro 3.58 Especies registradas en el CUSTF respecto a la CONABIO. 202
Cuadro 3.59 Índices de diversidad del componente arbóreo integrado —arbolado adulto y renuevo— en el CUSTF. 203
Cuadro 3.60 Índices de diversidad del estrato arbustivo del CUSTF. 203
Cuadro 3.61 Índices de diversidad del estrato bejuco del CUSTF. 204
Cuadro 3.62 Índices de diversidad del estrato cactáceas del CUSTF. 205
Cuadro 3.63 Índices de diversidad del estrato herbáceo del CUSTF. 205
Cuadro 3.64 Densidad del arbolado adulto, renuevo arbóreo y componente arbóreo integrado en el CUSTF. 206
Cuadro 3.65 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato arbóreo del CUSTF. 207
Cuadro 3.66 Densidad por especie del estrato arbustivo del CUSTF. 208
Cuadro 3.67 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato arbustivo del CUSTF. 208
Cuadro 3.68 Densidad por especie del estrato bejuco del CUSTF. 209
Cuadro 3.69 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato bejuco del CUSTF. 210
Cuadro 3.70 Densidad por especie del estrato cactáceas del CUSTF. 211
Cuadro 3.71 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato cactáceas del CUSTF. 211
Cuadro 3.72 Densidad por especie del estrato herbáceo del CUSTF. 213

Cuadro 3.73 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato herbáceo del CUSTF. ____ 213
Cuadro 3.74 Bases generales utilizadas para el análisis comparativo de la flora. ____ 217
Cuadro 3.75 Comparación de la riqueza taxonómica registrada en el área de CUSTF y en la VSa/SBC de la RE. ____ 218
Cuadro 3.76 Riqueza florística por forma de vida en el área de CUSTF y en la VSa/SBC de la RE. ____ 220
Cuadro 3.77 Comparación del tipo de distribución de las especies registradas en el área de CUSTF y en la VSa/SBC de la RE. ____ 221
Cuadro 3.78 Comparación del estatus de conservación conforme a la UICN de las especies registradas en el área de CUSTF y en la VSa/SBC de la RE. ____ 224
Cuadro 3.79 Comparación de las especies incluidas en los apéndices de la CITES registradas en el área de CUSTF y en la VSa/SBC de la RE. ____ 226
Cuadro 3.80 Comparación de las especies prioritarias para la conservación señaladas por CONABIO registradas en el área de CUSTF y en la VSa/SBC de la RE ____ 228
Cuadro 3.81 Índices de similitud florística entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE _ 229
Cuadro 3.82 Comparación de los índices de diversidad del estrato arbóreo entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE. ____ 231
Cuadro 3.83 Comparación de la densidad y el IVIE del estrato arbóreo entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE. ____ 232
Cuadro 3.84 Comparación de los índices de diversidad del estrato arbustivo entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE. ____ 234
Cuadro 3.85 Comparación de la densidad y el IVIE del estrato arbustivo entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE. ____ 235
Cuadro 3.86 Comparación de los índices de diversidad del estrato bejuco entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE. ____ 236
Cuadro 3.87 Comparación de la densidad y el IVIE del estrato bejuco entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE. ____ 237
Cuadro 3.88 Comparación de los índices de diversidad del estrato cactáceas entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE. ____ 238
Cuadro 3.89 Comparación de la densidad y el IVIE del estrato cactáceas entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE. ____ 239
Cuadro 3.90 Comparación de los índices de diversidad del estrato epífitas entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE. ____ 240
Cuadro 3.91 Comparación de la densidad y el IVIE del estrato epífitas entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE. ____ 241
Cuadro 3.92 Comparación de los índices de diversidad del estrato herbáceo entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE. ____ 242
Cuadro 3.93 Comparación de la densidad y el IVIE del estrato herbáceo entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE. ____ 243
Cuadro 3.94 Comparación de los índices de diversidad del estrato palma entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE. ____ 245
Cuadro 3.95 Comparación de la densidad y el IVIE del estrato palma entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE. ____ 245
Cuadro 3.96 Síntesis de los índices de diversidad por estrato en el área de CUSTF y en la VSa/SBC de la RE. ____ 248
Cuadro 3.97 Determinación cualitativa del grado de afectación sobre el componente flora. ____ 249

Cuadro 3.98 Abundancia y densidad de las especies arbóreas incluidas en la estimación volumétrica. ____ *253*
Cuadro 3.99 Volumen de madera rollo total árbol con corteza por especie en la superficie sujeta a CUSTF. ____ *254*
$NCUSTF = 10\ individuos/ha 0.855907\ ha = 8.56\ individuos$ *Cuadro 3.100 Abundancia estimada de Attalea butyracea en la superficie sujeta a CUSTF.* ____ *254*
Cuadro 3.101 Superficie de muestreo y factores de expansión utilizados para los componentes no volumétricos. ____ *255*
Cuadro 3.102 Abundancia estimada del renuevo arbóreo en la superficie sujeta a CUSTF. ____ *256*
Cuadro 3.103 Abundancia estimada del estrato arbustivo en la superficie sujeta a CUSTF. ____ *257*
Cuadro 3.104 Abundancia estimada de bejucos y trepadoras en la superficie sujeta a CUSTF. ____ *258*
Cuadro 3.105 Abundancia estimada del estrato herbáceo en la superficie sujeta a CUSTF. ____ *258*
Cuadro 3.106 Abundancia estimada de cactáceas y bromeliáceas en la superficie sujeta a CUSTF. ____ *259*
Cuadro 3.107 Abundancia estimada del componente epífito en la superficie sujeta a CUSTF. ____ *259*
Cuadro 3.108 Resumen de las especies e individuos estimados por remover en el predio del proyecto. ____ *260*
Cuadro 3.109 Resumen del listado potencial obtenido para los distintos grupos faunísticos en el estado de Veracruz y Municipios de la zona metropolitana de Veracruz. ____ *262*
Cuadro 3.110 Ubicación de los transectos recorridos dentro del área de la subcuenca hidrológica. ____ *270*
Cuadro 3.108 Coordenadas de los transectos de las trampas tipo Sherman para el estudio de roedores dentro del área de estudio. ____ *272*
Cuadro 3.112 Coordenadas de los puntos de muestreo de las trampas tipo Tomahawk para el estudio de mamíferos medianos dentro del área de la Subcuenca. ____ *274*
Cuadro 3.113 Coordenadas de los puntos de muestreo de las cámaras trampa para el estudio de fauna silvestre dentro del área de la subcuenca. ____ *275*
Cuadro 3.114 Coordenadas de los puntos de muestreo de las redes de niebla para el estudio de quirópteros en el área de la Subcuenca. ____ *276*
Cuadro 3.115 Coordenadas de los transectos muestreados de aves y tipos de vegetación dentro del área de Subcuenca. ____ *277*
Cuadro 3.116 Descripción de los gremios tróficos. ____ *281*
Cuadro 3.117 Descripción de las categorías para la designación de tipo de distribución. _ *282*
Cuadro 3.119 Abundancia relativa de las especies de anfibios. ____ *284*
Cuadro 3.120 Valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson para la comunidad de anfibios registrada en el área de estudio. ____ *285*
Cuadro 3.121 Estimadores de riqueza y cobertura del muestreo para la comunidad de anfibios. ____ *286*
Cuadro 3.122 Sociabilidad de las especies de anfibios. ____ *289*
Cuadro 3.123 Gremio alimenticio de las especies de anfibios registradas en la Subcuenca Hidrológica. ____ *290*
Cuadro 3.124 Distribución vertical de las especies de anfibios en el área de estudio. ____ *291*

Cuadro 3.125 Estado de conservación nacional e internacional y distribución de anfibios. 292
Cuadro 3.126 Abundancia relativa de las especies de reptiles registradas en la Subcuenca Hidrológica. 293
Cuadro 3.127 Valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson para la comunidad de reptiles registrada en el área de estudio. 294
Cuadro 3.108 Estimadores de riqueza y cobertura del muestreo para la comunidad de reptiles. 295
Cuadro 3.128 Sociabilidad en las especies de reptiles 297
Cuadro 3.130 Especies de reptiles registradas en el área de la Subcuenca, de acuerdo con su gremio trófico. 300
Cuadro 3.130 Especies registradas de reptiles de acuerdo a su distribución vertical 301
Cuadro 3.131 Estado de conservación nacional e internacional y distribución de reptiles. 303
Cuadro 3.132 Abundancia relativa de las especies de mamíferos registradas en el área de la Subcuenca Hidrológica. 304
Cuadro 3.133 Especies y número de individuos registrados en el área de la Subcuenca Hidrológica. 305
Cuadro 3.134 Valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson para la comunidad de mamíferos registrada en el área de la Subcuenca Hidrológica. 306
Cuadro 3.136 Estimadores de riqueza y cobertura del muestreo para la comunidad de mamíferos. 306
Cuadro 3.136 Distribución vertical de las especies de mamíferos dentro del área de la Región Ecológica. 309
Cuadro 3.137 Estatus de conservación nacional e internacional de las especies de mamíferos dentro del área de estudio. 311
Cuadro 3.138 Especies y número de individuos por tipo de vegetación dentro del área de estudio. 312
Cuadro 3.139 Abundancia relativa en la comunidad de aves dentro del área de estudio. 314
Cuadro 3.140 Índices de diversidad para aves en el área de estudio. 316
Cuadro 3.141 Estimaciones de diversidad bajo un enfoque no-asintótico. 317
Cuadro 3.142 Estado de conservación de las especies según la NOM-059-SEMARNAT-2010, IUCN y CITES 322
Cuadro 3.142 Ubicación de los transectos recorridos dentro del área de proyecto. 336
Cuadro 3.142 Coordenadas de los transectos donde fueron colocadas las trampas tipo Sherman para el estudio de roedores dentro del área de estudio. 338
Cuadro 3.142 Coordenadas de los puntos de muestreo de las trampas tipo Tomahawk para el estudio de mamíferos medianos dentro del área de CUSTF. 340
Cuadro 3.142 Coordenadas de los puntos de muestreo de las cámaras trampa para el estudio de fauna silvestre dentro del área de CUSTF. 341
Cuadro 3.142 Coordenadas de los puntos de muestreo de las redes de niebla para el estudio de quirópteros dentro del área de CUSTF. 341
Cuadro 3.148 Coordenadas de los transectos muestreados de fauna dentro del área de proyecto. 343
Cuadro 3.149 Métodos empleados para la evaluación de la fauna silvestre 344
Cuadro 3.150 Métodos empleados para la caracterización ecológica de la fauna registrada 345

Cuadro 3.151 Abundancia relativa de las especies de anfibios. ____ *347*
Cuadro 3.142 Valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson para la comunidad de anfibios registrada en el área de estudio. ____ *348*
Cuadro 3.153 Estimadores de riqueza y cobertura del muestreo para la comunidad de anfibios. ____ *348*
Cuadro 3.142 Sociabilidad de las especies de anfibios. ____ *351*
Cuadro 3.155 Gremio alimenticio de las especies de anfibios registradas en el CUSTF. ____ *352*
Cuadro 3.156 Distribución vertical de las especies de anfibios dentro del área de proyecto. ____ *353*
Cuadro 3.157 Estado de conservación nacional e internacional y distribución de anfibios. ____ *354*
Cuadro 3.158 Abundancia relativa de las especies de anfibios registradas en el área de proyecto. ____ *355*
Cuadro 3.159 Valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson para la comunidad de reptiles registrada en el área de estudio. ____ *356*
Cuadro 3.160 Estimadores de riqueza y cobertura del muestreo para la comunidad de reptiles. ____ *356*
Cuadro 3.161 Sociabilidad en las especies de reptiles ____ *358*
Cuadro 3.162 Especies de reptiles registradas en el área del CUSTF, de acuerdo con su gremio trófico. ____ *360*
Cuadro 3.142. Especies registradas de reptiles dentro del CUSTF de acuerdo a su distribución vertical ____ *362*
Cuadro 3.164 Estado de conservación nacional e internacional y distribución de reptiles ____ *362*
Cuadro 3.165 Abundancia relativa de las especies de mamíferos registradas en el área de proyecto. ____ *364*
Cuadro 3.166 Especies y número de individuos registrados dentro del área de proyecto. ____ *364*
Cuadro 3.167 Valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson para la comunidad de mamíferos registrada en el área de estudio. ____ *366*
Cuadro 3.168 Estimadores de riqueza y cobertura del muestreo para la comunidad de mamíferos. ____ *366*
Cuadro 3.169 Distribución vertical de las especies de mamíferos presentes en la zona del área de CUSTF. ____ *370*
Cuadro 3.170 Estatus de conservación nacional e internacional de las especies de mamíferos dentro del área de estudio. ____ *371*
Cuadro 3.171 Especies y número de individuos por tipo de vegetación dentro del área de estudio. ____ *372*
Cuadro 3.172 Abundancia relativa en la comunidad de aves dentro del área de estudio. ____ *374*
Cuadro 3.173 Índices de diversidad para aves en el área de estudio. ____ *376*
Cuadro 3.174 Estimaciones de diversidad bajo un enfoque no-asintótico. ____ *377*
Cuadro 3.175 Estado de conservación de las especies según la NOM-059-SEMARNAT-2010, IUCN y CITES ____ *383*
Cuadro 3.176 Comparación de la riqueza y abundancia de vertebrados terrestres registrados en la VSa/SBC del área de CUSTF y de la RE. ____ *396*
Cuadro 3.177 Correspondencia de las especies de vertebrados terrestres registradas en la VSa/SBC del área de CUSTF y de la RE. ____ *399*
Cuadro 3.176 Comparación de los índices de diversidad y cobertura del muestreo de la fauna registrada en el área del proyecto y en la RE. ____ *401*

Cuadro 3.176 Comparación de las especies con categoría de riesgo o regulación registradas en la VSa/SBC del CUSTF y de la RE. ____ *405*
Cuadro 3.180 Riqueza y participación de los gremios tróficos registrados en el área del proyecto y en la RE. ____ *407*
Cuadro 3.181 Síntesis de los elementos que sustentan la conclusión comparativa de fauna. ____ *411*
Cuadro 3.3 Síntesis climática del área del proyecto. ____ *415*
Cuadro 3.4 Interacción de fenómenos hidrometeorológicos con obras del proyecto ____ *422*
Cuadro 3.5 Interacción de fenómenos geológicos con obras del proyecto ____ *450*

ÍNDICE IMÁGENES

Imagen 3.1 Región Ecológica delimitada (Subcuenca Hidrográfica El Tejar). ____ *106*
Imagen 3.2 Usos de Suelo y Vegetación presentes en la Región Ecológica. ____ *109*
Imagen 3.3 Usos de Suelo y Vegetación de la Región Ecológica Subcuenca El Tejar. ____ *125*
Imagen 3.4 Distribución del uso del suelo y vegetación en el área del proyecto. ____ *128*
Imagen 3.5 Condiciones fisonómicas de la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia presente en la subcuenca ____ *130*
Imagen 3.6 Ubicación de los sitios de muestreo de VSa/SBC dentro de la Región Ecológica. ____ *131*
Imagen 3.7 Diseño anidado de las unidades de muestreo empleadas para el registro de los componentes de vegetación en la subcuenca. ____ *134*
Imagen 3.8 Ejemplo de las actividades realizadas en el muestreo ____ *135*
Imagen 3.9 Curva de acumulación de especies del estrato arbóreo de la RE. ____ *144*
Imagen 3.10 Curva de acumulación de especies del estrato arbustivo de la RE. ____ *145*
Imagen 3.11 Curva de acumulación de especies del estrato bejuco de la RE. ____ *146*
Imagen 3.12 Curva de acumulación de especies del estrato cactáceas de la RE. ____ *147*
Imagen 3.13 Curva de acumulación de especies del estrato epifitas de la RE. ____ *148*
Imagen 3.14 Curva de acumulación de especies del estrato herbáceo de la RE. ____ *149*
Imagen 3.15 Curva de acumulación de especies del estrato palma de la RE. ____ *150*
Imagen 3.16 Riqueza específica de la RE. ____ *150*
Imagen 3.17 Riqueza especifica por estrato de la RE. ____ *151*
Imagen 3.18 Porcentaje de especies registradas en la RE respecto a la distribución. ____ *154*
Imagen 3.19 Criterios UICN de las especies registradas en la RE ____ *154*
Imagen 3.20 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato arbóreo de la RE. ____ *163*
Imagen 3.20 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato arbustivo de la RE. ____ *165*
Imagen 3.22 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato bejuco de la RE. ____ *166*
Imagen 3.22 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato cactáceas de la RE. ____ *168*
Imagen 3.24 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato epífitas de la RE. ____ *169*

Imagen 3.25 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato herbáceo de la RE. ____ *171*
Imagen 3.26 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato palma de la RE. ____ *172*
Imagen 3.27 Clasificación de superficies en el sitio del proyecto con base en los recorridos y levantamientos de campo. ____ *175*
Imagen 3.28 Evidencias de perturbación y factores de presión antrópica en el área del CUSTF: presencia de gramíneas exóticas, disposición de escombro y proximidad de conjuntos habitacionales. ____ *179*
Imagen 3.29 Distribución espacial de los cinco sitios de muestreo dentro de los polígonos sujetos a CUSTF. ____ *181*
Imagen 3.30 Diseño anidado de las unidades de muestreo empleadas para el registro de los componentes de vegetación en el CUSTF. ____ *183*
Imagen 3.31 Actividades realizadas durante el muestreo de vegetación ____ *185*
Imagen 3.32 Curva de acumulación de especies del estrato arbóreo del CUSTF. ____ *192*
Imagen 3.33 Curva de acumulación de especies del estrato arbustivo del CUSTF. ____ *193*
Imagen 3.34 Curva de acumulación de especies del estrato bejuco del CUSTF. ____ *194*
Imagen 3.35 Curva de acumulación de especies del estrato cactáceas del CUSTF. ____ *195*
Imagen 3.36 Curva de acumulación de especies del estrato epifitas del CUSTF. ____ *196*
Imagen 3.37 Curva de acumulación de especies del estrato herbáceo del CUSTF. ____ *197*
Imagen 3.38 Curva de acumulación de especies del estrato palma del CUSTF. ____ *198*
Imagen 3.39 Riqueza específica del CUSTF. ____ *199*
Imagen 3.40 Riqueza especifica por estrato del CUSTF. ____ *199*
Imagen 3.41 Porcentaje de especies registradas en el CUSTF respecto a la distribución. _ *201*
Imagen 3.42 Criterios UICN de las especies registradas en el CUSTF. ____ *201*
Imagen 3.43 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato arbóreo del CUSTF. ____ *207*
Imagen 3.44 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato arbustivo del CUSTF. ____ *209*
Imagen 3.45 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato bejuco del CUSTF. ____ *210*
Imagen 3.29 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato cactáceas del CUSTF. ____ *212*
Imagen 3.29 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato epifitas. ____ *212*
Imagen 3.48 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato herbáceo del CUSTF. ____ *214*
Imagen 3.49 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato palma. ____ *214*
Imagen 3.29 Comparación de la riqueza taxonómica registrada en el área de CUSTF y en la VSa/SBC de la RE. ____ *219*
Imagen 3.51 Comparación de la riqueza florística por forma de vida entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE. ____ *220*
Imagen 3.29 Comparación del IVIE del estrato arbóreo entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE. ____ *233*
Imagen 3.29 Comparación del IVIE del estrato arbustivo entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE. ____ *235*

Imagen 3.54 Comparación del IVIE del estrato bejuco entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE. ____ 237
Imagen 3.55 Comparación del IVIE del estrato cactáceas entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE. ____ 239
Imagen 3.56 Comparación del IVIE del estrato epífitas entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE. ____ 241
Imagen 3.57 Comparación del IVIE del estrato herbáceo entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE. ____ 244
Imagen 3.58 Comparación del IVIE del estrato palma entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE. ____ 246
Imagen 3.59 Uso de suelo y vegetación presentes en la Subcuenca Hidrológica: A) y B) Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia; C) y D) Pastizal cultivado. ____ 267
Imagen 3.60 Muestra los sitios dentro de la Subcuenca Hidrológica en los que se enfocó el trabajo de campo para el registro de la fauna. ____ 268
Imagen 3.61 Recorridos en horario diurno y crespuscular/nocturno por los diferentes ambientes del área para la búsqueda y registro de anfibios y reptiles. ____ 271
Imagen 3.62 Toma de evidencia fotográfica y recolección de información en sitio. ____ 271
Imagen 3.63 Colocación de trampas tipo Sherman en el sitio de muestreo para la captura de mamíferos pequeños (roedores). ____ 273
Imagen 3.64 Búsqueda de rastros de excretas, huellas, restos óseos, madrigueras, rascaderas. Huella de mapache (Procyon lotor). ____ 274
Imagen 3.65 Colocación de trampas tipo Tomahawk para mamíferos medianos en el área de la Subcuenca. ____ 275
Imagen 3.66 Colocación de cámara trampa para la captura de fauna silvestre. ____ 276
Imagen 3.67 Colocación de redes de niebla para la captura de quirópteros. ____ 276
Imagen 3.68 Registro de aves dentro de los diferentes tipos de vegetación en el área correspondiente a Subcuenca. ____ 278
Imagen 3.69 Número de familias y especies de los vertebrados terrestres registrados en el área de la Subcuenca Hidrológica. ____ 283
Imagen 3.70 Individuo de Leptodactylus melanonotus encontrada en una charca temporal. ____ 284
Imagen 3.71 Curvas de acumulación de especies: A) Diversidad de especies; B) Cobertura de muestreo. ____ 287
Imagen 3.72 Porcentaje de especies de anfibios registradas de acuerdo al estrato en el que fueron encontrados. ____ 291
Imagen 3.73 Rana arborícola de ojos rojos (Agalychnis callidryas), especie incluida en el Apéndice II de CITES. ____ 293
Imagen 3.74 Curvas de acumulación de especies: A) Diversidad de especies; B) Cobertura de muestreo. ____ 296
Imagen 3.75 Porcentaje de especies de reptiles registrados de acuerdo con su comportamiento social ____ 297
Imagen 3.76 Porcentaje de especies de reptiles por gremio trófico ____ 299
Imagen 3.76 Distribución porcentual de las especies de reptiles de acuerdo con su estrato de ocupación en el área de la Subcuenca. ____ 301
Imagen 3.78 Individuo de Boa imperator registrado en la Región Ecológica, especie Amenazada (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. ____ 303
Imagen 3.79 Curva de acumulación: A) Diversidad de especies; B) Cobertura de muestreo. ____ 307

Imagen 3.80 Porcentaje de especies de mamíferos registrados de acuerdo con su comportamiento social. ____ 308
Imagen 3.81 Gremios tróficos identificados durante el muestreo de mamíferos registrados en la región ecológica. ____ 309
Imagen 3.82 Porcentaje de especies de mamíferos registradas de acuerdo al estrato en el que fueron encontrados. ____ 310
Imagen 3.83 Ibis blanco (Eudocimus albus) la especie con mayor abundancia. Garza tigre mexicana (Tigrisoma mexicanum) una de las especies con un único registro. ____ 315
Imagen 3.84 A) Cobertura de muestreo B) Curva de acumulación de especies. ____ 318
Imagen 3.85 Sociabilidad de la avifauna en el área de estudio. ____ 319
Imagen 3.86 Gremios tróficos en la comunidad de aves dentro de estudio. ____ 320
Imagen 3.87 Distribución vertical de las aves dentro del área de estudio ____ 321
Imagen 3.88 Uso de suelo y vegetación presentes en el área de proyecto: A) y B) Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia; C) y D) Pastizal cultivado. ____ 334
Imagen 3.89 Muestra el área de proyecto y los sitios en los que se enfocó el muestreo para el registro de la fauna (transectos y puntos de trampeo). ____ 335
Imagen 3.90 Recorridos en horario diurno y crespucular/nocturno por los diferentes tipos de vegetaciòn para la bùsqueda y registro de anfibios y reptiles ____ 336
Imagen 3.91 Toma de evidencia fotográfica y recolección de información en sitio. ____ 337
Imagen 3.92 Colocación de trampas tipo Sherman para mamíferos pequeños (roedores). ____ 338
Imagen 3.89 Búsqueda de rastros como excretas, huellas, restos óseos, madrigueras, rascaderas. Huella de mapache (Procyon lotor). ____ 339
Imagen 3.89 Colocación de trampas tipo Tomahawk para mamíferos medianos en vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia y pastizal cultivado. ____ 340
Imagen 3.95 Colocación de cámara trampa para el registro fotográfico de fauna silvestre. ____ 341
Imagen 3.96 Colocación de redes de niebla para la captura de quirópteros. ____ 342
Imagen 3.97 Registro de aves dentro de los diferentes tipos de vegetación en el área de proyecto ____ 343
Imagen 3.98 Número de familias y especies de los vertebrados terrestres registrados dentro del área de proyecto. ____ 346
Imagen 3.89 Curvas de acumulación de especies: A) Diversidad de especies; B) Cobertura de muestreo. ____ 349
Imagen 3.100 Porcentaje de especies de anfibios registradas de acuerdo con el estrato en el que fueron encontrados. ____ 353
Imagen 3.101 Individuo de Hypopachus ustus, única especie de anfibio registrada en el área del proyecto incluida en la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr). ____ 354
Imagen 3.89 Curvas de acumulación de especies: A) Diversidad de especies; B) Cobertura de muestreo. ____ 357
Imagen 3.89 Porcentaje de especies de reptiles registrados de acuerdo con su comportamiento social ____ 358
Imagen 3.104 Porcentaje de especies de reptiles por gremio trófico ____ 360
Imagen 3.105 Distribución porcentual de las especies de reptiles de acuerdo con su estrato de ocupación en el área del CUSTF ____ 361

Imagen 3.89 Ejemplar de Micrurus diastema registrado en el área del proyecto, especie endémica de México y Sujeta a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. ____ 363
Imagen 3.107 Curva de acumulación: A) Diversidad de especies; B) Cobertura de muestreo. ____ 367
Imagen 3.108 Curva de acumulación: A) Diversidad de especies; B) Cobertura de muestreo. ____ 367
Imagen 3.89 Porcentaje de especies de mamíferos registrados de acuerdo con su comportamiento social ____ 368
Imagen 3.110 Gremios tróficos identificados durante el muestreo de mamíferos registrados en el área de CUSTF. ____ 369
Imagen 3.111 Porcentaje de especies de mamíferos registradas de acuerdo al estrato en el que fueron encontrados. ____ 371
Imagen 3.89 Pijije alas blancas (Dendrocygna autumnalis) la segunda especie más abundante. Halcón fajado (Falco femoralis), especie con un único registro y una de las menos abundantes de la comunidad. ____ 375
Imagen 3.89 Zanate mayor (Quiscalus mexicanus), especie del gremio omnívoro y la especie con mayor abundancia. ____ 376
Imagen 3.114 A) Cobertura de muestreo B) Curva de acumulación de especies. ____ 378
Imagen 3.115 Sociabilidad de la avifauna en el área de estudio. ____ 379
Imagen 3.116 Gremios tróficos en la comunidad de aves dentro de estudio. ____ 380
Imagen 3.117 Distribución vertical de la comunidad de aves dentro del CUSTF. ____ 381
Imagen 3.117 Ambientes considerados en la caracterización faunística del área del proyecto ____ 395
Imagen 3.119 Comparación de la riqueza de especies por grupo faunístico en la VSa/SBC del área de CUSTF y de la RE. ____ 397
Imagen 3.120 Comparación del número de registros por grupo faunístico en la VSa/SBC del CUSTF y de la RE. ____ 398
Imagen 3.121 Proporción de las especies registradas en la VSa/SBC del CUSTF que también fueron observadas en la VSa/SBC de la RE, por grupo faunístico. ____ 399
Imagen 3.122 Comparación del índice de Shannon-Wiener por grupo faunístico entre el área del proyecto y la RE. ____ 402
Imagen 3.120 Cobertura estimada del muestreo por grupo faunístico en el área del proyecto y la RE. ____ 404
Imagen 3.124 Comparación de la riqueza de especies por gremio trófico registrada en el área del proyecto y en la RE. ____ 408
Imagen 3.125 Tipo de clima, respecto a la Región Ecológica y el Área del Proyecto. ____ 413
Imagen 3.126 Isotermas medias anuales, respecto a la Región Ecológica y el Área del Proyecto. ____ 414
Imagen 3.127 Precipitación media en la Región Ecológica y el Área del Proyecto. ____ 415
Imagen 3.5 Peligro por huracán, respecto a la Región Ecológica y el Área del Proyecto. ____ 417
Imagen 3.6 Peligro por ciclones tropicales, respecto a la Región Ecológica y el Área del Proyecto. ____ 418
Imagen 3.7 Peligro por huracán, respecto a la Región Ecológica y el Área del Proyecto. ____ 419
Imagen 3.8 Peligro por precipitación asociada a tormentas y depresiones tropicales, respecto a la Región Ecológica y el Área del Proyecto. ____ 420
Imagen 3.6 Zonas susceptibles a inundación en la Región Ecológica y el Área del Proyecto. ____ 422

Imagen 3.10 Geología en la Región Ecológica y el Área del Proyecto. ____ 424
Imagen 3.11 Tipos de rocas en la Región Ecológica y el Área del Proyecto. ____ 427
Imagen 3.12 Ubicación de la Provincia Fisiográfica Llanura Costera del Golfo Sur, con relación a la Región Ecológica y el Área del Proyecto. ____ 433
Imagen 3.13 Ubicación de la Subprovincia Fisiográfica Llanura Costera Veracruzana, con relación a la Región Ecológica y el Área del Proyecto. ____ 434
Imagen 3.14 Sistema de Topoformas con respecto a la Región Ecológica y el Área del Proyecto. ____ 435
Imagen 3.15 Distribución de pendientes en la Región Ecológica y el Área del Proyecto. ____ 439
Imagen 3.16 Formas y tipos de erosión en la Región Ecológica y el Área del Proyecto. ____ 440
Imagen 3.17 Regiones de erosividad en la Región Ecológica y el Área del Proyecto. ____ 441
Imagen 3.18 Causas de degradación del suelo identificadas en la Región Ecológica y el Área del Proyecto. ____ 443
Imagen 3.19 Distribución de fallas y fracturas identificadas en la Región Ecológica y el Área del Proyecto. ____ 445
Imagen 3.20 Distribución de fallas y fracturas identificadas en la Región Ecológica y el Área del Proyecto. ____ 446
Imagen 3.21 Susceptibilidad de la zona a inundación. ____ 449
Imagen 3.22 Pendientes en la zona del proyecto. ____ 454
Imagen 3.23 Unidades edafológicas presentes en la Región Ecológica y Área del Proyecto. ____ 457
Imagen 3.24 Ubicación de la Región Ecológica y Área del Proyecto dentro de la Región Hidrológica RH-28 Papaloapan. ____ 460
Imagen 3.24 Ubicación de la Región Ecológica y Área del Proyecto dentro de la Cuenca Hidrológica Río Jamapa y otros. ____ 461
Imagen 3.26 Distribución de la hidrología superficial en la Región Ecológica. ____ 462
Imagen 3.27 Distribución de la hidrología superficial en la zona del proyecto. ____ 462
Imagen 3.28 Estaciones de monitoreo de la calidad del agua superficial en la Región Ecológica. ____ 464
Imagen 3.29 Acuíferos presentes en la Región Ecológica y área del proyecto. ____ 465
Imagen 3.30 Estaciones de monitoreo de calidad del agua subterránea en el entorno de la Región Ecológica y área del proyecto. ____ 466
Imagen 3.31 Rutas de acceso al área del proyecto. ____ 484
Imagen 3.32 Vialidades internas del proyecto. ____ 485

III.1 CRITERIOS DE DELIMITACIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA

Para la delimitación de la **Región Ecológica (RE)** del **"Proyecto de Lotificación Habitacional"**, se realizó un análisis territorial orientado a identificar una unidad espacial que permitiera representar de manera adecuada las condiciones ambientales existentes, así como las relaciones funcionales entre los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos que pudieran presentar interacción con las obras y actividades proyectadas.

La delimitación de la Región Ecológica se realizó atendiendo a los criterios establecidos en la **Guía para la Presentación y Entrega de la Manifestación de Impacto Ambiental de la SEMARNAT (2026)**, particularmente en lo relativo a que la región debe guardar congruencia con la ubicación, características y alcances del proyecto, así como con los ecosistemas y factores ambientales presentes. La Guía reconoce, entre otros, criterios asociados con la hidrografía, hidrología superficial y subterránea, uso de suelo y vegetación, geomorfología, microcuencas, nanocuencas, regiones prioritarias y corredores biológicos, estableciendo además que la delimitación no deberá realizarse mediante límites estatales o municipales.

En este sentido, para el presente proyecto se adoptó como unidad territorial de referencia la **Subcuenca Hidrográfica El Tejar**, misma que constituye la **Región Ecológica (RE)** para efectos del presente estudio. La selección de esta unidad se fundamenta principalmente en su carácter hidrográfico y funcional, debido a que una subcuenca constituye una unidad territorial definida por condiciones naturales de drenaje y por la existencia de relaciones de interdependencia entre el relieve, los escurrimientos superficiales, los suelos, la vegetación, los usos del territorio y las actividades humanas que se desarrollan dentro de ella.

La delimitación de la Subcuenca El Tejar se obtuvo a partir del polígono georreferenciado proporcionado para el presente estudio en formato KML, el cual representa una unidad hidrográfica continua y permite establecer un marco espacial homogéneo para el análisis ambiental. De acuerdo con dicho archivo, la Región Ecológica presenta una superficie de aproximadamente **333.33 km²**, equivalente a aproximadamente **33,333.47 ha**. El polígono se extiende aproximadamente entre las coordenadas 18°53'32" y 19°09'51" de latitud Norte, y 95°59'38" y 96°16'28" de longitud Oeste, dentro de la zona donde se desarrolla el proyecto.

La ubicación del proyecto se encuentra comprendida dentro de esta unidad hidrográfica, por lo que la Subcuenca El Tejar permite establecer una relación espacial directa entre el sitio de intervención y los procesos ambientales que se desarrollan en su entorno. En consecuencia, se considera una unidad territorial adecuada para evaluar las condiciones ambientales actuales y, posteriormente, analizar la forma en

que los impactos generados por el proyecto pueden incorporarse a la dinámica ambiental existente.

La selección de la Subcuenca El Tejar como Región Ecológica se sustentó en seis criterios principales, los cuales se describen a continuación:

1. Criterio hidrológico e hidrográfico

El criterio principal para la delimitación de la Región Ecológica corresponde a la unidad hidrográfica, debido a que permite establecer límites físicos asociados con el comportamiento natural del agua superficial y, en consecuencia, con diversos procesos de transporte, acumulación y redistribución de materiales dentro del territorio.

Desde esta perspectiva, la subcuenca constituye una unidad funcional en la que los escurrimientos superficiales, el relieve y las condiciones del suelo mantienen relaciones de interdependencia. La delimitación mediante el parteaguas hidrográfico permite, por tanto, integrar dentro de una misma unidad de análisis las superficies que presentan una relación potencial con el sistema de drenaje en el que se encuentra inserto el proyecto.

Este criterio resulta particularmente pertinente para el presente proyecto debido a que las obras de urbanización contempladas —principalmente vialidades, lotificación, redes de agua potable y drenaje sanitario— implican modificaciones localizadas sobre la superficie del terreno y, por lo tanto, deben analizarse considerando su relación con los procesos de escurrimiento, infiltración y drenaje existentes.

La utilización de una unidad hidrográfica como Región Ecológica también permite evitar la utilización de límites administrativos que no necesariamente corresponden con la distribución espacial de los procesos ambientales.

2. Criterio de uso de suelo y vegetación

Como segundo criterio se consideró la distribución espacial de los usos de suelo y tipos de vegetación, debido a que estos elementos constituyen una expresión integrada de las condiciones ambientales y del grado de transformación del territorio. Para ello, la delimitación de la Región Ecológica será analizada mediante la superposición del polígono de la Subcuenca El Tejar con la cartografía de uso de suelo y vegetación disponible para el área de estudio, particularmente la información cartográfica más reciente del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), complementándola con la información obtenida directamente en campo.

Este análisis permitirá determinar la proporción y distribución de las diferentes coberturas presentes dentro de la RE, diferenciando aquellas correspondientes a superficies naturales o seminaturales de aquellas asociadas con actividades agrícolas, pecuarias, urbanas, infraestructura y demás formas de ocupación antropogénica.

La consideración de este criterio resulta relevante debido a que el proyecto corresponde a una lotificación habitacional, cuya superficie de intervención se encuentra delimitada y concentrada en un sector específico de la Región Ecológica. Por ello, será posible establecer posteriormente una comparación entre las condiciones de uso de suelo y vegetación existentes en el Área del Proyecto (AP), el Área de Influencia (AI) y la Región Ecológica (RE), conforme a lo requerido por la nueva Guía de MIA.

3. Criterio fisiográfico y geomorfológico

Como criterio complementario se consideró la configuración del relieve y las características geomorfológicas del territorio, debido a que estos factores condicionan la dirección y concentración de los escurrimientos, los procesos de erosión y sedimentación, la formación y estabilidad de los suelos, así como la distribución de determinados tipos de vegetación y usos del territorio.

El análisis de la fisiografía y geomorfología permitirá determinar si la superficie comprendida dentro de la Subcuenca El Tejar presenta una configuración relativamente homogénea o si existen unidades diferenciadas que condicionen el funcionamiento ambiental de determinados sectores.

Este criterio será utilizado como elemento complementario de la delimitación hidrográfica, evitando considerar a la subcuenca únicamente como una superficie geométrica y reconociéndola como una unidad territorial en la que interactúan diferentes procesos físicos.

4. Criterio de integración y funcionalidad ambiental

La delimitación de la Región Ecológica también se fundamentó en un análisis funcional del territorio, orientado a reconocer las relaciones de interdependencia existentes entre los componentes ambientales.

En este sentido, la Región Ecológica no se considera únicamente como el espacio que contiene físicamente al proyecto, sino como una unidad ambiental dentro de la cual pueden desarrollarse procesos de interacción entre el agua, suelo, vegetación, fauna, relieve y actividades humanas.

Este enfoque permitirá posteriormente analizar la denominada integridad funcional del ecosistema, identificando aquellos procesos ambientales que puedan ser relevantes para la evaluación de los impactos del proyecto y determinando si las modificaciones previstas tienen capacidad para trascender espacialmente el área de intervención.

La metodología retoma el enfoque en los cuales la delimitación territorial se sustenta en la identificación de elementos bióticos y abióticos, su distribución espacial y las relaciones funcionales que mantienen entre sí. En estos casos, se ha establecido que las unidades hidrográficas permiten integrar elementos ambientales interrelacionados, facilitar el análisis de impactos acumulativos y establecer una escala territorial adecuada para la evaluación ambiental.

5. Criterio de ocupación e infraestructura existente

Otro elemento considerado corresponde al grado de transformación antropogénica del territorio, mediante la identificación de vialidades, asentamientos humanos, infraestructura, actividades productivas y demás elementos que condicionan actualmente la estructura del paisaje.

Este criterio es especialmente importante para el presente proyecto, debido a que la lotificación se inserta en un territorio donde existe una ocupación humana previa y una estructura territorial que incluye caminos, parcelas y otras áreas transformadas.

El propio diseño del proyecto evidencia esta relación con el entorno, ya que la lotificación se encuentra estructurada alrededor de vialidades internas y cuenta con acceso controlado, infraestructura hidráulica, sanitaria y eléctrica, además de áreas verdes y obras de contención en sectores determinados.

La identificación de estos elementos permitirá establecer posteriormente la condición de transformación del territorio y diferenciar los efectos propios del proyecto de aquellos procesos de modificación ambiental que ya se encuentran presentes dentro de la Región Ecológica.

6. Criterio socioeconómico y de ocupación territorial

Se consideraron las condiciones de ocupación humana y dinámica socioeconómica como elementos complementarios para la interpretación de la Región Ecológica.

La incorporación de este criterio responde a que el proyecto tiene una naturaleza habitacional y, por tanto, sus principales relaciones socioeconómicas estarán vinculadas con la dinámica de crecimiento urbano y habitacional del entorno, la

disponibilidad de infraestructura y servicios, la movilidad de población y la demanda de recursos y servicios asociados con la ocupación del territorio.

No obstante, este criterio se utilizará únicamente como elemento complementario de la delimitación, sin emplear los límites administrativos municipales como fronteras de la Región Ecológica, con la finalidad de ser congruentes con la Guía de MIA, que establece expresamente que la delimitación debe sustentarse en criterios ambientales y territoriales y no en límites estatales o municipales.

III.1.1 INTEGRACIÓN METODOLÓGICA DE LOS CRITERIOS

A partir de los criterios anteriores, la delimitación de la Región Ecológica se desarrolló mediante un proceso de análisis espacial multicriterio, en el cual la unidad hidrográfica constituye el criterio rector y los demás componentes ambientales funcionan como elementos de validación e interpretación de la unidad delimitada.

De manera general, el procedimiento comprendió las siguientes etapas:

1. Identificación de la unidad hidrográfica en la que se encuentra el proyecto.
2. Integración del polígono de la Subcuenca El Tejar como unidad espacial de referencia.
3. Georreferenciación y verificación espacial del proyecto respecto de los límites de la subcuenca.
4. Superposición cartográfica de la Región Ecológica con las capas de hidrología, relieve, geología, suelos, uso de suelo y vegetación.
5. Identificación de ecosistemas, coberturas naturales y superficies transformadas dentro de la RE.
6. Identificación de infraestructura, asentamientos y actividades antropogénicas que actualmente intervienen en la dinámica territorial.
7. Análisis de las relaciones funcionales entre los componentes bióticos y abióticos.
8. Evaluación de la condición ambiental y grado de transformación de la Región Ecológica.
9. Identificación de las problemáticas ambientales existentes que constituyen la línea base sobre la cual se evaluarán posteriormente los efectos del proyecto.
10. Utilización de la Región Ecológica como unidad espacial de referencia para el análisis posterior de los impactos ambientales y su interacción con la dinámica ambiental existente.

Este procedimiento permite que la delimitación no dependa exclusivamente de un único criterio cartográfico, sino que se encuentre respaldada por la correspondencia entre la estructura hidrográfica, las características ambientales y la dinámica de ocupación del territorio.

En consecuencia, para efectos del presente estudio, se considera que la **Subcuenca Hidrográfica El Tejar** constituye una unidad ambiental funcional y espacialmente representativa para establecer la **Región Ecológica** del proyecto, al integrar el sitio de intervención dentro de un sistema territorial definido por procesos ambientales naturales y por las interacciones existentes entre sus componentes.

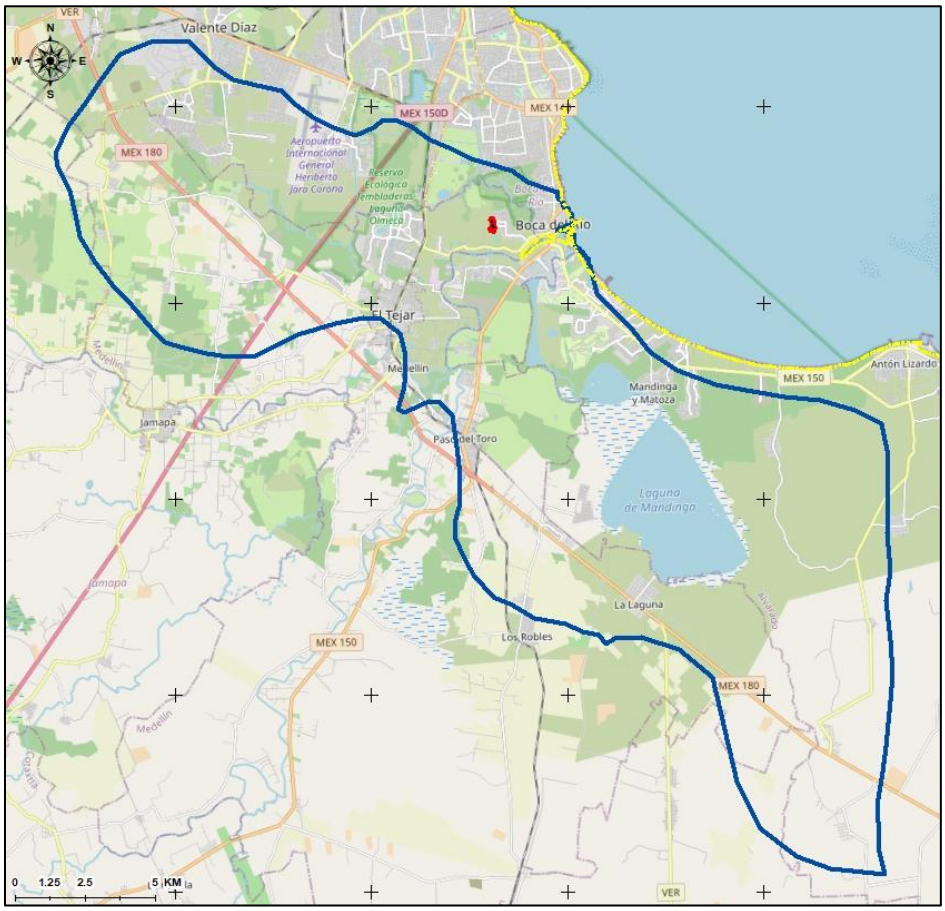


Imagen 3.1 Región Ecológica delimitada (Subcuenca Hidrográfica El Tejar).

III.1.2 SUPERFICIE DE LA REGIÓN ECOLÓGICA

La Región Ecológica (RE) definida para el presente estudio corresponde a la **Subcuenca Hidrográfica El Tejar**, seleccionada como unidad territorial de referencia debido a que permite integrar, bajo un criterio ambiental y funcional, los principales

componentes bióticos y abióticos relacionados con el sitio donde se pretende desarrollar el proyecto.

La delimitación espacial de la Región Ecológica se realizó a partir del polígono georreferenciado de la **Subcuenca El Tejar**, el cual se anexa en formato shape, KML y pdf para el presente estudio. El archivo contiene la geometría de la unidad hidrográfica y registra una superficie de **333.334723357 km²**, equivalente a **33,333.4723 ha**.

Cuadro 3.1 Superficie de la Región Ecológica

Unidad	Superficie	Superficie (ha)	% de incidencia
Región Ecológica (Subcuenca El Tejar)	333.33 km²	33,333.47 ha	100 %
Área del Proyecto	70,359.735 m²	7.0360 ha	0.0211 %

De esta manera, la superficie correspondiente al proyecto representa aproximadamente **0.0211 %** de la superficie total de la Región Ecológica, por lo que la intervención proyectada constituye una fracción espacialmente reducida respecto de la unidad territorial seleccionada para el análisis ambiental.

La diferencia de escala entre ambas unidades resulta pertinente para el análisis ambiental, dado que la superficie del proyecto representa una fracción reducida (0.0211%) de la Región Ecológica. Esta relación de superficies resulta relevante para la evaluación ambiental, ya que permite dimensionar la intervención prevista dentro del contexto territorial en el que se encuentra inserta.

La Región Ecológica comprende una superficie suficientemente amplia para representar las condiciones ambientales y los procesos territoriales que caracterizan el entorno del proyecto, mientras que el Área del Proyecto (AP) corresponde exclusivamente a la superficie de 70,359.735 m² (7.0360 ha) destinada al desarrollo de la lotificación habitacional y sus obras asociadas. Por ello, la caracterización de la RE permitirá establecer el contexto ambiental regional y determinar, mediante el análisis de impactos, cuáles de los efectos asociados con la lotificación tienen capacidad de trascender el espacio directamente intervenido.

Es importante señalar que la superficie de 333.334723 km² corresponde exclusivamente a la unidad territorial adoptada como Región Ecológica para efectos del presente estudio y no constituye el Área de Influencia del proyecto. Esta última será determinada posteriormente con base en la extensión e intensidad de los impactos ambientales significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales que se identifiquen durante el proceso de evaluación, conforme al procedimiento

establecido en la nueva Guía para la Presentación y Entrega de la Manifestación de Impacto Ambiental.

En consecuencia, la Región Ecológica se utilizará como unidad de referencia para la caracterización, diagnóstico y análisis de la dinámica ambiental existente, mientras que el Área del Proyecto será empleada para determinar las superficies directamente intervenidas por las obras y actividades de la lotificación. Esta diferenciación permitirá posteriormente establecer con mayor precisión si los impactos ambientales derivados del proyecto permanecen confinados al área de intervención o si, por su naturaleza, magnitud, extensión o duración, presentan capacidad para trascender hacia otros sectores de la Región Ecológica.

III.2 USOS DE SUELO Y VEGETACIÓN PRESENTES EN LA REGIÓN ECOLÓGICA

La Región Ecológica delimitada mediante la Subcuenca Hidrológica El Tejar presenta un mosaico de usos del suelo y tipos de vegetación resultado de la interacción entre las condiciones naturales del territorio y un proceso histórico de transformación asociado principalmente con las actividades agropecuarias y el crecimiento de los asentamientos humanos. De acuerdo con la cartografía de Uso del Suelo y Vegetación, INEGI Serie VII, dentro de la Región Ecológica se reconocen superficies destinadas a actividades agrícolas, pecuarias y urbanas, así como diferentes comunidades de vegetación natural y secundaria asociadas a ambientes terrestres, humedales y zonas costeras.

Para la caracterización regional se empleó como base el Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación, escala 1:250 000, Serie VII, elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2021). La información fue procesada mediante sistemas de información geográfica, efectuando la intersección de la cobertura temática con el límite actualizado de la subcuenca.

La distribución cartográfica muestra que las comunidades de vegetación natural y secundaria se encuentran inmersas en una matriz con presencia importante de pastizales cultivados, áreas agrícolas y zonas urbanizadas. Esta configuración muestra los procesos históricos de transformación del territorio y permite reconocer que la composición actual de la flora está influida tanto por las condiciones ambientales como por las actividades antrópicas.

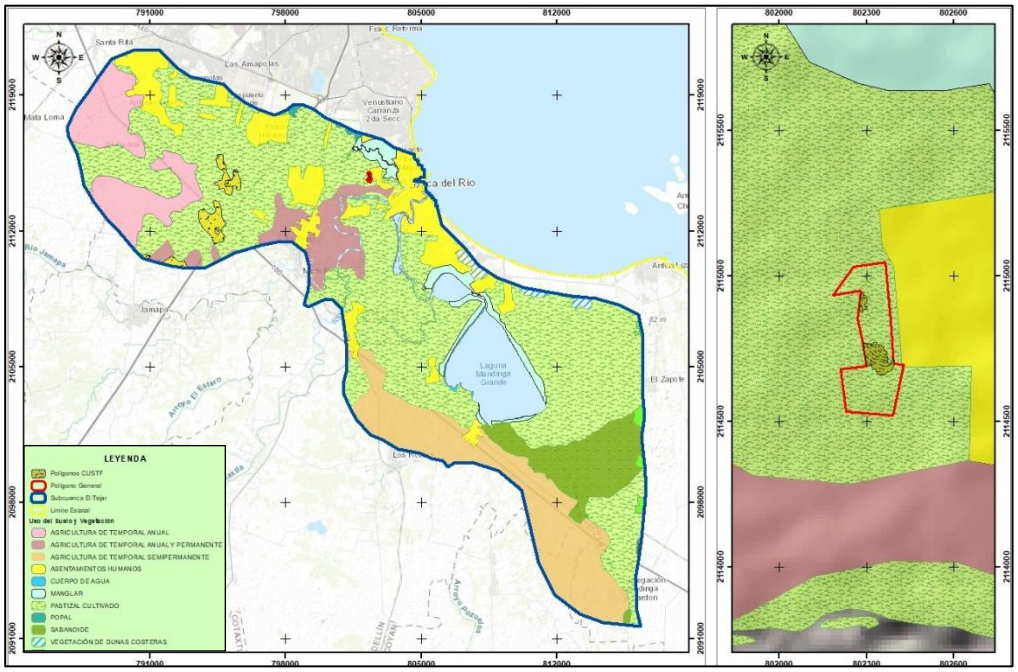


Imagen 3.2 Usos de Suelo y Vegetación presentes en la Región Ecológica.

Cuadro 3.2 Usos del suelo y tipos de vegetación presentes en la Región Ecológica

Uso del Suelo y Vegetación	Clave	Área en has.	Área en Km²	% Ocupación
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva de Galería	VSA/SG	12.6008	0.1260	0.04
Popal	VA	57.2009	0.5720	0.18
Cuerpo de Agua	H2O	72.6387	0.7264	0.23
Vegetación de Dunas Costeras	VU	99.4741	0.9947	0.32
Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Alta Perennifolia	VSa/SAP	111.0549	1.1105	0.36
Vegetación Secundaria Arbustiva de Vegetación de Dunas Costeras	VSa/VU	111.9598	1.1196	0.36
Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia	VSa/SBC	344.2548	3.4425	1.11
Manglar	VM	742.0165	7.4202	2.39
Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP	1459.3696	14.5937	4.70
Sabanoide	VSI	1965.5497	19.6555	6.33
Agricultura de Temporal Anual	TA	2321.2314	23.2123	7.47
Asentamientos Humanos	AH	3288.1223	32.8812	10.59

Agricultura de Temporal Semipermanente	TS	4227.6658	42.2767	13.61
Pastizal Cultivado	PC	16240.6318	162.4063	52.30
	TOTAL	31,053.7710	310.5377	100

Nota aclaratoria: La superficie total delimitada para la región ecológica es de 33,333.4723 ha; sin embargo, la suma de los polígonos de uso del suelo y vegetación asciende a 31,053.7710 ha. Esta diferencia se debe a que, aunque la Serie VII de INEGI contempla la categoría "cuerpo de agua", algunas superficies acuáticas (particularmente sectores del sistema lagunar de Mandinga y del río Jamapa) no se encuentran representadas íntegramente como polígonos dentro de la cobertura vectorial. Por lo tanto, la intersección cartográfica genera áreas sin asignación temática. Por ello, el subtotal del cuadro corresponde exclusivamente a la superficie cubierta por los polígonos de uso del suelo y vegetación, y la diferencia de 2,279.7013 has., obedece a las limitaciones de escala y continuidad geométrica de la fuente cartográfica, no a una omisión aritmética.

III.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS COMUNIDADES VEGETALES

Entre los usos del suelo con mayor representación espacial destaca el **pastizal cultivado**, distribuido ampliamente dentro de la subcuenca y particularmente hacia las zonas centrales y orientales. Esta cobertura se encuentra asociada principalmente con el aprovechamiento pecuario y constituye uno de los elementos predominantes del paisaje regional. Asimismo, se identifican superficies de agricultura de temporal anual, agricultura de temporal anual y permanente y agricultura de temporal semipermanente, las cuales se presentan de manera fragmentada y se concentran principalmente en sectores donde las condiciones del terreno han permitido el establecimiento de actividades agropecuarias.

Los **asentamientos humanos** constituyen otro componente relevante de la Región Ecológica, particularmente hacia los sectores vinculados con la zona conurbada Veracruz–Boca del Río–Medellín y las localidades que se han desarrollado alrededor de las principales vías de comunicación. La distribución de estas superficies evidencia un proceso de transformación progresiva de terrenos originalmente destinados a actividades agropecuarias hacia usos habitacionales, urbanos y de servicios. Esta condición resulta particularmente importante para el proyecto, debido a que el Área del Proyecto se encuentra integrada a un entorno con predominio de usos habitacionales y urbanos preexistentes, formando parte de la continuidad territorial del Fraccionamiento Las Palmas de Medellín.

En cuanto a los cuerpos y ambientes asociados al agua, dentro de la Región Ecológica se reconocen **cuerpos de agua, manglar y popal**, estos últimos relacionados con condiciones de mayor humedad y con la presencia de zonas bajas susceptibles a acumulación de agua. Destaca la presencia de cuerpos de agua de mayor extensión, como la Laguna Mandinga Grande, además de otros elementos hidrológicos distribuidos dentro de la subcuenca. Estos ambientes constituyen componentes de importancia ecológica debido a su función como hábitat, áreas de alimentación y refugio para diversas especies, además de participar en la regulación hidrológica del territorio.

La **vegetación natural y secundaria** se encuentra representada por diferentes comunidades, entre las que se identifican vegetación de dunas costeras, vegetación secundaria arbustiva de selva alta perennifolia, vegetación arbustiva de selva baja caducifolia, vegetación secundaria arbustiva de dunas costeras y vegetación secundaria arbórea de selva de galería. Su distribución es fragmentada y responde a las condiciones ambientales particulares de cada sector de la subcuenca, así como al grado de transformación y aprovechamiento histórico del territorio. La presencia de estas comunidades permite reconocer que, pese al importante grado de modificación antrópica de la Región Ecológica, aún persisten elementos de vegetación natural y secundaria que cumplen funciones ambientales y contribuyen a mantener cierta heterogeneidad del paisaje.

De acuerdo con la cartografía revisada, entre las **comunidades vegetales** reconocidas en la RE se encuentran la Vegetación Secundaria Arbórea De Selva De Galería, El Popal, La Vegetación De Dunas Costeras, La Vegetación Secundaria Arbustiva De Selva Alta Perennifolia, La Vegetación Secundaria Arbustiva De Dunas Costeras, La Vegetación Secundaria Arbustiva De Selva Baja Caducifolia, El Manglar y la Vegetación Sabanoide.

Sus características generales se presentan en la tabla siguiente.

Cuadro 3.3 Características generales de las comunidades vegetales identificadas en la Subcuenca Hidrológica

Comunidad vegetal	Clave	Características generales
Vegetación secundaria arbórea de selva de galería	VSA/SG	Corresponde a una fase sucesional arbórea derivada de la alteración de la selva de galería. Esta última se desarrolla a lo largo de ríos y arroyos, principalmente en regiones cálidas húmedas y subhúmedas, donde la disponibilidad de humedad edáfica y la presencia temporal o permanente de agua determinan su

		distribución. Conserva una estructura dominada por árboles y otros elementos leñosos de porte arbóreo, aunque su composición y organización difieren de la comunidad original como resultado de perturbaciones naturales o antrópicas. Entre las especies citadas por INEGI para la selva de galería se encuentran Pachira aquatica, Annona glabra, Chrysobalanus icaco y Calophyllum brasiliense.
Popal	VA	Comunidad vegetal herbácea que se desarrolla en terrenos pantanosos o cuerpos de agua dulce someros y con inundación permanente. Es característica de las llanuras costeras del Golfo de México, particularmente de regiones cálidas húmedas con precipitación elevada. Las plantas se encuentran arraigadas en el fondo y exponen sus hojas sobre la superficie del agua, formando un estrato herbáceo denso de aproximadamente 1 a 2 m de altura. Entre sus componentes frecuentes se encuentran Thalia geniculata, especies de Calathea, Heliconia, Panicum, Paspalum, Cyperus y Pontederia.
Vegetación de dunas costeras	VU	Comunidad vegetal establecida sobre depósitos arenosos ubicados a lo largo del litoral. Se encuentra integrada principalmente por plantas de porte bajo, herbáceas, rastreras y suculentas, aunque también puede presentar gramíneas y elementos leñosos dispersos. Sus especies están adaptadas a la movilidad del sustrato, la acción del viento, el oleaje, la salinidad y la limitada retención de humedad. Esta vegetación cumple una función importante como comunidad pionera y fijadora de arena, al contribuir a la estabilización de las dunas. Entre sus componentes comunes se encuentran Ipomoea pes-caprae, Sesuvium portulacastrum, Coccoloba uvifera y distintas especies de Opuntia, Croton y Sporobolus.
Vegetación secundaria arbustiva de selva alta perennifolia	VSa/SAP	Fase sucesional originada por la eliminación o perturbación de la estructura original de la selva alta perennifolia. La comunidad primaria se desarrolla en ambientes cálidos y húmedos, generalmente con precipitación elevada, suelos profundos y condiciones favorables de humedad, y se caracteriza por árboles de

		gran altura que conservan el follaje durante todo el año. En su fase secundaria arbustiva predominan arbustos, árboles jóvenes, rebrotes y especies favorecidas por la apertura del dosel. Su composición y densidad dependen de la intensidad de la perturbación, el tiempo transcurrido desde la alteración y las condiciones ambientales que permiten el proceso de regeneración.
Vegetación secundaria arbustiva de vegetación de dunas costeras	VSa/VU	Fase sucesional desarrollada cuando la vegetación original de las dunas costeras ha sido removida o modificada y posteriormente se establece una cobertura dominada por arbustos y otros elementos leñosos de porte bajo. Conserva especies adaptadas a los sustratos arenosos, la salinidad, el viento y la baja disponibilidad de humedad, pero presenta una composición y estructura diferentes de la comunidad primaria. Puede incluir arbustos, plantas rastreras, suculentas y gramíneas que participan en la recolonización y estabilización del sustrato. De acuerdo con INEGI, la vegetación de dunas costeras puede presentar fases secundarias arbustivas y herbáceas.
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	VSa/SBC	Fase sucesional derivada de la alteración de la selva baja caducifolia, comunidad propia de regiones cálidas subhúmedas, semisecas o subsecar, con una estación seca marcada que puede prolongarse entre seis y ocho meses. La comunidad original presenta árboles generalmente de 4 a 10 m de altura, cuyos componentes pierden el follaje durante la época seca. En su fase secundaria arbustiva predominan arbustos, rebrotes, árboles jóvenes y elementos leñosos de talla reducida, acompañados por especies herbáceas, trepadoras, crasas y suculentas. Su composición y estructura reflejan tanto las condiciones estacionales como el tipo, intensidad y antigüedad de las perturbaciones.
Manglar	VM	Comunidad vegetal densa dominada por árboles o arbustos conocidos como mangles, distribuida en las márgenes de lagunas costeras, esteros, desembocaduras de ríos y zonas bajas y fangosas del litoral. Se desarrolla en terrenos inundados o con agua

		estancada, protegidos del oleaje intenso y bajo influencia de agua salobre. Sus componentes presentan adaptaciones como raíces aéreas, raíces en forma de zancos y neumatóforos, que les permiten establecerse en sustratos saturados y con baja disponibilidad de oxígeno. En México predominan Rhizophora mangle, Avicennia germinans, Laguncularia racemosa y Conocarpus erectus, las cuales pueden formar asociaciones con diferentes grados de dominancia.
Vegetación sabanoide	VSI	Comunidad de apariencia semejante a una sabana, caracterizada por una cobertura predominantemente herbácea, principalmente de gramíneas, acompañada por árboles y arbustos dispersos. A diferencia de las sabanas asociadas con terrenos planos y drenaje deficiente, la vegetación sabanoide puede desarrollarse sobre laderas con inclinación variable y suelos sin evidencias claras de drenaje lento. En algunos sitios se relaciona con incendios recurrentes y otras formas de perturbación, aunque estos factores no se presentan necesariamente en todas sus áreas de distribución. Entre sus elementos leñosos característicos se citan los géneros Byrsonima y Curatella, acompañados por gramíneas de géneros como Aristida, Bouteloua, Andropogon, Paspalum y Trachypogon.

Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2021), Guía para la interpretación de cartografía. Uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie VII.

Las descripciones anteriores corresponden al contexto regional derivado de la clasificación cartográfica. Por tanto, no sustituyen la caracterización florística obtenida directamente en campo, la cual se desarrolla específicamente para la comunidad vegetal relacionada con el proyecto.

De manera particular, el Área del Proyecto se encuentra inmersa en un entorno predominantemente transformado por actividades urbanas y habitacionales. No obstante, dentro de la superficie destinada al proyecto se identificaron 0.8559 ha de Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC), correspondientes a los polígonos considerados para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF). Esta condición representa una interacción directa del

proyecto con el componente de vegetación, principalmente durante la etapa de preparación del sitio, por efecto del desmonte y despalme.
La comparación entre la escala regional y las condiciones particulares del proyecto permite establecer que la Región Ecológica presenta un paisaje ambientalmente heterogéneo y con un grado importante de transformación, en el que coexisten superficies agropecuarias, asentamientos humanos, cuerpos de agua, humedales y fragmentos de vegetación natural y secundaria. En este contexto, el proyecto representa una intervención localizada, asociada a la continuidad del proceso de ocupación habitacional existente, cuya principal incidencia sobre la cobertura vegetal se concentra en los polígonos sujetos a CUSTF.

III.3 LISTADO DE ESPECIES POTENCIALES DE FLORA Y FAUNA ASOCIADAS A LA REGIÓN ECOLÓGICA

La caracterización de la biodiversidad de la Región Ecológica delimitada mediante la Subcuenca Hidrológica El Tejar requiere reconocer las especies de flora y fauna que, de acuerdo con los antecedentes disponibles, se encuentran asociadas a los diferentes ambientes, tipos de vegetación y usos del suelo presentes dentro de esta unidad territorial. Para ello, se realizó una recopilación de información proveniente de fuentes bibliográficas, publicaciones científicas, documentos técnicos, inventarios de biodiversidad y registros documentales de carácter regional y municipal, con el propósito de establecer un listado de especies potencialmente presentes en la Región Ecológica.

La información documental consultada comprende referencias correspondientes a los principales ambientes representados en la subcuenca, incluyendo vegetación secundaria, selva baja caducifolia, selva perennifolia, pastizales, manglar, popal, vegetación asociada a cuerpos de agua y ambientes ribereños, así como los ecosistemas presentes en el contexto regional de Medellín de Bravo y el Sistema Lagunar de Mandinga. La consideración de estos ambientes permite integrar una visión amplia de la composición biológica regional y reconocer especies con requerimientos ecológicos asociados a las distintas condiciones ambientales que caracterizan la subcuenca.

Los listados que se presentan a continuación corresponden, por tanto, a una aproximación de la riqueza potencial de flora y fauna asociada a la Región Ecológica, sustentada en los antecedentes documentales disponibles. La inclusión de una especie en estos listados no implica necesariamente que se encuentre presente en toda la extensión de la subcuenca ni dentro del Área del Proyecto, debido a que su distribución se encuentra condicionada por factores como la disponibilidad y calidad

del hábitat, cobertura vegetal, grado de perturbación, conectividad del paisaje, condiciones microambientales y requerimientos ecológicos particulares.
Esta información constituye el marco de referencia regional para el análisis posterior de los componentes bióticos, permitiendo identificar los grupos taxonómicos y especies que potencialmente podrían estar asociados con los ambientes presentes en la Región Ecológica. En los apartados siguientes se presentan por separado los listados correspondientes a flora potencial y fauna potencial, indicando para cada especie la información taxonómica y, cuando se encuentra disponible, su distribución, categoría de riesgo y otros criterios de conservación relevantes.

III.3.1 FLORA POTENCIAL DE LA REGIÓN ECOLÓGICA

El listado de flora potencial se integra a partir de fuentes bibliográficas y documentales de carácter regional, considerando las comunidades vegetales y usos del suelo identificados dentro de la Subcuenca Hidrológica El Tejar. Se incluyen especies asociadas a los diferentes ambientes reconocidos en la región, con énfasis en las comunidades de vegetación natural y secundaria, así como en los ambientes húmedos y costeros que forman parte del contexto ecológico de la subcuenca.

No.	Estrato / forma de vida	Nombre científico	Nombre común	Distribución	NOM-059	UICN	CITES
1	Cactáceas	*Acanthocereus tetragonus*	Nopal de Cruz	Nativa	---	LC	II
2	Arbóreo	*Achatocarpus nigricans*	Árbol del peine	Nativa	---	LC	---
3	Palma	*Acrocomia aculeata*	Palma Coyol	Nativa	---	LC	---
4	Bejuco	*Amphilophium paniculatum*	Bejuco prieto	Nativa	---	---	---
5	Arbustivo	*Amphitecna apiculata*	Jicarillo	Nativa	---	LC	---
6	Palma	*Attalea butyracea*	Corozo	Nativa	---	LC	---
7	Arbóreo	*Azadirachta indica*	Neem	Exótica - Invasora	---	---	---
8	Arbustivo	*Bonellia macrocarpa*	Limoncillo	Nativa	---	LC	---
9	Cactáceas	*Bromelia pinguin*	Piñuela	Nativa	---	---	---
10	Arbóreo	*Bursera simaruba*	Chaca	Nativa	---	LC	---
11	Arbóreo	*Cedrela odorata*	Cedro rojo	Nativa	Pr	VU	II
12	Arbóreo	*Ceiba pentandra*	Ceiba	Nativa	---	LC	---
13	Herbáceo	*Cleome spinosa*	Flor de araña	Nativa	---	---	---
14	Arbóreo	*Coccoloba barbadensis*	Uvero	Nativa	---	LC	---
15	Bejuco	*Dalbergia brownei*	Bejuco de estribo	Nativa	---	LC	II

16	Arbóreo	*Daphnopsis americana*	Cuero de toro	Nativa	---	LC	---
17	Herbáceo	*Echinochloa polystachya*	Pasto Alemán	Nativa	---	LC	---
18	Epífitas	*Eulophia maculata*	Lengua de Tigre	Exótica - Invasora	---	---	---
19	Arbóreo	*Ficus aurea*	Amate	Nativa	---	LC	---
20	Arbóreo	*Garcinia intermedia*	Jorco	Nativa	---	LC	---
21	Arbóreo	*Guazuma ulmifolia*	Guacima	Nativa	---	LC	---
22	Herbáceo	*Hymenocallis littoralis*	Lirio Araña	Nativa	---	---	---
23	Arbóreo	*Leucaena leucocephala*	Guaje	Nativa	---	---	---
24	Epífitas	*Lygodium venustum*	Helecho	Nativa	---	---	---
25	Arbóreo	*Maclura tinctoria*	Mora	Nativa	---	LC	---
26	Arbustivo	*Malvaviscus arboreus*	Tulipan de monte	Nativa	---	LC	---
27	Arbustivo	*Mimosa pigra*	Zarza	Nativa	---	LC	---
28	Arbustivo	*Neea psychotrioides*	Frutilla	Nativa	---	LC	---
29	Herbáceo	*Oplismenus hirtellus*	Pasto selva	Nativa	---	---	---
30	Arbóreo	*Parmentiera aculeata*	Cuajilote	Nativa	---	LC	---
31	Bejuco	*Paullinia fuscescens*	Amarguillo	Nativa	---	---	---
32	Arbustivo	*Petiveria alliacea*	Carricillo silvestre	Nativa	---	---	---
33	Herbáceo	*Phyllanthus niruri*	Rompe piedras	Nativa	---	---	---
34	Arbóreo	*Pithecellobium insigne*	Guamuchil	Nativa	---	---	---
35	Arbóreo	*Psidium guajava*	Guayaba	Nativa	---	LC	---
36	Arbóreo	*Randia aculeata*	Crucetillo	Nativa	---	LC	---
37	Arbustivo	*Ricinus communis*	Higuerilla	Exótica - Invasora	---	---	---
38	Herbáceo	*Rivina humilis*	Bajatripa	Nativa	---	---	---
39	Arbóreo	*Sapium lateriflorum*	Amantillo	Nativa	---	LC	---
40	Arbóreo	*Sideroxylon celastrinum*	Coma	Nativa	---	LC	---
41	Bejuco	*Smilax mollis*	Diente de perro	Nativa	---	---	---
42	Herbáceo	*Solanum tampicense*	Lava platos	Nativa	---	LC	---
43	Arbóreo	*Spondias mombin*	Jobo	Nativa	---	LC	---
44	Epífitas	*Syngonium podophyllum*	Lengua de Vaca	Nativa	---	---	---
45	Arbóreo	*Tabebuia rosea*	Palo de Rosa	Nativa	---	LC	II

46	Arbóreo	*Tabernaemontana alba*	Cojón de toro	Nativa	---	LC	---
47	Arbóreo	*Terminalia catappa*	Almendro	Nativa	---	LC	---
48	Arbustivo	*Vachellia cornigera*	Cornezuelo	Nativa	---	LC	---
49	Arbustivo	*Vasconcellea cauliflora*	Papaya cimarrona	Nativa	---	---	---
50	Arbóreo	*Xylosma flexuosa*	Granadillo	Nativa	---	LC	---
51	Arbóreo	*Zanthoxylum caribaeum*	Rabo lagarto	Nativa	---	LC	---
52	Arbóreo	*Rhizophora mangle*	Mangle rojo	Nativa	A	LC	II
53	Arbóreo	*Avicennia germinans*	Mangle negro	Nativa	A	LC	II
54	Arbóreo	*Laguncularia racemosa*	Mangle blanco	Nativa	A	LC	II
55	Arbóreo	*Conocarpus erectus*	Mangle botoncillo	Nativa	A	LC	—
56	Arbóreo	*Pachira aquatica*	Apompo	Nativa	—	LC	—
57	Arbóreo	*Manilkara zapota*	Chicozapote	Nativa	—	LC	—
58	Arbóreo	*Ficus insipida*	Higuera / amate	Nativa	—	LC	—
59	Arbóreo	*Ficus tecolutensis*	Higuera / matapalo	Nativa	—	LC	—
60	Arbóreo	*Cecropia obtusifolia*	Chancarro	Nativa	—	LC	—
61	Arbóreo	*Castilla elastica*	Hule	Nativa	—	LC	—
62	Arbóreo	*Annona glabra*	Anona de pantano	Nativa	—	LC	—
63	Arbóreo	*Sapindus saponaria*	Jaboncillo	Nativa	—	LC	—
64	Arbóreo	*Acacia pennatula*	Huizache	Nativa	—	LC	—
65	Herbáceo	*Batis maritima*	Verdolaga de mar	Nativa	—	LC	—
66	Herbáceo	*Acrostichum aureum*	Helecho de manglar	Nativa	—	LC	—
67	Herbáceo	*Cynodon dactylon*	Pasto bermuda	Nativa	—	LC	—
68	Herbáceo	*Distichlis spicata*	Pasto salado	Nativa	—	LC	—
69	Herbáceo	*Portulaca pilosa*	Verdolaga	Nativa	—	LC	—
70	Herbáceo	*Typha domingensis*	Tule / espadaña	Nativa	—	LC	—
71	Herbáceo	*Thalia geniculata*	Platanillo / popal	Nativa	—	LC	—
72	Herbáceo	*Ruppia maritima*	Ruppia / pasto acuático	Nativa	—	LC	—
73	Herbáceo	*Cyperus ligularis*	Junco / ciperácea	Nativa	—	LC	—
74	Epífita	*Tillandsia fasciculata*	Bromelia	Nativa	—	LC	—
75	Epífita	*Tillandsia polystachya*	Bromelia	Nativa	—	LC	—

76	Orquídea	*Brassavola nodosa*	Orquídea dama de noche	Nativa	—	LC	—
77	Orquídea	*Myrmecophila grandiflora*	Orquídea	Nativa	—	LC	—
78	Orquídea	*Trichocentrum stramineum*	Orquídea	Nativa	—	LC	—
79	Bromelia	*Aechmea bracteata*	Bromelia de jarrón	Nativa	—	LC	—
80	Herbáceo	*Crinum americanum*	Lirio de pantano	Nativa	—	LC	—
82	Palma	*Sabal mexicana*	Palma de sombrero	Nativa	—	LC	—

III.3.2 FAUNA POTENCIAL DE LA REGIÓN ECOLÓGICA

El listado de fauna potencial se construyó mediante la recopilación de antecedentes bibliográficos, inventarios, publicaciones científicas y registros documentales regionales y municipales, considerando los diferentes ambientes que pueden proporcionar condiciones de alimentación, refugio, reproducción, tránsito o permanencia para las especies. Se consideran principalmente los grupos de anfibios, reptiles, aves y mamíferos, debido a su relevancia para la caracterización de los vertebrados terrestres de la Región Ecológica.

No.	Clase	Nombre científico	Nombre común	Cobertura / hábitat asociado	NOM-059	CITES
1	Amphibia	*Leptodactylus melanonotus*	Ranita de hojarasca	VSa/SBC; pastizal cultivado	—	—
2	Amphibia	*Agalychnis callidryas*	Rana de árbol de ojos rojos	VSa/SBC; pastizal cultivado	—	—
3	Amphibia	*Smilisca baudini*	Rana arborícola mexicana	VSa/SBC; pastizal cultivado	—	—
4	Amphibia	*Hypopachus ustus*	Sapo boca angosta huasteco	VSa/SBC	—	—
5	Reptilia	*Basiliscus vittatus*	Toloque rayado	VSa/SBC; pastizal cultivado	—	—
6	Reptilia	*Anolis sericeus*	Abaniquillo sedoso	VSa/SBC; pastizal cultivado	—	—
7	Reptilia	*Hemidactylus frenatus*	Geco casero común	VSa/SBC; pastizal cultivado	—	—
8	Reptilia	*Ctenosaura acanthura*	Iguana de cola espinosa del Golfo	VSa/SBC; pastizal cultivado	—	—
9	Reptilia	*Iguana iguana*	Iguana verde	VSa/SBC; pastizal cultivado	—	—
10	Reptilia	*Sceloporus variabilis*	Lagartija espinosa vientre rosado	VSa/SBC; pastizal cultivado	—	—
11	Reptilia	*Aspidoscelis guttatus*	Ticuiliche mexicano	VSa/SBC; pastizal cultivado	—	—
12	Reptilia	*Boa imperator*	Mazacuata	Pastizal cultivado	—	—

13	Reptilia	*Leptophis mexicanus*	Culebra perico mexicana	Pastizal cultivado	—	—
14	Amphibia	*Scinax staufferi*	Rana arborícola de Stauffer	Selva mediana / vegetación húmeda	—	—
15	Amphibia	*Rhinella horribilis*	Sapo gigante	Pastizal / áreas urbanizadas	—	—
16	Amphibia	*Rhinophrynus dorsalis*	Sapo excavador mexicano	Pastizal / suelos temporales húmedos	—	—
17	Amphibia	*Agalychnis taylori*	Rana arborícola de Taylor	Vegetación arbórea húmeda	—	—
18	Amphibia	*Eleutherodactylus planirostris*	Rana de invernadero	Áreas urbanizadas; exótica	—	—
19	Amphibia	*Bolitoglossa platydactyla*	Salamandra de patas anchas	Vegetación húmeda / selva	—	—
20	Reptilia	*Crocodylus moreletii*	Cocodrilo de pantano	Humedales / cuerpos de agua	Pr	II
21	Reptilia	*Anolis sagrei*	Abaniquillo café	Áreas urbanizadas; introducida	—	—
22	Reptilia	*Laemanctus serratus*	Lagarto cornudo serrado	Vegetación arbustiva	—	—
23	Reptilia	*Gymnophthalmus speciosus*	Lagartija dorada	Vegetación baja	—	—
24	Reptilia	*Holcosus undulatus*	Ticuiliche / lagartija arcoíris	Pastizal y vegetación secundaria	—	—
25	Reptilia	*Thamnophis proximus*	Culebra listonada occidental	Humedales / vegetación ribereña	—	—
26	Reptilia	*Nerodia rhombifer*	Culebra de agua diamantada	Cuerpos de agua / humedales	—	—
27	Reptilia	*Coniophanes bipunctatus*	Culebra de dos puntos	Vegetación secundaria	—	—
28	Reptilia	*Ninia sebae*	Culebra café	Vegetación secundaria	—	—
29	Reptilia	*Leptodeira annulata*	Culebra ojo de gato	Vegetación secundaria	—	—
30	Reptilia	*Leptodeira maculata*	Culebra ojo de gato	Vegetación secundaria	—	—
31	Reptilia	*Masticophis mentovarius*	Culebra corredora	Pastizal / vegetación secundaria	—	—
32	Reptilia	*Drymobius margaritiferus*	Culebra moteada	Pastizal / vegetación secundaria	—	—
33	Reptilia	*Spilotes pullatus*	Voladora / culebra tigre	Vegetación arbórea	—	—
34	Reptilia	*Drymarchon melanurus*	Culebra índigo centroamericana	Vegetación secundaria / selva	—	—
35	Reptilia	*Mastigodryas melanolomus*	Culebra de vientre salmón	Vegetación secundaria	—	—
36	Reptilia	*Micrurus diastema*	Coralillo variable	Vegetación secundaria	—	—
37	Reptilia	*Claudius angustatus*	Tortuga almizclera chopontil	Humedales	Pr	—

38	Reptilia	*Staurotypus triporcatus*	Tortuga almizclera mexicana	Humedales	—	—
39	Reptilia	*Kinosternon cruentatum*	Tortuga casquito	Humedales	—	—
40	Reptilia	*Kinosternon leucostomum*	Tortuga pecho quebrado de labios blancos	Humedales / Arroyo Moreno	Pr	—
41	Reptilia	*Trachemys venusta*	Tortuga jicotea mesoamericana	Cuerpos de agua	—	—
42	Aves	*Nyctibius jamaicensis*	Bienparado norteño	Manglar / vegetación arbórea	—	—
43	Aves	*Anthracothorax prevostii*	Colibrí garganta verde	Vegetación arbórea y jardines	—	—
44	Aves	*Archilochus colubris*	Colibrí garganta rubí	Vegetación secundaria / jardines	—	—
45	Aves	*Amazilia yucatanensis*	Colibrí yucateco	Vegetación secundaria / jardines	—	—
46	Aves	*Streptoprocne zonaris*	Vencejo cuello blanco	Espacios abiertos	—	—
47	Aves	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	Pastizal / áreas abiertas	—	—
48	Aves	*Tapera naevia*	Cuclillo canela	Pastizal / vegetación secundaria	—	—
49	Aves	*Piaya cayana*	Cuco ardilla	Vegetación arbórea	—	—
50	Aves	*Coccyzus minor*	Cuclillo manglero	Manglar / vegetación ribereña	—	—
51	Aves	*Coccyzus americanus*	Cuclillo pico amarillo	Vegetación secundaria / arbolada	—	—
52	Aves	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje	Vegetación arbórea / urbana	—	—
53	Aves	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	Vegetación secundaria / áreas abiertas	—	—
54	Aves	*Dryocopus lineatus*	Carpintero lineado	Vegetación arbórea	—	—
55	Aves	*Amazona autumnalis*	Loro cachete amarillo	Vegetación arbórea	A	II
56	Aves	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	Vegetación arbórea / áreas urbanas	Pr	II
57	Aves	*Amazona oratrix*	Loro cabeza amarilla	Vegetación arbórea	P	I
58	Aves	*Eupsittula nana*	Perico pecho sucio	Vegetación secundaria / áreas abiertas	—	—
59	Aves	*Eupsittula canicularis*	Perico frente naranja	Vegetación secundaria / áreas abiertas	—	—
60	Aves	*Glaucidium brasilianum*	Tecolotito bajeño	Vegetación arbórea	—	—
61	Aves	*Strix virgata*	Búho moteado	Vegetación arbórea	—	—
62	Aves	*Athene cunicularia*	Tecolote llanero	Pastizal / áreas abiertas	—	—

63	Aves	*Trogon melanocephalus*	Trogón cabeza negra	Vegetación arbórea	—	—
64	Aves	*Momotus lessonii*	Momoto corona azul	Vegetación arbórea	—	—
65	Aves	*Megaceryle alcyon*	Martín pescador norteño	Cuerpos de agua / humedales	—	—
66	Aves	*Megaceryle torquata*	Martín pescador de collar	Cuerpos de agua / humedales	—	—
67	Aves	*Chloroceryle americana*	Martín pescador verde	Cuerpos de agua / humedales	—	—
68	Aves	*Chloroceryle aenea*	Martín pescador enano	Cuerpos de agua / humedales	—	—
69	Aves	*Chloroceryle amazona*	Martín pescador amazónico	Cuerpos de agua / humedales	—	—
70	Aves	*Patagioenas flavirostris*	Paloma morada	Vegetación arbórea	—	—
71	Aves	*Leptotila verreauxi*	Paloma arroyera	Vegetación secundaria / arbórea	—	—
72	Aves	*Zenaida macroura*	Paloma huilota	Áreas abiertas / urbanas	—	—
73	Aves	*Zenaida asiatica*	Paloma ala blanca	Áreas abiertas / urbanas	—	—
74	Aves	*Columbina inca*	Tortolita cola larga	Áreas abiertas	—	—
75	Aves	*Columbina passerina*	Tortolita común	Pastizal / áreas abiertas	—	—
76	Aves	*Columbina minuta*	Tortolita pechipinta	Pastizal / áreas abiertas	—	—
77	Aves	*Columbina talpacoti*	Tortolita rojiza	Áreas abiertas / urbanas	—	—
78	Aves	*Mycteria americana*	Cigüeña americana	Humedales / cuerpos de agua	Pr	—
79	Aves	*Porzana carolina*	Polluela sora	Humedales	—	—
80	Aves	*Laterallus ruber*	Polluela rojiza	Humedales / vegetación palustre	—	—
81	Aves	*Aramides albiventris*	Rascón cuello gris	Humedales / vegetación ribereña	—	—
82	Aves	*Fulica americana*	Gallareta americana	Cuerpos de agua	—	—
83	Mammalia	*Canis latrans*	Coyote	Pastizal / vegetación secundaria	—	—
84	Mammalia	*Sciurus aureogaster*	Ardilla gris mexicana	Vegetación arbórea / áreas urbanas	—	—
85	Mammalia	*Mustela frenata*	Comadreja de cola larga	Vegetación secundaria / pastizal	—	—

III.4 COMPONENTES BIOTICOS DE LA REGIÓN ECOLÓGICA CON LOS CUALES INTERACTÚA EL PROYECTO

Los componentes bióticos constituyen una parte fundamental de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas presentes dentro de la Región Ecológica, al integrar las comunidades de flora y fauna, así como las relaciones que éstas mantienen con las condiciones ambientales del territorio. En el contexto del presente proyecto, su análisis permite reconocer las condiciones actuales de las comunidades biológicas presentes en el ámbito regional y establecer su relación con las superficies que serán objeto de intervención.

Para efectos de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, la caracterización de los componentes bióticos se desarrolla considerando como referencia la Región Ecológica delimitada a partir de la Subcuenca Hidrológica El Tejar, y se complementa con la información obtenida directamente en el área del proyecto. Esta aproximación permite analizar las condiciones ambientales a diferentes escalas y, particularmente, identificar el grado de correspondencia existente entre las comunidades biológicas presentes en el sitio y aquellas que mantienen representación dentro de la unidad regional.

El análisis se enfoca inicialmente en el componente **vegetación**, debido a que dentro del predio se identificaron superficies con vegetación forestal que serán objeto de cambio de uso de suelo en terrenos forestales. De acuerdo con la caracterización realizada para el Estudio Técnico Justificativo, estas superficies corresponden a **Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC)** y comprenden un total de **0.855907 ha**, distribuidas en dos polígonos. Para valorar su representatividad, los resultados obtenidos en el área de CUSTF se contrastan con superficies de la misma comunidad vegetal identificadas dentro de la Región Ecológica, evitando comparar directamente el sitio con la totalidad de las coberturas y usos del suelo presentes en la Subcuenca.

Esta comparación permite evaluar no solamente la presencia de especies, sino también aspectos relacionados con la riqueza, composición, distribución, diversidad y estructura de la vegetación, así como la presencia de elementos sujetos a instrumentos de conservación. De esta manera, es posible distinguir entre la afectación que se producirá directamente sobre los individuos y la cobertura vegetal existente dentro de la superficie de CUSTF y la importancia relativa que dichos elementos presentan dentro del contexto regional.

Posteriormente, el análisis de los componentes bióticos se complementará con la **fauna silvestre**, considerando su composición, riqueza, diversidad, distribución y

relación con los ambientes identificados tanto en el área del proyecto como en la Región Ecológica. En conjunto, esta caracterización permitirá establecer las principales interacciones entre el proyecto y los componentes biológicos, proporcionando los elementos técnicos necesarios para valorar posteriormente los impactos ambientales y determinar las medidas de prevención, mitigación, rescate, reubicación, compensación y seguimiento que resulten aplicables.

En este sentido, el propósito del presente apartado no es únicamente describir los elementos bióticos existentes, sino interpretar su condición y representatividad en relación con las características y alcance del proyecto, diferenciando las modificaciones que ocurrirán de manera directa y localizada dentro del área de intervención de aquellas que pudieran adquirir relevancia a escala de la Región Ecológica.

III.4.1 FLORA

La vegetación constituye uno de los principales componentes bióticos de la Región Ecológica, debido a su función en la conformación y funcionamiento de los ecosistemas, así como por su relación con procesos como la protección del suelo, regulación del escurrimiento, generación de hábitat y mantenimiento de la biodiversidad. En la Subcuenca Hidrológica El Tejar, las condiciones ambientales y el grado de transformación del territorio han dado lugar a un mosaico integrado por diferentes tipos de vegetación, comunidades secundarias y usos del suelo asociados principalmente con actividades agropecuarias y asentamientos humanos.

III.4.1.1 CONTEXTO Y DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN EN LA REGIÓN ECOLÓGICA

La Región Ecológica corresponde a la Subcuenca Hidrológica El Tejar, con una superficie aproximada de 33,333.4723 ha. Debido a su extensión territorial, dentro de esta unidad se presenta una considerable heterogeneidad en cuanto a condiciones ambientales, tipos de cobertura vegetal, usos del suelo y grados de transformación. Por tal motivo, la caracterización del componente vegetación debe considerar esta variabilidad regional y, al mismo tiempo, distinguir aquellas comunidades que mantienen una relación directa con las características de la vegetación existente en el área donde se desarrollará el proyecto.

De acuerdo con la cartografía de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VII, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en la Región Ecológica se encuentran representadas diferentes coberturas y comunidades vegetales, entre las que se incluyen superficies de pastizal cultivado, agricultura de temporal, asentamientos

humanos, cuerpos de agua y diversas comunidades de vegetación natural y secundaria. Entre estas últimas se reconocen comunidades asociadas con ambientes de selva, manglar, vegetación de dunas costeras y vegetación de galería, además de diferentes fases sucesionales. Esta composición refleja un paisaje regional heterogéneo, en el que persisten elementos de vegetación natural y secundaria inmersos dentro de una matriz territorial ampliamente transformada.

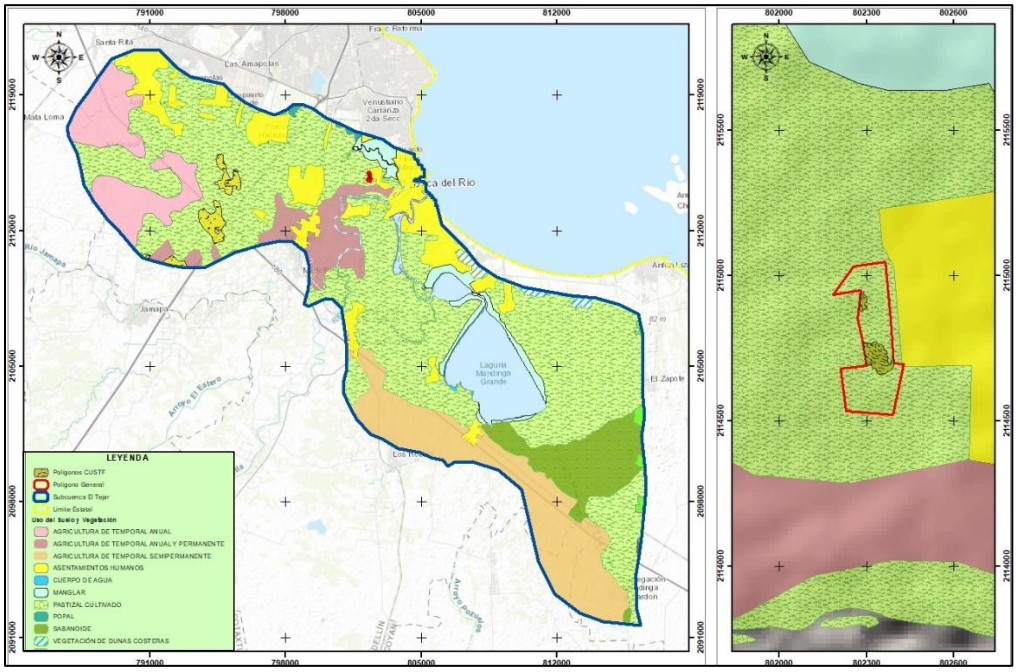


Imagen 3.3 Usos de Suelo y Vegetación de la Región Ecológica Subcuenca El Tejar.

La distribución de las comunidades vegetales no es uniforme dentro de la Subcuenca, sino que responde a las características fisiográficas, edáficas, hidrológicas y climáticas de cada sector, así como a la intensidad y antigüedad de las actividades humanas. En particular, las superficies de vegetación secundaria se encuentran asociadas con áreas que han experimentado procesos previos de transformación y posteriormente han permitido el establecimiento de comunidades vegetales en diferentes etapas de sucesión. Esta condición resulta relevante para la interpretación de la vegetación existente en el área del proyecto, toda vez que la comunidad identificada corresponde igualmente a una condición secundaria.

Dentro de este contexto regional se identificó la Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC) como la comunidad vegetal de referencia para el análisis del proyecto. Esta cobertura ocupa aproximadamente 344.2548 ha dentro de la Región Ecológica, constituyendo la superficie regional que presenta correspondencia con el tipo de vegetación identificado en el área propuesta para Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF).

La selección de esta comunidad como unidad de referencia responde a un criterio de equivalencia ambiental, ya que permite analizar la vegetación del área de CUSTF frente a superficies regionales que presentan el mismo tipo de vegetación y condiciones ecológicas comparables. De esta manera, la evaluación no se realiza respecto de la totalidad de las coberturas existentes en la Subcuenca, cuya naturaleza y condiciones ambientales son diversas, sino específicamente respecto de la comunidad vegetal que guarda correspondencia con aquella que será intervenida por el proyecto. Este criterio fue también adoptado en el análisis comparativo desarrollado en el Estudio Técnico Justificativo.

La superficie de 344.2548 ha de VSa/SBC constituye, por tanto, el marco regional de referencia para valorar posteriormente la composición, riqueza, estructura y diversidad florística asociada con el área de CUSTF. Esta aproximación permite diferenciar entre las características particulares de la vegetación existente en el sitio de intervención y su representación dentro de la comunidad vegetal regional.

Es importante señalar que la cartografía de INEGI constituye una herramienta de referencia para reconocer la distribución general de las coberturas vegetales a escala regional; sin embargo, debido a su escala de representación, puede no reflejar pequeñas unidades o fragmentos de vegetación secundaria que se encuentran inmersos dentro de matrices dominadas por otros usos del suelo. En consecuencia, para la caracterización específica del proyecto se requiere complementar esta información regional con la verificación de las condiciones existentes en el predio y con el análisis florístico correspondiente, aspectos que se desarrollarán en los apartados subsecuentes.

De esta manera, la vegetación de la Región Ecológica se entiende como un mosaico de comunidades naturales, vegetación secundaria y superficies transformadas, dentro del cual la VSa/SBC representa la unidad de comparación ambientalmente equivalente para el análisis del CUSTF. Esta delimitación permitirá que los resultados obtenidos posteriormente para el área de intervención sean interpretados en función de su representatividad regional, evitando atribuir a la totalidad de la Subcuenca características que corresponden únicamente a una comunidad vegetal determinada.

III.4.1.2 TIPOS DE VEGETACIÓN Y USOS DEL SUELO DE REFERENCIA

La Región Ecológica presenta un mosaico heterogéneo de usos del suelo y coberturas vegetales, resultado de la interacción entre las condiciones naturales del territorio y los procesos históricos de transformación asociados principalmente con actividades agropecuarias y el crecimiento de los asentamientos humanos. Esta heterogeneidad

constituye una característica relevante para la interpretación de la vegetación, debido a que las diferentes coberturas presentan condiciones ambientales, estructura y composición florística particulares.

De acuerdo con la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VII, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), dentro de la Región Ecológica se reconocen superficies correspondientes a agricultura de temporal anual, agricultura de temporal anual y permanente, agricultura de temporal semipermanente, pastizal cultivado y asentamientos humanos, además de cuerpos de agua y diferentes comunidades de vegetación natural y secundaria. Entre estas últimas se identifican manglar, popal, vegetación de dunas costeras, vegetación secundaria arbustiva de selva alta perennifolia, vegetación arbustiva de selva baja caducifolia y vegetación secundaria arbórea de selva de galería.

La distribución de estas coberturas no es homogénea dentro de la Subcuenca Hidrológica. Las superficies agropecuarias y los pastizales se encuentran ampliamente representados, mientras que las comunidades de vegetación natural y secundaria presentan una distribución más fragmentada, asociada a las características particulares del relieve, condiciones de humedad, cuerpos de agua, zonas costeras y procesos de transformación del territorio. De manera paralela, los asentamientos humanos constituyen una cobertura relevante, particularmente en los sectores donde se ha intensificado el crecimiento urbano y habitacional.

Dentro de este mosaico regional, la Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC) representa la comunidad de interés para el presente proyecto, debido a que corresponde al tipo de vegetación forestal identificado en las superficies que serán sometidas a Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales. En la Región Ecológica se delimitó una superficie aproximada de 344.2548 ha de VSa/SBC, la cual fue utilizada como unidad de referencia para la caracterización florística y el análisis posterior de representatividad.

Es importante señalar que la VSa/SBC constituye una comunidad secundaria, es decir, una cobertura cuya composición y estructura se encuentran relacionadas con procesos previos de modificación de la vegetación original. En este sentido, su presencia dentro de la Región Ecológica debe interpretarse en conjunto con el contexto de transformación territorial existente, donde se observa la coexistencia de fragmentos de vegetación secundaria con pastizales, áreas agrícolas, asentamientos humanos y otras coberturas.

Para efectos del presente análisis, la totalidad de los usos del suelo y tipos de vegetación identificados en la Región Ecológica se consideran como parte del contexto ambiental regional, pero no todos constituyen unidades de comparación

directa con el área del proyecto. Debido a las diferencias existentes entre las comunidades vegetales, la evaluación de la composición y estructura florística se concentra posteriormente en superficies de VSa/SBC ambientalmente comparables con el área de CUSTF. Este criterio permite reducir la variabilidad asociada a diferencias de hábitat y evita extrapolar las características de una comunidad vegetal particular al conjunto de la Región Ecológica.

Por otra parte, la cartografía regional debe interpretarse considerando su escala de representación de 1:250,000. En consecuencia, pequeñas superficies o fragmentos de vegetación secundaria pueden encontrarse inmersos dentro de unidades cartográficas dominadas por otros usos del suelo y no necesariamente ser representados de manera individual. Esta situación explica que la clasificación cartográfica constituya un marco de referencia regional, mientras que la identificación y delimitación de las superficies forestales del proyecto requiere una escala de análisis más detallada y su correspondiente verificación en campo.

En el caso particular del predio, la cartografía de INEGI lo incluye dentro de una unidad clasificada predominantemente como pastizal cultivado; sin embargo, la evaluación específica del sitio permitió reconocer dos fragmentos de VSa/SBC que, en conjunto, comprenden 0.855907 ha, mientras que la superficie restante corresponde principalmente a pastizal cultivado. Esta diferencia entre la representación cartográfica regional y la condición observada a escala predial se considera consistente con las diferencias de escala y nivel de generalización de la cartografía.

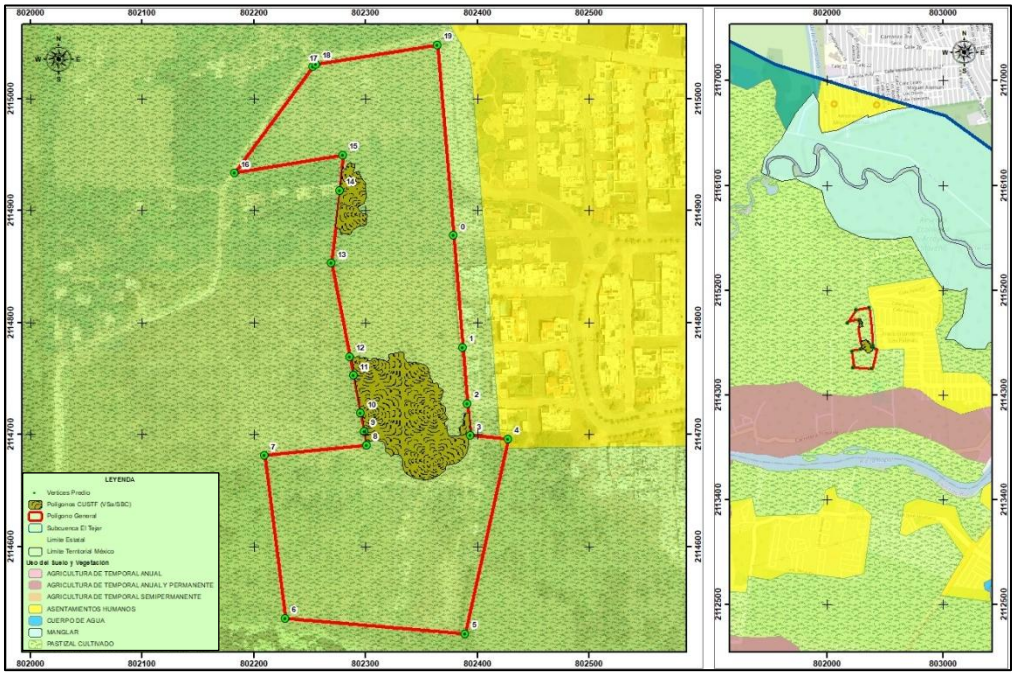


Imagen 3.4 Distribución del uso del suelo y vegetación en el área del proyecto.

Por lo anterior, para el desarrollo de los apartados subsecuentes se adoptan dos niveles de análisis complementarios: la totalidad de las coberturas y usos del suelo como marco de referencia de la Región Ecológica, y la VSa/SBC como unidad ambiental específica para la comparación con el área de CUSTF. Esta distinción permitirá caracterizar posteriormente la composición, estructura y diversidad de la vegetación regional y del área de intervención bajo criterios de equivalencia ecológica.

III.4.1.3 CARACTERIZACIÓN DE LA VSa/SBC EN LA REGIÓN ECOLÓGICA

Dentro de la Región Ecológica se identificó la **Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC)** como la comunidad vegetal de referencia para el análisis del componente vegetación, debido a que corresponde al tipo de vegetación identificado en las superficies forestales del predio que serán sujetas a Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF). La superficie regional delimitada para esta comunidad comprende aproximadamente **344.2548 ha**, por lo que constituye la unidad espacial utilizada para establecer la condición y representatividad de la vegetación que será intervenida.





Imagen 3.5 Condiciones fisonómicas de la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia presente en la subcuenca
Fuente: fotografías obtenidas durante los trabajos de campo.

La VSa/SBC se caracteriza por corresponder a una comunidad vegetal secundaria derivada de procesos previos de transformación de la vegetación original. Su estructura se encuentra dominada por elementos arbustivos y arbóreos de diferentes edades, acompañados por especies herbáceas, bejucos, epífitas y otros elementos propios de ambientes con distintos grados de perturbación. En este tipo de comunidades, la composición florística y la estructura de los estratos pueden variar de acuerdo con la antigüedad de la perturbación, intensidad de las actividades antrópicas, disponibilidad de humedad, características del suelo y condiciones particulares del sitio.

III.4.1.3.1 METODOLOGÍA DE CAMPO Y GABINETE

Para establecer las características de esta comunidad a escala regional se realizaron **trabajos de caracterización** sobre superficies seleccionadas dentro de la Región Ecológica que presentan condiciones ambientales comparables con las existentes en el área de CUSTF. La selección de los sitios consideró principalmente la correspondencia del tipo de vegetación, además de aspectos relacionados con la fisonomía de la comunidad, grado de desarrollo de la vegetación y condiciones generales del sitio. De esta manera, se buscó que la información obtenida representara la variabilidad de la VSa/SBC presente en la unidad regional y pudiera utilizarse posteriormente como referencia para valorar la vegetación del área de intervención.

Para la caracterización de la comunidad regional se establecieron **seis sitios de muestreo**, cada uno con una superficie de **400 m²**, mediante unidades principales de **20 × 20 m**, obteniéndose una superficie principal acumulada de **2,400 m² (0.2400 ha)**. Estas unidades fueron complementadas mediante subunidades de menor superficie destinadas al registro de los diferentes estratos y formas de vida presentes en la comunidad.

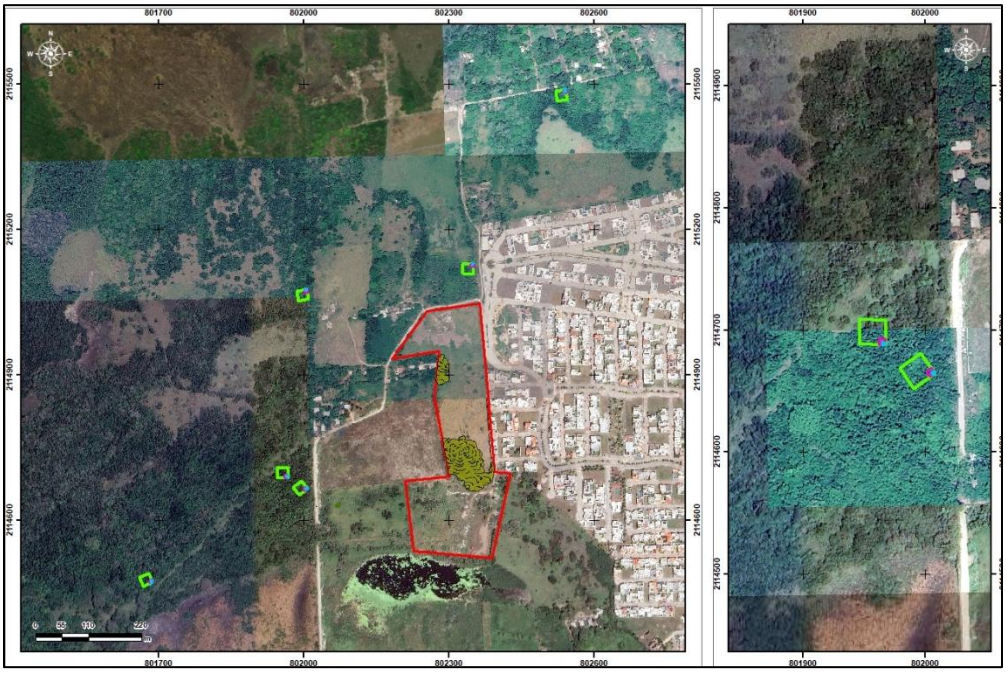


Imagen 3.6 Ubicación de los sitios de muestreo de VSa/SBC dentro de la Región Ecológica.

Cuadro 3.4 Coordenadas de los sitios establecidos para el muestreo de flora en la Subcuenca Hidrológica.

RE		Arbóreo		Arbustivo		Herbáceo	
SITIO	VÉRTICE	X	Y	X	Y	X	Y
1	V1	802008.00	2114664.46	802008.004	2114664.46	802008.004	2114664.46
	V2	801990.71	2114652.03	802003.875	2114661.49	802006.368	2114663.28
	V3	801978.91	2114668.42	802000.942	2114665.62	802005.142	2114665.01
	V4	801996.35	2114680.83	802005.089	2114668.55	802006.784	2114666.17
2	V1	801966.97	2114687.61	801966.972	2114687.61	801966.972	2114687.61
	V2	801945.70	2114688.66	801961.877	2114687.86	801964.962	2114687.71
	V3	801946.69	2114708.83	801962.14	2114692.89	801965.063	2114689.81
	V4	801968.06	2114707.67	801967.242	2114692.61	801967.085	2114689.71
3	V1	801688.45	2114472.76	801688.452	2114472.76	801688.452	2114472.76
	V2	801669.20	2114463.64	801683.856	2114470.59	801686.633	2114471.9

RE		Arbóreo		Arbustivo		Herbáceo	
SITIO	VÉRTICE	X	Y	X	Y	X	Y
	V3	801660.55	2114481.89	801681.709	2114475.15	801685.736	2114473.82
	V4	801679.93	2114490.96	801686.321	2114477.31	801687.56	2114474.67
4	V1	802007.36	2115075.92	802007.361	2115075.92	802007.361	2115075.92
	V2	802010.74	2115056.12	802008.209	2115070.95	802007.715	2115073.85
	V3	801989.76	2115052.44	802003.167	2115070.11	802005.724	2115073.51
	V4	801986.26	2115072.32	802002.349	2115075.07	802005.374	2115075.58
5	V1	802542.22	2115488.20	802542.222	2115488.2	802542.222	2115488.2
	V2	802521.03	2115485.23	802542.921	2115483.22	802542.514	2115486.12
	V3	802523.93	2115465.25	802537.877	2115482.51	802540.519	2115485.83
	V4	802545.02	2115468.31	802537.178	2115487.49	802540.226	2115487.92
6	V1	802350.88	2115128.31	802350.883	2115128.31	802350.883	2115128.31
	V2	802349.35	2115108.29	802350.499	2115123.3	802350.722	2115126.22
	V3	802328.10	2115109.82	802345.428	2115123.68	802348.717	2115126.36
	V4	802329.55	2115129.97	802345.805	2115128.71	802348.868	2115128.47

Nota: coordenadas expresadas en metros, en proyección UTM y datum WGS84.

En las unidades de muestreo se registraron los individuos correspondientes a los diferentes estratos de la vegetación, considerando árboles, arbustos, bejucos, cactáceas, epífitas, herbáceas y palmas. Para cada individuo se obtuvo la información necesaria para determinar su identidad taxonómica y, de acuerdo con la forma de vida, los parámetros estructurales correspondientes. Esta información permitió posteriormente estimar la riqueza florística, densidad, frecuencia, dominancia e índice de valor de importancia, así como los indicadores de diversidad aplicables a cada forma de vida.

Cuadro 3.5 Diseño y esfuerzo de muestreo empleado para la caracterización de la VSa/SBC en la Región Ecológica

Concepto	Descripción
Comunidad objeto de estudio	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia
Diseño empleado	Muestreo aleatorio simple
Marco de muestreo	Superficies de VSa/SBC ambientalmente comparables con el área de CUSTF
Número de sitios	6
Forma de la unidad principal	Cuadrada
Dimensiones de la unidad principal	20 × 20 m
Superficie por sitio	400 m^2

Superficie principal evaluada	2,400 m² (0.2400 ha)
Subunidad para arbustos, bejucos y renuevos	5 × 5 m (25 m²)
Subunidad para herbáceas	2 × 2 m (4 m²)
Sistema de referencia	Coordenadas UTM, datum WGS84

FORMA Y TAMAÑO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

El tamaño de las unidades de muestreo se definió considerando las características morfológicas, dimensiones y capacidad de detección de las diferentes formas de vida presentes. Debido a que los componentes arbóreo, arbustivo y herbáceo presentan diferencias en su distribución y estructura, se utilizó un diseño de unidades anidadas, el cual permite evaluar cada componente en una superficie adecuada y mantener un levantamiento ordenado de la información (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

En cada uno de los cinco sitios se delimitó una unidad principal de **20 × 20 m**, equivalente a **400 m²**. A partir del vértice 1 se estableció una subunidad de **5 × 5 m**, equivalente a **25 m²**, y dentro de ésta se delimitó un cuadrante de **2 × 2 m**, correspondiente a **4 m²**. Las unidades compartieron un mismo vértice de origen para facilitar su ubicación, delimitación y verificación en campo.

Las unidades principales de 400 m² comprendieron una superficie efectiva total de **2,000 m²**; las subunidades de 25 m² abarcaron conjuntamente **125 m²**; y los cuadrantes de 4 m² representaron una superficie total de **20 m²**. Cada superficie se utilizó de manera independiente para calcular las densidades de los componentes evaluados.

Cuadro 3.6 Unidades empleadas para el muestreo de las formas de vida presentes en la Subcuenca.

Componente evaluado	Criterio de registro	Unidad por sitio	Superficie efectiva total
Arbolado adulto	Individuos con DN ≥ 7.5 cm	400 m²	2,000 m²
Arbustos con DN ≥ 7.5 cm	Individuos leñosos de porte arbustivo	400 m²	2,000 m²
Palmas	Individuos presentes dentro de la unidad principal	400 m²	2,000 m²
Epífitas	Individuos registrados por especie	400 m²	2,000 m²
Cactáceas y bromeliáceas terrestres	Individuos registrados por especie	400 m²	2,000 m²
Renuevo arbóreo	Individuos con DN de 0.5 a 7.4 cm	25 m²	125 m²
Arbustos con DN de 0.5 a 7.4 cm	Individuos leñosos de porte arbustivo	25 m²	125 m²

Bejucos	Individuos leñosos o herbáceos de hábito trepador	25 m²	125 m²
Estrato herbáceo	Plantas sin tallo leñoso	4 m²	20 m²

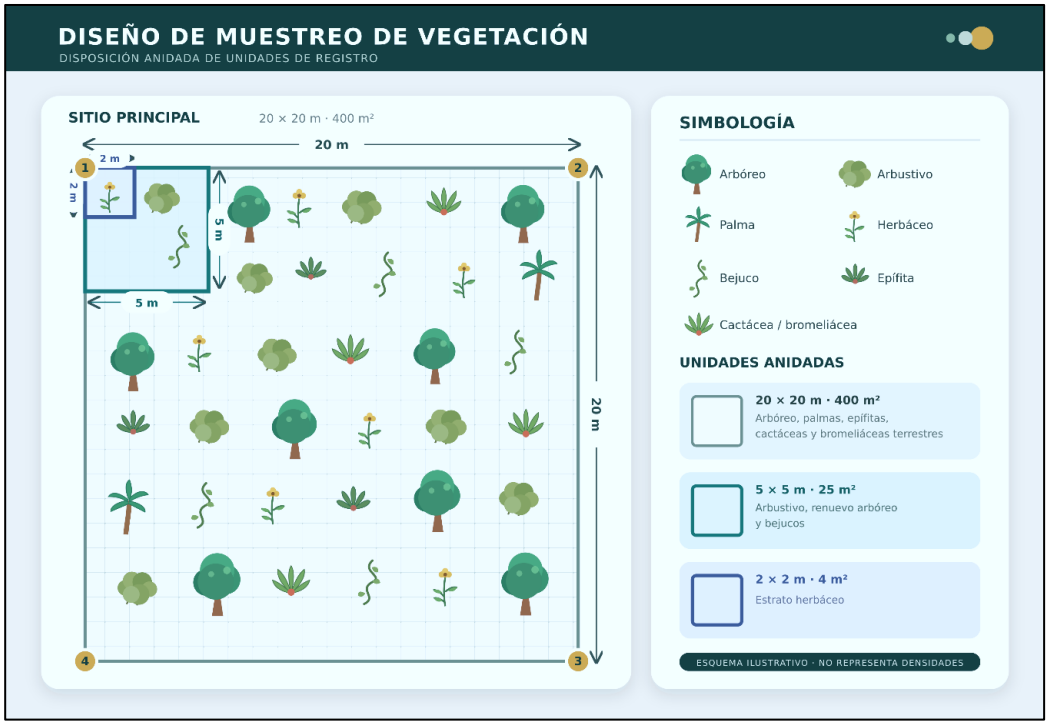


Imagen 3.7 Diseño anidado de las unidades de muestreo empleadas para el registro de los componentes de vegetación en la subcuenca.

Para delimitar cada sitio se ubicó el primer vértice mediante un receptor GPS. Los vértices restantes se trazaron con brújula y cintas métricas, verificando distancias de 20 m y ángulos adecuados para conformar el cuadrante de 400 m². Posteriormente se marcaron los vértices con estacas y cinta de señalización, y se delimitaron las subunidades de 25 y 4 m² a partir del vértice 1.

En las unidades de 400 m² se registraron los individuos arbóreos con DN igual o mayor que 7.5 cm, así como las palmas, epífitas, cactáceas y bromeliáceas terrestres. Para los individuos leñosos se anotaron el nombre científico o común, número consecutivo, diámetro normal, altura y dimensiones de copa. Las epífitas, cactáceas y bromeliáceas se contabilizaron por especie y se registraron, según correspondiera, su altura y cobertura.

En las subunidades de 25 m² se registraron los renuevos arbóreos y los individuos arbustivos con DN de 0.5 a 7.4 cm, además de los bejucos. Para cada registro se anotaron la especie, número de individuos, diámetro, altura y dimensiones de copa cuando resultó aplicable.

En los cuadrantes de 4 m² se evaluó el estrato herbáceo, registrando la identidad taxonómica, el número de individuos, la altura y la cobertura correspondiente. Adicionalmente, en cada sitio se obtuvieron las coordenadas UTM de los vértices, se determinó la pendiente del terreno y se integró el registro fotográfico de las actividades realizadas.



Imagen 3.8 Ejemplo de las actividades realizadas en el muestreo. A= Orientación de los vértices del cuadrante de muestreo, B= Toma de datos dasométricos, C=Georreferenciación de vértices, D= Marcaje de individuos del estrato arbóreo, E=Identificación de especies del estrato herbáceo, F= Toma de datos del estrato herbáceo.

Cuadro 3.7 Variables registradas por estrato o forma de vida.

Estrato o forma de vida	Unidad	Variables principales
Árboles	400 m²	Especie, abundancia, DN, altura y diámetros de copa
Palmas adultas	400 m²	Especie, abundancia, diámetro cuando correspondiera, altura y cobertura
Epífitas	400 m²	Especie, abundancia, altura y cobertura cuando resultara aplicable
Cactáceas	400 m²	Especie, abundancia, altura y cobertura
Arbustos	25 m²	Especie, abundancia, diámetro, altura y cobertura
Bejucos	25 m²	Especie, abundancia, diámetro, altura y cobertura
Renuevos arbóreos o de palmas	25 m²	Especie, abundancia, diámetro, altura y cobertura
Herbáceas	4 m²	Especie, abundancia, altura y cobertura

MATERIALES Y EQUIPO DE CAMPO

Para la delimitación de las unidades y el levantamiento de la información florística y dasométrica se emplearon los materiales y equipos indicados en la tabla siguiente.

Cuadro 3.8 Materiales y equipo utilizados durante el muestreo de flora.

Material o equipo	Aplicación
Receptor GPS	Localización de los sitios y registro de coordenadas
Brújula	Orientación y establecimiento de rumbos
Cintas métricas	Medición de lados, distancias y dimensiones de copa
Cinta diamétrica	Medición del diámetro normal
Clinómetro	Estimación de la altura de los individuos
Flexómetro	Medición de ejemplares pequeños y cobertura
Estacas o balizas	Identificación de los vértices
Cinta de señalización	Delimitación visual de unidades y subunidades
Pintura en aerosol	Numeración e identificación de individuos
Formatos y tablas de apoyo	Registro ordenado de la información de campo
Cámara fotográfica	Evidencia de las condiciones del sitio y apoyo para la identificación
Guías y claves de identificación	Determinación taxonómica de las especies

TAMAÑO DE MUESTRA E INTENSIDAD DE MUESTREO

La intensidad de muestreo en la RE se calculó considerando la superficie conjunta de los seis sitios principales de 400 m² y la superficie de VSa/SBC identificada dentro de la unidad de análisis.

Los seis sitios abarcaron conjuntamente una superficie de 2,400 m², mientras que la superficie regional de VSa/SBC comprende 344.2548 ha, equivalentes a 3,442,548 m². Por tanto, la intensidad de muestreo obtenida fue de 0.0697 %, conforme al cálculo siguiente:

$$IM = (2{,}400\ m^2 \div 3{,}442{,}548\ m^2) \times 100 = 0.0697\ \%$$

Para evaluar estadísticamente la precisión del esfuerzo de muestreo se utilizó como variable el número de especies registrado en cada sitio principal. Esta variable permitió estimar la variabilidad de la riqueza observada, aplicando la corrección correspondiente por tratarse de una población finita de unidades de 400 m² (Romahn de la Vega et al., 1994).

Cuadro 3.9 Número de especies registrado en los sitios de muestreo de la RE.

Sitio de muestreo	Número de especies
1	14
2	16
3	16
4	16
5	14
6	17
Media	**15.50**

Fuente: elaboración propia con los resultados del muestreo de flora.

La superficie regional de VSa/SBC equivale aproximadamente a 8,606.37 unidades teóricas de 400 m². Con seis sitios evaluados, la fracción de muestreo fue de 0.000697, equivalente al 0.0697 %. La riqueza promedio fue de 15.50 especies por sitio y la varianza muestral fue de 1.50.

Aplicando el factor de corrección por población finita se obtuvo un error estándar de 0.499826 especies. Con un valor de *t* de Student de 2.570582, correspondiente a un nivel de confianza del 95 % y cinco grados de libertad, el error absoluto de estimación fue de 1.284843 especies, equivalente a un error relativo de 8.2893 %.

El error relativo obtenido es menor que el criterio técnico de precisión adoptado del 10 % para la variable analizada. En ese sentido, el esfuerzo realizado se considera

adecuado para representar la riqueza de especies registrada en las unidades de VSa/SBC evaluadas dentro de la RE.

Cuadro 3.10 Intensidad y precisión estadística del muestreo efectuado en la VSa/SBC de la RE.

Parámetro	Resultado
Superficie de VSa/SBC en la RE	344.2548 ha (3,442,548 m²)
Tamaño de cada sitio principal	400 m²
Número de sitios evaluados	6
Superficie total muestreada	2,400 m²
Número equivalente de unidades de 400 m²	8,606.3700
Intensidad de muestreo	0.0697 %
Media de especies por sitio	15.5000
Varianza muestral	1.5000
Factor de corrección por población finita	0.999303
Error estándar	0.499826 especies
Valor de *t* de Student (gl = 5)	2.570582
Error absoluto de estimación	1.284843 especies
Error relativo	8.2893 %
Error máximo permitido	1.5500 especies
Criterio técnico de precisión	≤ 10 %
Tamaño mínimo sin redondear	4.1237 sitios
Tamaño mínimo requerido	5 sitios
Número de sitios evaluados	6 sitios
Sitios faltantes	0

De acuerdo con los resultados obtenidos, se evaluaron seis sitios de muestreo de 400 m². Para la variable número de especies por unidad de muestreo y con un nivel de confianza del 95 %, se obtuvo un error de muestreo de 1.28 especies, inferior al error máximo adoptado de 1.55 especies. El tamaño mínimo calculado fue de cinco sitios; por tanto, al haberse evaluado seis, el esfuerzo de muestreo realizado se considera suficiente conforme al criterio estadístico aplicado.

La intensidad superficial de 0.0697 % debe interpretarse conjuntamente con los resultados de precisión estadística. Debido a la extensión regional de la VSa/SBC, un porcentaje superficial reducido no implica necesariamente insuficiencia, siempre que la variabilidad observada se encuentre dentro del error máximo adoptado y la suficiencia florística sea respaldada mediante curvas de acumulación y estimadores no paramétricos.

Los sitios se localizaron en superficies de VSa/SBC ambientalmente comparables con el área propuesta para CUSTF. Este criterio permitió evitar que la variabilidad propia

de otros usos del suelo, condiciones fisiográficas o estados sucesionales presentes en la RE influyera en la comparación entre ambas unidades de análisis.

SUFICIENCIA DE MUESTREO A TRAVÉS DE ESTIMADORES NO PARAMÉTRICOS

Los inventarios florísticos difícilmente registran la totalidad de las especies presentes en una comunidad, debido a las variaciones espaciales y temporales de la vegetación, así como a las limitaciones operativas propias del trabajo de campo. Por ello, las curvas de acumulación y los estimadores no paramétricos constituyen herramientas útiles para evaluar la suficiencia del esfuerzo de muestreo y aproximar la riqueza esperada de especies (Soberón y Llorente, 1993; Gotelli y Colwell, 2001).

Las curvas de acumulación permiten:

- Examinar el incremento de la riqueza conforme aumenta el número de unidades evaluadas.
- Determinar si la incorporación de nuevos sitios continúa aportando especies no registradas previamente.
- Comparar la riqueza observada con la riqueza estimada.
- Valorar si el esfuerzo realizado proporciona una caracterización suficientemente representativa de la comunidad vegetal.

Para el presente estudio, las curvas de acumulación se obtuvieron por estrato o forma de vida utilizando los seis sitios como unidades de muestreo. El procesamiento se realizó mediante el programa *EstimateS*, el cual permite estandarizar las estimaciones de riqueza y comparar el comportamiento de distintos estimadores bajo un mismo esfuerzo de muestreo (Colwell, 2005; Jiménez-Valverde y Hortal, 2003).

La evaluación consideró la riqueza observada y los estimadores no paramétricos Chao 1, ACE y Bootstrap. También se revisó el comportamiento de las especies registradas con baja frecuencia o abundancia, debido a que estas influyen directamente en la estimación de las especies potencialmente no detectadas.

Chao 1. Estimador de riqueza basado en la abundancia de las especies registradas. Su cálculo considera principalmente las especies representadas por un solo individuo (denominadas *singletons*) y aquellas representadas por dos individuos (*doubletons*). Una proporción elevada de especies con pocos individuos sugiere la posible presencia de especies que no fueron detectadas durante el muestreo; por ello, Chao 1 permite aproximar la riqueza total esperada de la comunidad.

ACE. El estimador de cobertura basado en abundancia (*Abundance-based Coverage Estimator*) calcula la riqueza esperada a partir de la frecuencia de las especies poco

abundantes. Este método separa las especies raras de las más abundantes y utiliza la cobertura de muestreo para estimar el número de especies que podrían estar presentes, pero que no fueron registradas. Su aplicación resulta útil en comunidades donde existe una proporción importante de especies representadas por pocos individuos (Colwell, 2005).

Bootstrap. Estimador que utiliza un procedimiento de remuestreo con reemplazo para aproximar la riqueza esperada. Su cálculo considera la frecuencia con la que cada especie aparece en las unidades de muestreo y asigna mayor influencia a las especies de baja incidencia. Mediante la generación repetida de combinaciones de las muestras observadas, permite estimar la posible incorporación de especies no detectadas durante el levantamiento (Efron, 1979; Colwell, 2005).

De acuerdo con Villarreal et al. (2004), la suficiencia del muestreo no debe evaluarse mediante un solo estimador, sino considerando conjuntamente la riqueza observada, la tendencia de las curvas y los resultados obtenidos mediante diferentes estimadores. La proximidad entre la riqueza observada y la estimada, así como la estabilización progresiva de las curvas, indican una mayor completitud del inventario.

De manera complementaria, el comportamiento de las especies de baja abundancia o incidencia aporta información sobre la posibilidad de registrar especies adicionales. Los *singletons* corresponden a especies representadas por un solo individuo, mientras que los *uniques* son especies registradas en una sola unidad de muestreo. Cuando sus curvas tienden a estabilizarse o disminuir conforme aumenta el esfuerzo, se reduce la probabilidad de incorporar un número considerable de especies no detectadas. Estos indicadores deben interpretarse conjuntamente con Chao 1, ACE y Bootstrap para valorar la suficiencia del muestreo.

III.4.1.3.2 FUNDAMENTOS E INDICADORES PARA EL ANÁLISIS DE LA VEGETACIÓN

La estructura de la vegetación se refiere a la distribución del componente arbóreo, tanto en el plano horizontal como en el vertical. Básicamente, la estructura horizontal está dada por la distribución dasométrica; así como por la abundancia, frecuencia y dominancia. El área basal es un indicador útil del potencial productivo de un bosque (Finegan, 1992). La composición describe al número de familias, géneros y especies que se registran dentro del bosque al momento de realizar un inventario. Los componentes que se consideran para complementar mejor la información acerca de la composición se enfocan en la diversidad, riqueza de especies y la similaridad de la especie, entre otras (Louman, 2001).

En ese mismo sentido Alvis Gordo (2009) afirma que la estructura horizontal permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del bosque. Esta estructura puede evaluarse a través de índices que expresan la ocurrencia de las especies, lo mismo que su importancia ecológica dentro del ecosistema es el caso de las abundancias, frecuencias y dominancias, cuya suma relativa genera el Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE), el cual Fue desarrollado por Curtis y McIntosh (1951) y aplicado por Cintrón y Schaeffer-Novelli (1983) y es una medida de cuantificación asignarle a cada especie su categoría de importancia. Se obtiene de la siguiente forma (Moreno, 2000):

DENSIDAD

Es un parámetro que permite conocer la abundancia de una especie o una clase de plantas, teniendo así que la densidad es el número de individuos en un área determinada, haciendo referencia al número de individuos por hectárea y por especie en relación con el número total de individuos. Por otra parte, la densidad relativa se refiere al número de individuos de una especie expresado como una proporción de la densidad total de todas las especies.

$$Densidad\ por\ hectarea = \frac{Número\ de\ individuos\ de\ una\ especie}{Área\ muestreada}$$

$$Densidad\ relativa = \frac{Densidad\ por\ hectarea\ por\ especie}{Densidad\ por\ hectera\ de\ todas\ las\ especies} x100$$

FRECUENCIA

Permite determinar el número de parcelas en que aparece una determinada especie, con relación al total de parcelas inventariadas (en este caso sobre la muestra), o existencia o ausencia de una determinada especie en una parcela. La frecuencia absoluta se expresa como un porcentaje, la frecuencia relativa de una especie se determina como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies.

$$Frecuencia\ absoluta = \frac{Número\ de\ sitios\ en\ los\ que\ se\ presenta\ cada\ especie}{n\ (número\ de\ sitios\ muestreados)}$$

$$Frecuencia\ relativa = \frac{Frecuencia\ por\ especie}{Frecuencia\ de\ todas\ las\ especie} x100$$

DOMINANCIA

Se relaciona con el grado de cobertura de las especies como manifestación del espacio ocupado por ellas y se determina como la suma de las proyecciones horizontales de las copas de los árboles en el suelo.

$$Cobertura\ de\ una\ especie = \frac{\pi * (Diametro\ mayor\ de\ copa + Diametro\ menor\ de\ copa)^2}{4}$$

$$Dominancia = \frac{Cobertura\ de\ una\ especie}{Área\ muestreada}$$

$$Dominancia\ relativa = \frac{Área\ basal\ de\ una\ especie}{Dominancia\ de\ todas\ las\ especies} x100$$

ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA (IVIE)

Formulado por Curtis y McIntosh (1951) y se calcula para cada especie a partir de la suma de la abundancia relativa, la frecuencia y la dominancia relativas. Permite comparar el peso ecológico de cada especie dentro del bosque. El valor del IVIE similar para diferentes especies registradas en el inventario sugiere una igualdad o semejanza del bosque en su composición, estructura, calidad de sitio y dinámica.

$$Índice\ de\ Valor\ de\ Importancia\ (IVI) = Dominancia\ relativa + Densidad\ relativa + Frecuencia\ relativa$$

EL ÍNDICE DE SHANNON-WIENER

Es uno de los índices más simples y de uso más común, mide el grado promedio de incertidumbre para predecir la especie a la que pertenece un individuo dado, elegido al azar dentro de la comunidad. Su fórmula es:

$$H = -\sum(Pi)(logPi)$$

Donde:
H = Índice de diversidad
Pi = Abundancia relativa de cada especie

Poole (1974), refieren que uno de los méritos de la función de Shannon resulta de su independencia respecto al tamaño de la muestra, ya que estima la diversidad con base en una muestra extraída al azar y que presumiblemente contiene todas las especies de la comunidad; y con base en Pielou (1969) refiere que en la práctica, en diversas comunidades, este tipo de muestra puede resultar imposible de obtener, debido a que el incremento de muestra casi siempre resulta en el hallazgo de

individuos de otras especies menos comunes. Sin embargo, este sesgo puede ser minimizado siguiendo procedimientos de muestreo estadísticamente válidos

Una de las ventajas adicionales de este índice de biodiversidad, es que permite comparar el valor de diversidad de nuestra comunidad suponiendo que se tiene una diversidad máxima (H´), la cual puede calcularse como:

$$H' = log\ log\ S$$

Donde:
S = Número de especies en la comunidad

Para casos en que se quiere estimar la Equidad (grado de reparto de los individuos entre las especies) se puede hacer de la siguiente manera: E = H/H´. El valor de equidad de especies varía entre los valores "0" y "1"; donde el valor "0" representa baja equitatividad (o alta dominancia por pocas especies) y el valor "1" representa total equitatividad en la representación de individuos de cada especie detectada en el muestreo (Magurran, 1988).

En teoría H puede alcanzar valores muy grandes, sin embargo, en la práctica para comunidades biológicas, H parece no exceder de un valor de 5. Margalef (1951) refiere que el índice de Shannon, normalmente, varía de 1 a 5, e interpreta a valores menores de 2 como diversidad baja, de 2 a 3.5 media y superiores a 3.5 como diversidad alta. Mientras que Shannon y Weaver (1949) señala que el valor mínimo puede aproximarse al cero.

RESULTADOS DE LA SUFICIENCIA DE MUESTREO DE LOS DIFERENTES ESTRATOS DE VEGETACIÓN EN LA REGIÓN ECOLÓGICA

ESTRATO ARBÓREO

En el estrato arbóreo en las seis unidades muestrales empleadas en el muestreo se registraron un total de 24 especies; el estimador Chao 1 considero 37.95 especies con una completitud del 63.24%, mientras que el estimador ACE considero 32.80 especies con una completitud del 73.17% y Bootstrap considero 29 especies con una completitud de 82.76%. Considerando la completitud de los estimadores antes mencionados se muestra una completitud general del 73.06%, lo cual muestra una buena representación de la comunidad estudiada como se observa en la tabla y figura siguientes. En general, a partir de proporciones superiores al 70% las estimaciones de las riquezas asintótica se hacen estables (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003), pudiendo considerar aquellas especies que probablemente faltan aún por

registrarse, especies localmente raras o con abundancias escasas, aunado a la fragmentación de hábitat y deforestación de la región, la cual repercute en la riqueza y abundancia (Aguilar y Domínguez, 1999; Steiner y Köhler, 2003).

Cuadro 3.11 Completitud del muestreo en el estrato arbóreo de la RE.

Estimadores	Riqueza registrada en campo	Riqueza estimada	Completitud
Chao 1	24	37.95	63.24
ACE	24	32.80	73.17
Bootstrap	24	29.00	82.76
Promedio			**73.06**

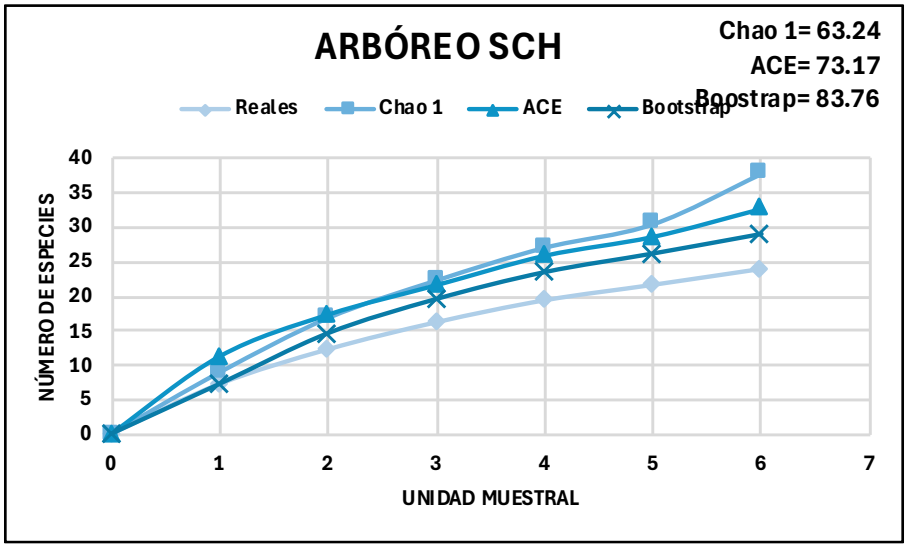


Imagen 3.9 Curva de acumulación de especies del estrato arbóreo de la RE.

ESTRATO ARBUSTIVO

En el estrato arbustivo en las seis unidades muestrales empleadas en el muestreo se registraron un total de nueve especies; el estimador Chao 1 considero 9.98 especies con una completitud del 90.18%, mientras que el estimador ACE considero 12.09 especies con una completitud del 74.44% y Bootstrap considero 11.45 especies con una completitud de 78.60%. Considerando la completitud de los estimadores antes mencionados se muestra una completitud general del 81.07%, lo cual muestra una buena representación de la comunidad estudiada.

Cuadro 3.12 Completitud del muestreo en el estrato arbustivo de la RE.

Estimadores	Riqueza registrada en campo	Riqueza estimada	Completitud
Chao 1	9	9.98	90.18
ACE	9	12.09	74.44
Bootstrap	9	11.45	78.60
Promedio			**81.07**

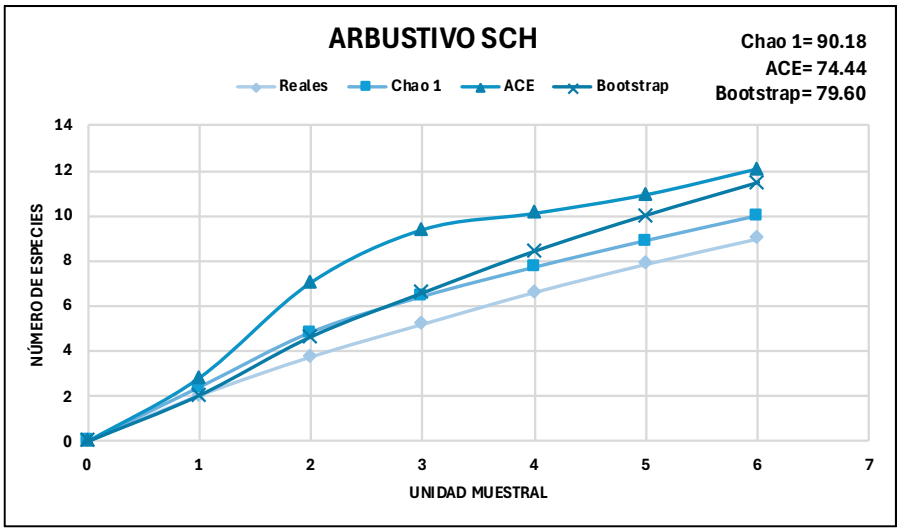


Imagen 3.10 Curva de acumulación de especies del estrato arbustivo de la RE.

ESTRATO BEJUCO

En el estrato bejucos en las seis unidades muestrales empleadas en el muestreo se registraron un total de cuatro especies; el estimador Chao 1 considero cuatro especies con una completitud del 100%, mientras que el estimador ACE considero cuatro especies con una completitud del 100% y Bootstrap considero 4.18 especies con una completitud de 95.69%. Considerando la completitud de los estimadores antes mencionados se muestra una completitud general del 98.56%, lo cual muestra una buena representación de la comunidad estudiada.

Cuadro 3.13 Completitud del muestreo en el estrato bejuco de la RE.

Estimadores	Riqueza registrada en campo	Riqueza estimada	Completitud
Chao 1	4	4.00	100.00
ACE	4	4.00	100.00
Bootstrap	4	4.18	95.69
Promedio			**98.56**

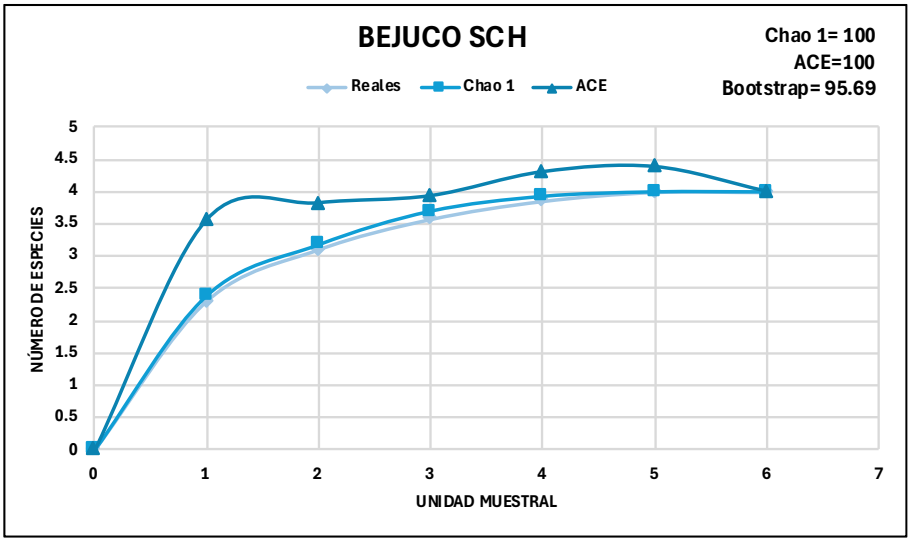


Imagen 3.11 Curva de acumulación de especies del estrato bejuco de la RE.

ESTRATO CACTÁCEAS

En la forma de vida cactáceas en las seis unidades muestrales empleadas en el muestreo se registraron dos especies; el estimador Chao 1 considero dos especies con una completitud del 100%, mientras que el estimador ACE considero dos especies con una completitud del 100% y Bootstrap considero 2.67 especies con una completitud de 74.91%. Considerando la completitud de los estimadores antes mencionados se muestra una completitud general del 91.64%, lo cual muestra una buena representación de la comunidad estudiada.

Cuadro 3.14 Completitud del muestreo en el estrato cactáceas de la RE.

Estimadores	Riqueza registrada en campo	Riqueza estimada	Completitud
Chao 1	2	2.00	100.00
ACE	2	2.00	100.00
Bootstrap	2	2.67	74.91
Promedio			**91.64**

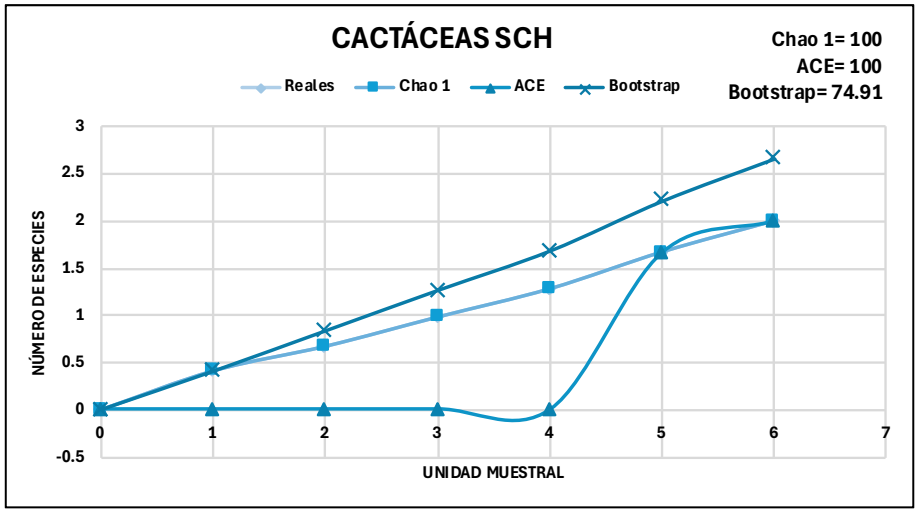


Imagen 3.12 Curva de acumulación de especies del estrato cactáceas de la RE.

ESTRATO EPÍFITAS

En la forma de vida epifita en las seis unidades muestrales empleadas en el muestreo se registraron tres especies; el estimador Chao 1 considero tres especies con una completitud del 100%, mientras que el estimador ACE considero tres especies con una completitud del 100% y Bootstrap considero 3.44 especies con una completitud de 87.21%. Considerando la completitud de los estimadores antes mencionados se muestra una completitud general del 95.74%, lo cual muestra una buena representación de la comunidad estudiada.

Cuadro 3.15 Completitud del muestreo en el estrato epífitas de la RE.

Estimadores	Riqueza registrada en campo	Riqueza estimada	Completitud
Chao 1	3	3.00	100.00
ACE	3	3.00	100.00
Bootstrap	3	3.44	87.21
Promedio			**95.74**

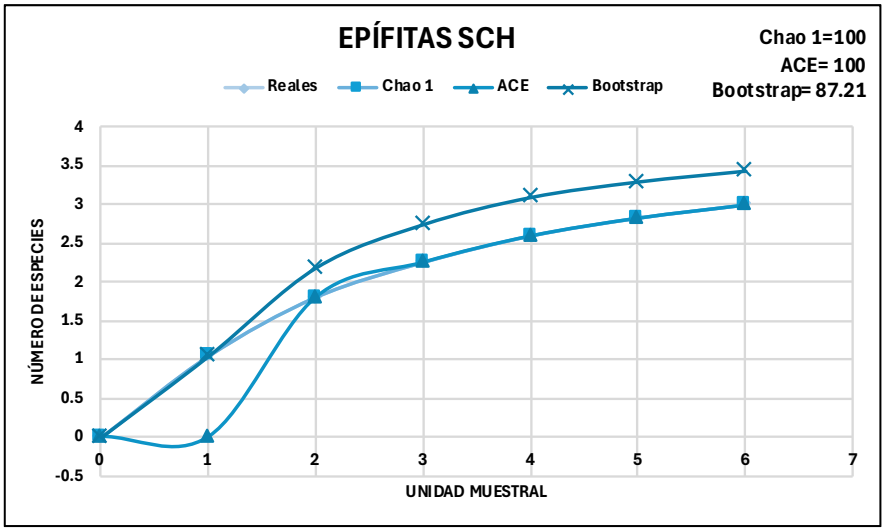


Imagen 3.13 Curva de acumulación de especies del estrato epifitas de la RE.

ESTRATO HERBÁCEO

En el estrato herbáceo en las seis unidades muestrales empleadas en el muestreo se registraron siete especies; el estimador Chao 1 considero siete especies con una completitud del 100%, mientras que el estimador ACE considero 7.45 especies con una completitud del 93.96% y Bootstrap considero 8.78 especies con una completitud de 79.73%. Considerando la completitud de los estimadores antes mencionados se muestra una completitud general del 91.23%, lo cual muestra una buena representación de la comunidad estudiada.

Cuadro 3.16 Completitud del muestreo en el estrato herbáceo de la RE.

Estimadores	Riqueza registrada en campo	Riqueza estimada	Completitud
Chao 1	7	7	100.00
ACE	7	7.45	93.96
Bootstrap	7	8.78	79.73
Promedio			**91.23**

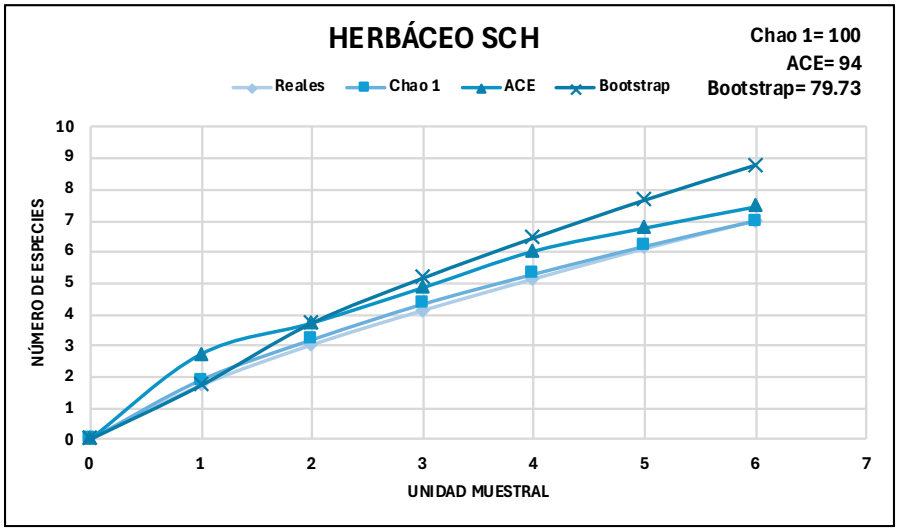


Imagen 3.14 Curva de acumulación de especies del estrato herbáceo de la RE.

ESTRATO PALMA

En el estrato palma en las seis unidades muestrales empleadas en el muestreo se registraron dos especies; el estimador Chao 1 considero dos especies con una completitud del 100%, mientras que el estimador ACE considero 3.11 especies con una completitud del 64.31% y Bootstrap considero 2.42 especies con una completitud de 82.64%. Considerando la completitud de los estimadores antes mencionados se muestra una completitud general del 82.32%, lo cual muestra una buena representación de la comunidad estudiada.

Cuadro 3.17 Completitud del muestreo en el estrato palma de la RE.

Estimadores	Riqueza registrada en campo	Riqueza estimada	Completitud
Chao 1	2	2	100.00
ACE	2	3.11	64.31
Bootstrap	2	2.42	82.64
Promedio			**82.32**

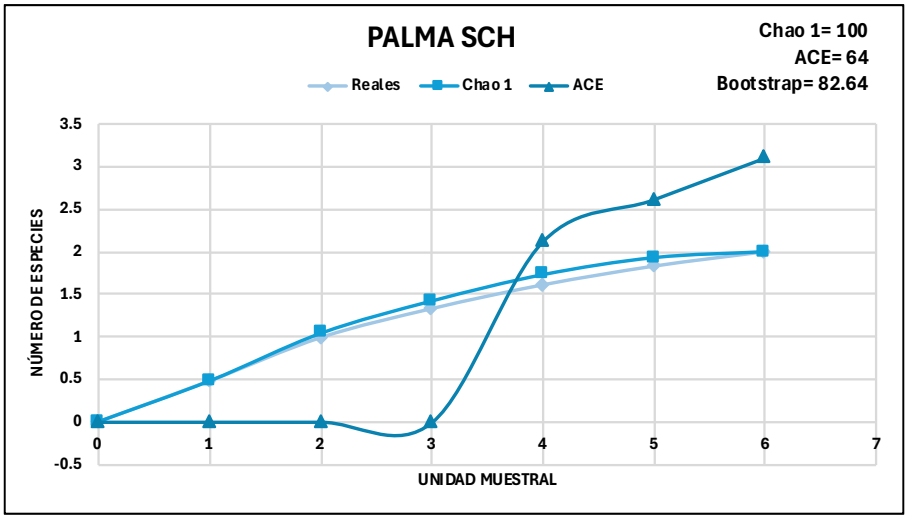


Imagen 3.15 Curva de acumulación de especies del estrato palma de la RE.

III.4.1.3.3 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

RIQUEZA ESPECÍFICA

De acuerdo con los resultados obtenidos de los seis sitios de muestreo correspondiente a Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC), se registraron 51 especies, pertenecientes a 51 géneros y a 36 familias botánicas.Respecto a la riqueza por estrato, en el estrato arbóreo se registraron 24 especies, en el estrato arbustivo nueve especies, en el estrato bejuco cuatro especies, en el estrato cactáceas dos especies, en el estrato epifitas tres especies, en el estrato herbáceo siete especies y en el estrato palma dos especies.

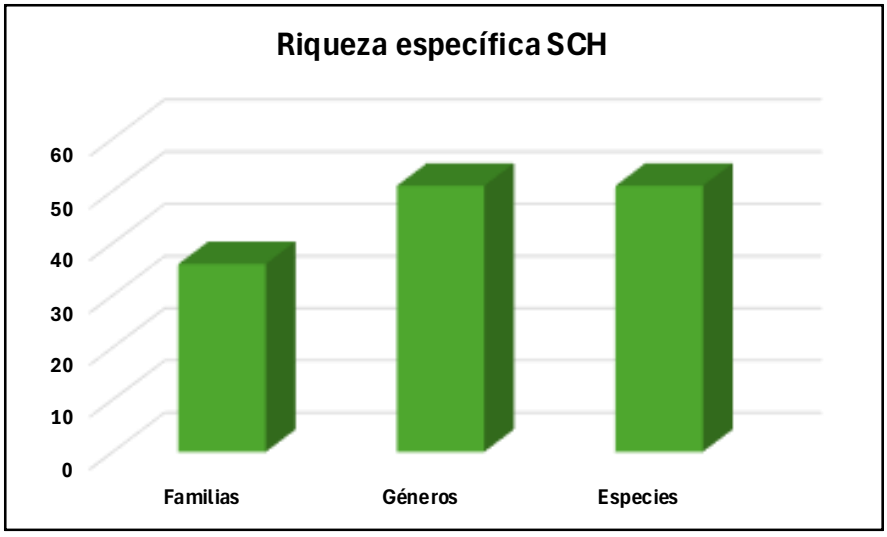


Imagen 3.16 Riqueza específica de la RE.

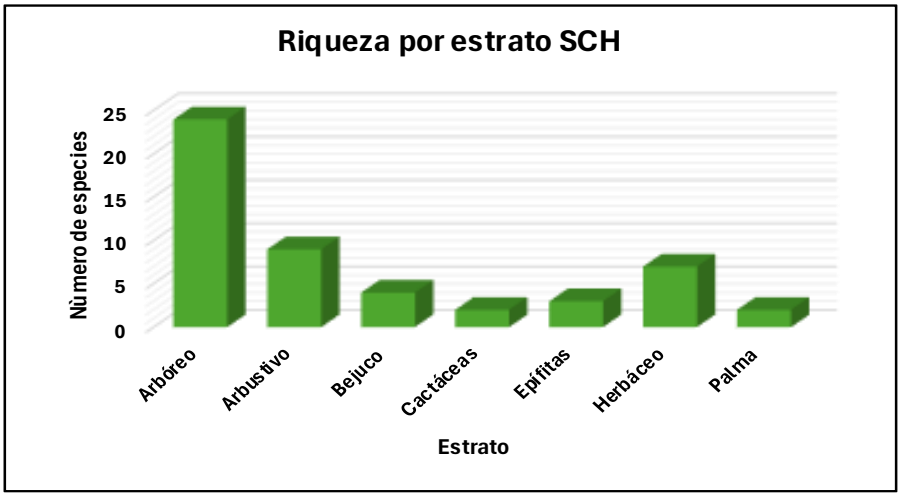


Imagen 3.17 Riqueza especifica por estrato de la RE.

A continuación, se presenta el listado florístico obtenido de los sitios de muestreo de la RE en VSa/SBC, donde se incluyen el estrato arbóreo, arbustivo, bejucos, cactáceas, epifitas, herbáceo y palma; así como la distribución y normativa nacional e internacional conforme se observa en la tabla siguiente.

Cuadro 3.18 Listado florístico registrado en la Región Ecológica

ID	Estrato / forma de vida	Nombre científico	Nombre común	Distribución	NOM-059	UICN	CITES	CONABIO
1	Cactáceas	*Acanthocereus tetragonus*	Nopal de Cruz	Nativa	---	LC	II	---
2	Arbóreo	*Achatocarpus nigricans*	Árbol del peine	Nativa	---	LC	---	---
3	Palma	*Acrocomia aculeata*	Palma Coyol	Nativa	---	LC	---	---
4	Bejuco	*Amphilophium paniculatum*	Bejuco prieto	Nativa	---	---	---	---
5	Arbustivo	*Amphitecna apiculata*	Jicarillo	Nativa	---	LC	---	---
6	Palma	*Attalea butyracea*	Corozo	Nativa	---	LC	---	---
7	Arbóreo	*Azadirachta indica*	Neem	Exótica - Invasora	---	---	---	---
8	Arbustivo	*Bonellia macrocarpa*	Limoncillo	Nativa	---	LC	---	---
9	Cactáceas	*Bromelia pinguin*	Piñuela	Nativa	---	---	---	---
10	Arbóreo	*Bursera simaruba*	Chaca	Nativa	---	LC	---	---
11	Arbóreo	*Cedrela odorata*	Cedro rojo	Nativa	Pr	VU	II	---
12	Arbóreo	*Ceiba pentandra*	Ceiba	Nativa	---	LC	---	CONABIO 2012

13	Herbáceo	*Cleome spinosa*	Flor de araña	Nativa	---	---	---	---
14	Arbóreo	*Coccoloba barbadensis*	Uvero	Nativa	---	LC	---	---
15	Bejuco	*Dalbergia brownei*	Bejuco de estribo	Nativa	---	LC	II	---
16	Arbóreo	*Daphnopsis americana*	Cuero de toro	Nativa	---	LC	---	---
17	Herbáceo	*Echinochloa polystachya*	Pasto Alemán	Nativa	---	LC	---	---
18	Epífitas	*Eulophia maculata*	Lengua de Tigre	Exótica - Invasora	---	---	---	---
19	Arbóreo	*Ficus aurea*	Amate	Nativa	---	LC	---	CONABIO 2012
20	Arbóreo	*Garcinia intermedia*	Jorco	Nativa	---	LC	---	---
21	Arbóreo	*Guazuma ulmifolia*	Guacima	Nativa	---	LC	---	---
22	Herbáceo	*Hymenocallis littoralis*	Lirio Araña	Nativa	---	---	---	---
23	Arbóreo	*Leucaena leucocephala*	Guaje	Nativa	---	---	---	---
24	Epífitas	*Lygodium venustum*	Helecho	Nativa	---	---	---	---
25	Arbóreo	*Maclura tinctoria*	Mora	Nativa	---	LC	---	---
26	Arbustivo	*Malvaviscus arboreus*	Tulipan de monte	Nativa	---	LC	---	---
27	Arbustivo	*Mimosa pigra*	Zarza	Nativa	---	LC	---	---
28	Arbustivo	*Neea psychotrioides*	Frutilla	Nativa	---	LC	---	---
29	Herbáceo	*Oplismenus hirtellus*	Pasto selva	Nativa	---	---	---	---
30	Arbóreo	*Parmentiera aculeata*	Cuajilote	Nativa	---	LC	---	---
31	Bejuco	*Paullinia fuscescens*	Amarguillo	Nativa	---	---	---	---
32	Arbustivo	*Petiveria alliacea*	Carricillo silvestre	Nativa	---	---	---	---
33	Herbáceo	*Phyllanthus niruri*	Rompe piedras	Nativa	---	---	---	---
34	Arbóreo	*Pithecellobium insigne*	Guamuchil	Nativa	---	---	---	---
35	Arbóreo	*Psidium guajava*	Guayaba	Nativa	---	LC	---	---
36	Arbóreo	*Randia aculeata*	Crucetillo	Nativa	---	LC	---	---
37	Arbustivo	*Ricinus communis*	Higuerilla	Exótica - Invasora	---	---	---	---
38	Herbáceo	*Rivina humilis*	Bajatripa	Nativa	---	---	---	---
39	Arbóreo	*Sapium lateriflorum*	Amantillo	Nativa	---	LC	---	---

40	Arbóreo	*Sideroxylon celastrinum*	Coma	Nativa	---	LC	---	---
41	Bejuco	*Smilax mollis*	Diente de perro	Nativa	---	---	---	---
42	Herbáceo	*Solanum tampicense*	Lava platos	Nativa	---	LC	---	---
43	Arbóreo	*Spondias mombin*	Jobo	Nativa	---	LC	---	---
44	Epífitas	*Syngonium podophyllum*	Lengua de Vaca	Nativa	---	---	---	---
45	Arbóreo	*Tabebuia rosea*	Palo de Rosa	Nativa	---	LC	II	---
46	Arbóreo	*Tabernaemontana alba*	Cojón de toro	Nativa	---	LC	---	---
47	Arbóreo	*Terminalia catappa*	Almendro	Nativa	---	LC	---	---
48	Arbustivo	*Vachellia cornigera*	Cornezuelo	Nativa	---	LC	---	---
49	Arbustivo	*Vasconcellea cauliflora*	Papaya cimarrona	Nativa	---	---	---	---
50	Arbóreo	*Xylosma flexuosa*	Granadillo	Nativa	---	LC	---	---
51	Arbóreo	*Zanthoxylum caribaeum*	Rabo lagarto	Nativa	---	LC	---	---

ESPECIES NOM-059-SEMARNAT-2010 Y SU ANEXO NORMATIVO III

La Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III, Protección ambiental Especies nativas de México de flora y fauna silvestres categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. La lista de especies en riesgo es un instrumento normativo de cumplimiento obligatorio que tiene como objetivo principal identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana y así procurar su protección. De acuerdo con la consulta, se determinó que la única especie registrada fue *Cedrela odorata,* bajo la categoría de sujeta a protección especial (Pr).

Cuadro 3.19 Especies registradas en la RE respecto a la NOM-059-SEMARNAT-2010

Nombre científico	Nombre común	Distribución	NOM-059-SEMARNAT-2010
Cedrela odorata	Cedro rojo	Nativa	Pr

DISTRIBUCIÓN

De las 51 especies registradas, 48 son nativas y representan el 94% del total de las especies y tres exóticas-invasoras que representan el 6% del total de las especies tal y como se observa en la siguiente figura.

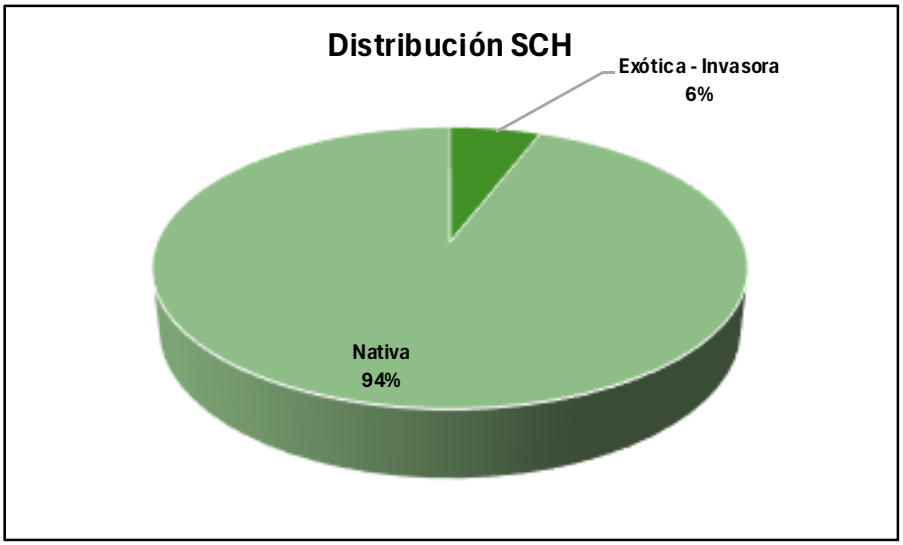


Imagen 3.18 Porcentaje de especies registradas en la RE respecto a la distribución.

UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA (UICN)

De acuerdo con los criterios de la unión internacional para la conservación de la naturaleza (UICN), 32 especies se encuentran registradas en la categoría de preocupación menor (LC) que equivale al 63% del total de las especies, una especie vulnerable (VU) que equivale al 2% y 18 especies no presentan ninguna categoría y representan el 35% tal y como se observa en la siguiente figura.

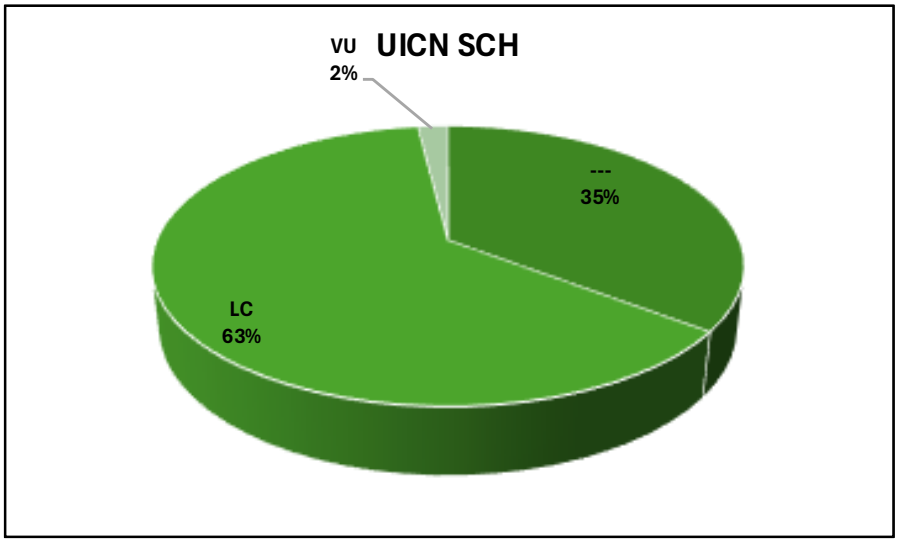


Imagen 3.19 Criterios UICN de las especies registradas en la RE. Categorías: Extinta (EX), extinta en vida silvestre (EW), en peligro crítico (CR), en peligro (EN), vulnerable (VU), casi amenazada (NT), preocupación menor (LC), datos insuficientes (DD) y no evaluado (NE).

CONVENCIÓN SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRES (CITES)

De acuerdo con los criterios de la convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre (CITES), se registraron cuatro especies: *Acanthocereus tetragonus, Cedrela odorata, Dalbergia brownei* y *Tabebuia rosea,* las cuales en el apéndice II; dicho apéndice se refiere a especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se contrale estrictamente su comercio.

Cuadro 3.20 Especies registradas en la RE respecto a la CITES.

Nombre científico	Nombre común	Distribución	CITES
Acanthocereus tetragonus	Nopal de Cruz	Nativa	II
Cedrela odorata	Cedro rojo	Nativa	II
Dalbergia brownei	Bejuco de estribo	Nativa	II
Tabebuia rosea	Palo de Rosa	Nativa	II

ESPECIES PRIORITARIAS CONABIO

De acuerdo con las especies registradas en la RE se registraron dos especies *Ceiba pentandra* y *Ficus aurea* catalogadas como especie prioritaria para la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; dichas especies están contempladas en el Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER) se enfoca únicamente a especies en riesgo de extinción en México, aunque considera también algunas listas rojas internacionales. El PROCER busca la recuperación de estas especies, así como de poblaciones de especies asociadas y del mismo hábitat. Se seleccionaron especies "sombrilla" para que las acciones planteadas permitan, no sólo la recuperación de especies en riesgo, sino de aquellas que cumplen una función importante en el ecosistema.

Cuadro 3.21 Especies registradas en la RE respecto a la CONABIO.

Nombre científico	Nombre común	Distribución	CONABIO
Ceiba pentandra	Ceiba	Nativa	CONABIO 2012
Ficus aurea	Amate	Nativa	CONABIO 2012

III.4.1.3.4 ANÁLISIS DE DIVERSIDAD

ESTRATO ARBÓREO

En el estrato arbóreo dentro del área de la RE, se registró una riqueza de 24 especies. El índice de Shannon (H´) fue de 2.06, lo cual indica una diversidad media; la diversidad máxima (H´max) fue de 3.18, manteniéndose en diversidad media. El índice de equitatividad (J) fue de 0.65, donde hay especies mejor representadas una que otras.

Cuadro 3.22 Índices de diversidad del estrato arbóreo de la RE.

No.	Nombre científico	Densidad (ind/ha)	p(i)	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
1	*Achatocarpus nigricans*	263	0.05	-3.01	-0.15
2	*Azadirachta indica*	67	0.01	-4.38	-0.05
3	*Bursera simaruba*	83	0.02	-4.17	-0.06
4	*Cedrela odorata*	167	0.03	-3.47	-0.11
5	*Ceiba pentandra*	67	0.01	-4.38	-0.05
6	*Coccoloba barbadensis*	600	0.11	-2.19	-0.25
7	*Daphnopsis americana*	4	0.00	-7.20	-0.01
8	*Ficus aurea*	88	0.02	-4.11	-0.07
9	*Garcinia intermedia*	4	0.00	-7.20	-0.01
10	*Guazuma ulmifolia*	146	0.03	-3.60	-0.10
11	*Leucaena leucocephala*	4	0.00	-7.20	-0.01
12	*Maclura tinctoria*	429	0.08	-2.52	-0.20
13	*Parmentiera aculeata*	283	0.05	-2.94	-0.16
14	*Pithecellobium insigne*	2417	0.45	-0.79	-0.36
15	*Psidium guajava*	17	0.00	-5.75	-0.02
16	*Randia aculeata*	25	0.00	-5.37	-0.03
17	*Sapium lateriflorum*	4	0.00	-7.20	-0.01
18	*Sideroxylon celastrinum*	4	0.00	-7.20	-0.01
19	*Spondias mombin*	133	0.02	-3.69	-0.09
20	*Tabebuia rosea*	4	0.00	-7.20	-0.01
21	*Tabernaemontana alba*	304	0.06	-2.87	-0.16
22	*Terminalia catappa*	13	0.00	-6.02	-0.01
23	*Xylosma flexuosa*	79	0.01	-4.21	-0.06
24	*Zanthoxylum caribaeum*	142	0.03	-3.63	-0.10
	Total	5347	1		-2.06
			Riqueza específica		24

No.	Nombre científico	Densidad (ind/ha)	p(i)	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
			Índice de Shannon (H')		2.06
			Diversidad máxima (H'max)		3.18
			Equitatividad (J) H'/H'max		0.65

ESTRATO ARBUSTIVO

En el estrato arbustivo dentro del área de la RE, se registró una riqueza de nueve especies. El índice de Shannon (H´) fue de 1.59, lo cual indica una diversidad baja; la diversidad máxima (H´max) fue de 2.20, manteniéndose en diversidad baja. El índice de equitatividad (J) fue de 0.72, donde hay especies mejor representadas unas que otras.

Cuadro 3.23 Índices de diversidad del estrato arbustivo de la RE.

No.	Nombre científico	Densidad (ind/ha)	p(i)	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
1	*Amphitecna apiculata*	267	0.08	-2.54	-0.20
2	*Bonellia macrocarpa*	67	0.02	-3.93	-0.08
3	*Malvaviscus arboreus*	600	0.18	-1.73	-0.31
4	*Mimosa pigra*	400	0.12	-2.14	-0.25
5	*Neea psychotrioides*	133	0.04	-3.24	-0.13
6	*Petiveria alliacea*	1667	0.49	-0.71	-0.35
7	*Ricinus communis*	67	0.02	-3.93	-0.08
8	*Vachellia cornigera*	133	0.04	-3.24	-0.13
9	*Vasconcellea cauliflora*	67	0.02	-3.93	-0.08
	Total	3401	1		-1.59
			Riqueza específica		9
			Índice de Shannon (H')		1.59
			Diversidad máxima (H'max)		2.20
			Equitatividad (J) H'/H'max		0.72

ESTRATO BEJUCO

En el estrato bejucos dentro del área de la RE, se registró una riqueza de cuatro especies. El índice de Shannon (H´) fue de 1.23, lo cual indica una diversidad baja; la diversidad máxima (H´max) fue de 1.39, manteniéndose e en diversidad baja. El índice de equitatividad (J) fue de 0.89, donde las especies se encuentran distribuidas de manera homogénea o equitativa.

Cuadro 3.24 Índices de diversidad del estrato bejuco de la RE.

No.	Nombre científico	Densidad ind/ha)	p(i)	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
1	*Amphilophium paniculatum*	600	0.28	-1.27	-0.36
2	*Dalbergia brownei*	267	0.13	-2.08	-0.26
3	*Paullinia fuscescens*	267	0.13	-2.08	-0.26
4	*Smilax mollis*	1000	0.47	-0.76	-0.36
	Total	2134	1		-1.23
			Riqueza específica		4
			Índice de Shannon (H')		1.23
			Diversidad máxima (H'max)		1.39
			Equitatividad (J) H'/H'max		0.89

ESTRATO CACTÁCEAS

En el estrato cactáceas dentro del área de la RE, se registró una riqueza de dos especies. El índice de Shannon (H´) fue de 0.57, lo cual indica una diversidad baja; la diversidad máxima (H´max) fue de 0.69, manteniéndose e en diversidad baja. El índice de equitatividad (J) fue de 0.82, donde las especies se encuentran distribuidas de manera homogénea o equitativa.

Cuadro 3.25 Índices de diversidad del estrato cactáceas de la RE.

No.	Nombre científico	Densidad (ind/ha)	p(i)	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
1	*Acanthocereus tetragonus*	38	0.75	-0.29	-0.22
2	*Bromelia pinguin*	13	0.25	-1.37	-0.35
	Total	51	1		-0.57
			Riqueza específica		2
			Índice de Shannon (H')		0.57
			Diversidad máxima (H'max)		0.69
			Equitatividad (J) H'/H'max		0.82

ESTRATO EPÍFITAS

En el estrato epifitas dentro del área de la RE, se registró una riqueza de tres especies. El índice de Shannon (H´) fue de 0.54, lo cual indica una diversidad baja; la diversidad máxima (H´max) fue de 1.10, manteniéndose e en diversidad baja. El índice de equitatividad (J) fue de 0.49, donde hay especies mejor representadas unas que otras.

Cuadro 3.26 Índices de diversidad del estrato epífitas de la RE.

No.	Nombre científico	Densidad (ind/ha)	p(i)	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
1	*Eulophia maculata*	92	0.12	-2.12	-0.26
2	*Lygodium venustum*	33	0.04	-3.14	-0.14
3	*Syngonium podophyllum*	638	0.84	-0.18	-0.15
	Total	763	1		-0.54
			Riqueza específica		3
			Índice de Shannon (H')		0.54
			Diversidad máxima (H'max)		1.10
			Equitatividad (J) H'/H'max		0.49

ESTRATO HERBÁCEO

En el estrato herbáceo dentro del área de la RE, se registró una riqueza de siete especies. El índice de Shannon (H´) fue de 1.59, lo cual indica una diversidad baja; la diversidad máxima (H´max) fue de 1.95, manteniéndose e en diversidad baja. El índice de equitatividad (J) fue de 0.82, donde las especies se encuentran distribuidas de manera homogénea o equitativa.

Cuadro 3.27 Índices de diversidad del estrato herbáceo de la RE.

No.	Nombre científico	Densidad (ind/ha)	p(i)	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
1	*Cleome spinosa*	417	0.03	-3.53	-0.10
2	*Echinochloa polystachya*	6250	0.44	-0.82	-0.36
3	*Hymenocallis littoralis*	833	0.06	-2.83	-0.17
4	*Oplismenus hirtellus*	2917	0.21	-1.58	-0.33
5	*Phyllanthus niruri*	1667	0.12	-2.14	-0.25
6	*Rivina humilis*	833	0.06	-2.83	-0.17
7	*Solanum tampicense*	1250	0.09	-2.43	-0.21
	Total	14167	1		-1.59
			Riqueza específica		7
			Índice de Shannon (H')		1.59
			Diversidad máxima (H'max)		1.95
			Equitatividad (J) H'/H'max		0.82

ESTRATO PALMA

En el estrato palma dentro del área de la RE, se registró una riqueza de dos especies. El índice de Shannon (H´) fue de 0.13, lo cual indica una diversidad baja; la diversidad máxima (H´max) fue de 0.69, manteniéndose e en diversidad baja. El índice de equitatividad (J) fue de 0.19, donde hay especies mejor representadas unas que otras.

Cuadro 3.28 Índices de diversidad del estrato palma de la RE.

No.	Nombre científico	Densidad (ind/ha)	p(i)	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
1	*Acrocomia aculeata*	4	0.03	-3.57	-0.10
2	*Attalea butyracea*	138	0.97	-0.03	-0.03
	Total	142	1		-0.13
			Riqueza específica		2
			Índice de Shannon (H')		0.13
			Diversidad máxima (H'max)		0.69
			Equitatividad (J) H'/H'max		0.19

III.4.1.3.5 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

ESTRATO ARBÓREO

En el estrato arbóreo dentro del área de la RE, se registró una riqueza de 24 especies, con una densidad de 5,347 ind/ha. Las especies con densidades mayores fueron Pithecellobium insigne con 2,417 ind/ha, seguida de Coccoloba barbadensis con 600 ind/ha y Maclura tinctoria con 429 ind/ha; mientras que las especies con densidades menores fueron *Daphnopsis americana, Garcinia intermedia, Leucaena leucocephala, Sapium lateriflorum, Sideroxylon celastrinum* y *Tabebuia rosea* con 4 ind/ha.

Cuadro 3.29 Densidad por especie del estrato arbóreo de la RE.

No.	*Nombre científico*	Densidad (Ind/ha)
1	*Pithecellobium insigne*	2417
2	*Coccoloba barbadensis*	600
3	*Maclura tinctoria*	429
4	*Tabernaemontana alba*	304
5	*Parmentiera aculeata*	283
6	*Achatocarpus nigricans*	263
7	*Cedrela odorata*	167

No.	*Nombre científico*	Densidad (Ind/ha)
8	*Guazuma ulmifolia*	146
9	*Zanthoxylum caribaeum*	142
10	*Spondias mombin*	133
11	*Ficus aurea*	88
12	*Bursera simaruba*	83
13	*Xylosma flexuosa*	79
14	*Azadirachta indica*	67
15	*Ceiba pentandra*	67
16	*Randia aculeata*	25
17	*Psidium guajava*	17
18	*Terminalia catappa*	13
19	*Daphnopsis americana*	4
20	*Garcinia intermedia*	4
21	*Leucaena leucocephala*	4
22	*Sapium lateriflorum*	4
23	*Sideroxylon celastrinum*	4
24	*Tabebuia rosea*	4
	Total	**5347**

Respecto a la densidad relativa (DER), las especies con mayor porcentaje fueron *Pithecellobium insigne* con 45.20%, seguida de *Coccoloba barbadensis* con 11.22% y *Maclura tinctoria* con 8.02%; mientras que las especies con menor porcentaje fueron, *Garcinia intermedia, Leucaena leucocephala, Sapium lateriflorum, Sideroxylon celastrinum* y *Tabebuia* rosea con 0.07%.

En cuanto a la frecuencia relativa (FR), las especies con mayor porcentaje fueron *Pithecellobium insigne* con 12.77%, seguida de *Tabernaemontana alba, Achatocarpus nigricans* y *Guazuma ulmifolia* con 8.51%; mientras que las especies con menor porcentaje fueron *Cedrela odorata, Spondias mombin, Ficus aurea, Azadirachta indica, Ceiba pentandra, Randia aculeata, Psidium guajava, Terminalia catappa, Daphnopsis americana, Garcinia intermedia, Leucaena leucocephala, Sapium lateriflorum, Sideroxylon celastrinum* y *Tabebuia* rosea con 2.13%.

Respecto a la dominancia relativa (DOR), las especies con mayor porcentaje fueron *Pithecellobium insigne* con 49.77%, seguida de *Guazuma ulmifolia* con 13.50% y *Ficus aurea* con 10.68%; mientras que las especies con menor porcentaje fueron *Spondias mombin* y *Ceiba pentandra* con 0.002%.

Cuadro 3.30 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato arbóreo de la RE.

No.	Nombre científico	DER	FR	DOR	IVI	IVIE
1	*Pithecellobium insigne*	45.20	12.77	49.77	107.74	35.91
2	*Guazuma ulmifolia*	2.73	8.51	13.50	24.74	8.25
3	*Achatocarpus nigricans*	4.92	8.51	6.02	19.45	6.48
4	*Coccoloba barbadensis*	11.22	6.38	0.31	17.92	5.97
5	*Tabernaemontana alba*	5.69	8.51	1.87	16.06	5.35
6	*Maclura tinctoria*	8.02	4.26	2.46	14.74	4.91
7	*Ficus aurea*	1.65	2.13	10.68	14.45	4.82
8	*Parmentiera aculeata*	5.29	4.26	1.42	10.96	3.65
9	*Bursera simaruba*	1.55	6.38	1.62	9.56	3.19
10	*Cedrela odorata*	3.12	2.13	3.19	8.45	2.82
11	*Xylosma flexuosa*	1.48	6.38	0.55	8.41	2.80
12	*Zanthoxylum caribaeum*	2.66	4.26	1.36	8.27	2.76
13	*Randia aculeata*	0.47	2.13	2.65	5.25	1.75
14	*Spondias mombin*	2.49	2.13	0.002	4.62	1.54
15	*Terminalia catappa*	0.24	2.13	1.81	4.18	1.39
16	*Azadirachta indica*	1.25	2.13	0.01	3.39	1.13
17	*Ceiba pentandra*	1.25	2.13	0.002	3.38	1.13
18	*Psidium guajava*	0.32	2.13	0.75	3.20	1.07
19	*Sapium lateriflorum*	0.07	2.13	0.70	2.91	0.97
20	*Tabebuia rosea*	0.07	2.13	0.47	2.67	0.89
21	*Garcinia intermedia*	0.07	2.13	0.28	2.48	0.83
22	*Leucaena leucocephala*	0.07	2.13	0.21	2.41	0.80
23	*Sideroxylon celastrinum*	0.07	2.13	0.21	2.41	0.80
24	*Daphnopsis americana*	0.07	2.13	0.14	2.34	0.78
	Total	**100**	**100**	**100**	**300**	**100**

DER= Densidad relativa, FR= Frecuencia relativa, DOR= Dominancia relativa, IVI=Índice de valor de importancia, IVIE= Índice de valor de importancia ecológica.

Respecto al IVIE, las especies estructuralmente dominante fueron *Pithecellobium insigne* con 35.91%, influenciada principalmente por la DER, FR y DOR, seguida de *Guazuma ulmifolia* con 8.25% influenciada principalmente por la DOR y *Achatocarpus nigricans* con 6.48% influenciada principalmente por 19.45%; que en conjunto representan el 50.64% del total del IVIE. Por otro lado, las especies con menor porcentaje fueron *Leucaena leucocephala* y *Sideroxylon celastrinum* con 0.80%, y *Daphnopsis americana* con 0.78%.

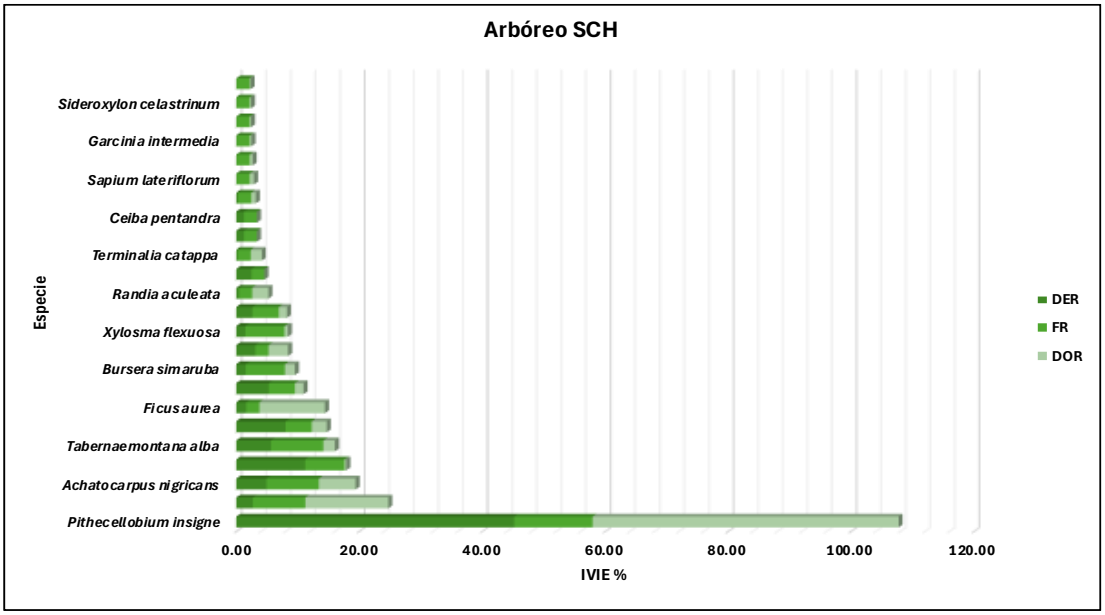


Imagen 3.20 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato arbóreo de la RE.

ESTRATO ARBUSTIVO

En el estrato arbustivo dentro del área de la RE, se registró una riqueza de nueve especies con una densidad de 3,401 ind/ha. Las especies con densidades mayores fueron *Petiveria alliacea* con 1,667 ind/ha, seguida de *Malvaviscus arboreus* con 600 ind/ha y Mimosa pigra con 400 ind/ha; mientras que las especies con densidades menores fueron *Bonellia macrocarpa, Ricinus communis* y *Vasconcellea cauliflora* con 67 ind/ha.

Cuadro 3.31 Densidad por especie del estrato arbustivo de la RE.

No.	Nombre científico	Densidad (Ind/ha)
1	*Petiveria alliacea*	1667
2	*Malvaviscus arboreus*	600
3	*Mimosa pigra*	400
4	*Amphitecna apiculata*	267
5	*Neea psychotrioides*	133
6	*Vachellia cornigera*	133
7	*Bonellia macrocarpa*	67
8	*Ricinus communis*	67
9	*Vasconcellea cauliflora*	67
	Total	**3401**

Respecto a la densidad relativa (DER), las especies con mayor porcentaje fueron *Petiveria alliacea* con 49.01%, seguida de *Malvaviscus arboreus* con 17.64% y *Mimosa pigra* con 11.76%.

En cuanto a la frecuencia relativa (FR), las especies con mayor porcentaje fueron *Malvaviscus arboreus* con 25% y *Vachellia cornígera* con 16.67%; el resto de las especies presentaron 8.33%.

Respecto a la dominancia relativa (DOR), las especies con mayor porcentaje fueron Malvaviscus arboreus con 39.80%, seguida de *Petiveria alliacea* con 16.46% y *Neea psychotrioides* con 14.82; mientras que las especies con menor porcentaje fueron *Bonellia macrocarpa* con 1.23% y *Mimosa pigra* con 0.62%.

Cuadro 3.32 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato arbustivo de la RE.

No.	Nombre científico	DER	FR	DOR	IVI	IVIE
1	*Malvaviscus arboreus*	17.64	25.00	39.80	82.44	27.48
2	*Petiveria alliacea*	49.01	8.33	16.46	73.81	24.60
3	*Neea psychotrioides*	3.91	8.33	14.82	27.06	9.02
4	*Amphitecna apiculata*	7.85	8.33	8.89	25.07	8.36
5	*Vachellia cornigera*	3.91	16.67	2.36	22.93	7.64
6	*Vasconcellea cauliflora*	1.97	8.33	11.88	22.18	7.39
7	*Mimosa pigra*	11.76	8.33	0.62	20.71	6.90
8	*Ricinus communis*	1.97	8.33	3.95	14.25	4.75
9	*Bonellia macrocarpa*	1.97	8.33	1.23	11.54	3.85
	Total	**100**	**100**	**100**	**300**	**100**

DER= Densidad relativa, FR= Frecuencia relativa, DOR= Dominancia relativa, IVI=Índice de valor de importancia, IVIE= Índice de valor de importancia ecológica.

Respecto al IVIE, las especies estructuralmente dominantes fueron *Malvaviscus arboreus* con 27.48, influenciada principalmente por la FR y la DOR, seguida de *Petiveria alliacea* con 24.60%, influenciada principalmente por la DER y *Neea psychotrioides* con 9.02% influenciada principalmente por la DOR; que en conjunto representan el 61.10% del IVIE. Por otro lado, las especies con menor porcentaje del IVIE fueron *Ricinus communis* con 4.75% y *Bonellia macrocarpa* con 3.85%.

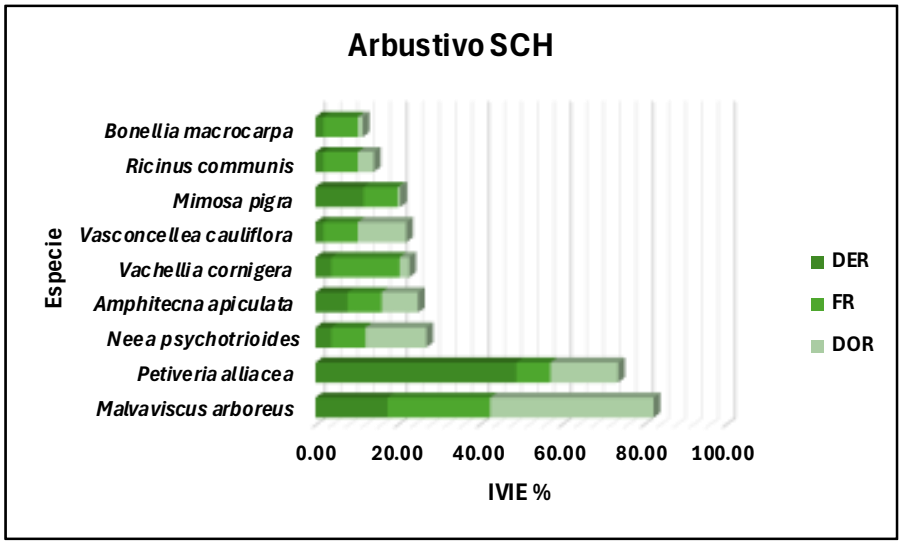


Imagen 3.21 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato arbustivo de la RE.

ESTRATO BEJUCO

En el estrato bejucos dentro del área de la RE, se registró una riqueza de cuatro especies con una densidad de 2,134 ind/ha. La especie con mayor densidad fue *Smilax mollis* con 1,000 ind/ha; mientras que las especies con menores densidades fueron *Dalbergia brownei* y *Paullinia fuscescens* con 267 ind/ha.

Cuadro 3.33 Densidad por especie del estrato bejuco de la RE.

No.	Nombre científico	Densidad (Ind/ha)
1	*Smilax mollis*	1000
2	*Amphilophium paniculatum*	600
3	*Dalbergia brownei*	267
4	*Paullinia fuscescens*	267
	Total	**2134**

Respecto a la densidad relativa (DER), la especie con mayor porcentaje fue *Smilax mollis* con 46.86% y las especies con porcentajes menores fueron *Dalbergia brownei* y *Paullinia fuscescens* con 12.51%.

En cuanto a la frecuencia relativa (FR), la especie con mayor porcentaje fue *Smilax mollis* con 38.46% y las especies con porcentajes menores fueron *Dalbergia brownei* y *Paullinia fuscescens* con 15.38%.

Respecto a la dominancia relativa (DOR), la especie con mayor porcentaje fue *Dalbergia brownei* con 50.40% y la especie con menor porcentaje fue *Paullinia fuscescens* con 2.02%.

Cuadro 3.34 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato bejuco de la RE.

No.	Nombre científico	DER	FR	DOR	IVI	IVIE
1	*Amphilophium paniculatum*	28.12	30.77	42.96	101.84	33.95
2	*Smilax mollis*	46.86	38.46	4.62	89.94	29.98
3	*Dalbergia brownei*	12.51	15.38	50.40	78.29	26.10
4	*Paullinia fuscescens*	12.51	15.38	2.02	29.92	9.97
	Total	**100**	**100**	**100**	**300**	**100**

DER= Densidad relativa, FR= Frecuencia relativa, DOR= Dominancia relativa, IVI=Índice de valor de importancia, IVIE= Índice de valor de importancia ecológica.

Respecto al IVIE, la especie estructuralmente dominante fue *Amphilophium paniculatum* con 33.95, influenciada principalmente por la DOR; mientras que la especie con menor porcentaje fue *Paullinia fuscescens* con 9.97%, influenciada principalmente por la FR.

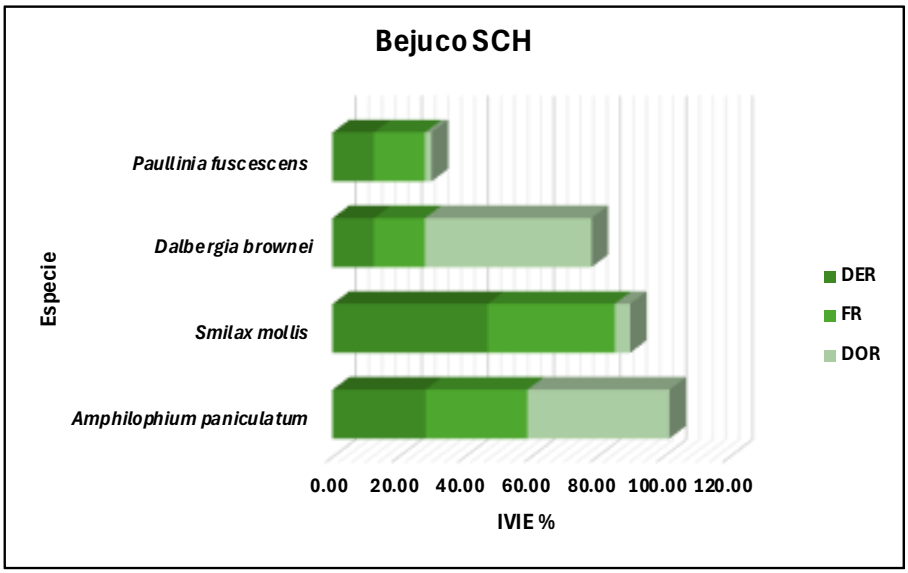


Imagen 3.22 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato bejuco de la RE.

ESTRATO CACTÁCEAS

En el estrato cactáceas dentro del área de la RE, se registró una riqueza de dos especies con una densidad de 51 ind/ha. La especie con mayor densidad fue *Acanthocereus tetragonus* con 38 ind/ha y la especie con menor densidad fue *Bromelia pinguin* con 13 ind/ha.

Cuadro 3.35 Densidad por especie del estrato cactáceas de la RE.

No.	Nombre científico	Densidad (ha)
1	*Acanthocereus tetragonus*	38
2	*Bromelia pinguin*	13
	Total	**51**

Respecto a la densidad relativa (DER), la especie con mayor porcentaje fue *Acanthocereus tetragonus* con 74.51%.

En cuanto a la frecuencia relativa (FR), tanto *Acanthocereus tetragonus* como *Bromelia pinguin* presentaron 50%.

Respecto a la dominancia relativa (DOR), la especie con mayor porcentaje fue *Acanthocereus tetragonus* con 80.21%.

Cuadro 3.36 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato cactáceas de la RE.

No.	Nombre científico	DER	FR	DOR	IVI	IVIE
1	*Acanthocereus tetragonus*	74.51	50.00	80.21	204.72	68.24
2	*Bromelia pinguin*	25.49	50.00	19.79	95.28	31.76
	Total	**100**	**100**	**100**	**300**	**100**

DER= Densidad relativa, FR= Frecuencia relativa, DOR= Dominancia relativa, IVI=Índice de valor de importancia, IVIE= Índice de valor de importancia ecológica.

Respecto al IVIE, la especie estructuralmente dominante fue *Acanthocereus tetragonus* con 68.24%.

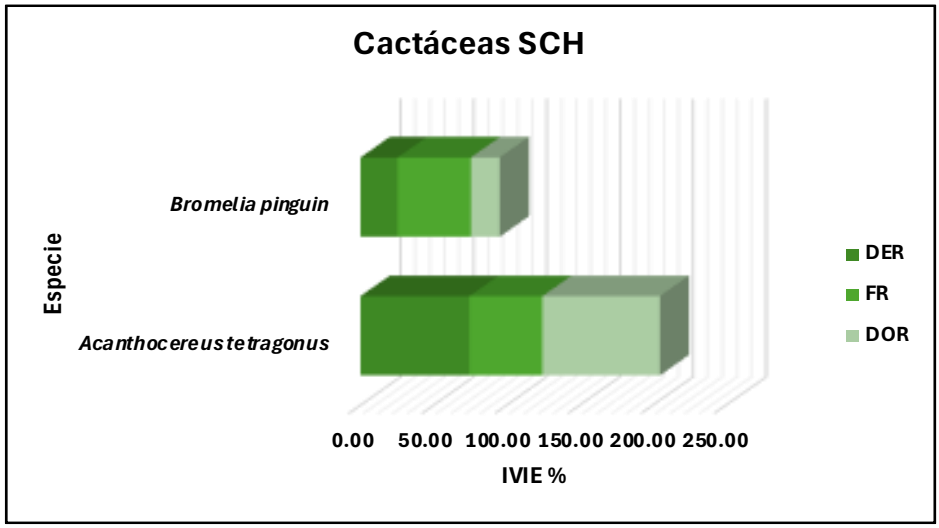


Imagen 3.23 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato cactáceas de la RE.

ESTRATO EPÍFITAS

En el estrato epifitas dentro del área de la RE, se registró una riqueza de tres especies con una densidad de 763 ind/ha. La especie con mayor densidad fue *Syngonium podophyllum* con 638 ind/ha; mientras que la especie con menor densidad fue *Lygodium venustum* con 33 ind/ha.

Cuadro 3.37 Densidad por especie del estrato epífitas de la RE.

No.	Nombre científico	Densidad (Ind/ha)
1	*Syngonium podophyllum*	638
2	*Eulophia maculata*	92
3	*Lygodium venustum*	33
	Total	**763**

Respecto a la densidad relativa (DER), la especie con mayor porcentaje fue *Syngonium podophyllum* con 83.62% y la especie con menor porcentaje *Lygodium venustum* con 4.33%.

En cuanto a la frecuencia relativa (FR), la especie con mayor porcentaje fue *Eulophia maculata* con 50% y la especie con menor porcentaje *Lygodium venustum* con 16.67%.

Respecto a la dominancia relativa (DOR), la especie con mayor porcentaje fue *Syngonium podophyllum* con 95.11% y la especie con menor porcentaje fue *Eulophia maculata* con 1.75%.

Cuadro 3.38 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato epifitas de la RE.

No.	Nombre científico	DER	FR	DOR	IVI	IVIE
1	*Syngonium podophyllum*	83.62	33.33	95.11	212.06	70.69
2	*Eulophia maculata*	12.06	50.00	1.75	63.81	21.27
3	*Lygodium venustum*	4.33	16.67	3.14	24.13	8.04
	Total	**100**	**100**	**100**	**300**	**100**

DER= Densidad relativa, FR= Frecuencia relativa, DOR= Dominancia relativa, IVI=Índice de valor de importancia, IVIE= Índice de valor de importancia ecológica.

Respecto al IVIE, la especie estructuralmente dominante fue *Syngonium podophyllum* con 70.69% influenciada principalmente por la DER y la DOR, mientras que la especie con menor porcentaje fue *Lygodium venustum* con 8.04%.

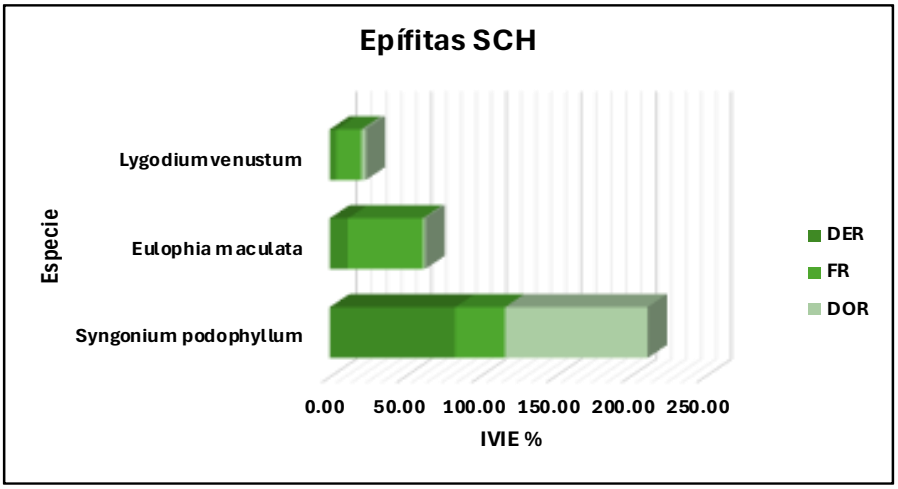


Imagen 3.24 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato epífitas de la RE.

ESTRATO HERBÁCEO

En el estrato herbáceo dentro del área de la RE, se registraron siete especies con una densidad de 14,167 ind/ha. Las especies con mayor densidades fueron *Echinochloa polystachya* con 6,250 ind/ha y *Oplismenus hirtellus* con 2,917 ind/ha; mientras que la especie con menor densidad fue *Cleome spinosa* con 417 ind/ha.

Cuadro 3.39 Densidad por especie del estrato herbáceo de la RE.

No.	Nombre científico	Densidad (Ind/ha)
1	*Echinochloa polystachya*	6250
2	*Oplismenus hirtellus*	2917
3	*Phyllanthus niruri*	1667
4	*Solanum tampicense*	1250
5	*Hymenocallis littoralis*	833
6	*Rivina humilis*	833
7	*Cleome spinosa*	417
	Total	**14,167**

Respecto a la densidad relativa (DER), las especies con mayor porcentaje fueron *Echinochloa polystachya* con 44.12% y *Oplismenus hirtellus* con 20.59%; mientras que la especie con menor porcentaje fue *Cleome spinosa* con 2.94%.

En cuanto a la frecuencia relativa (FR), las especie scon mayor porcentaje fueron *Oplismenus hirtellus* con 30% y *Rivina humilis* con 20%; el resto de las especies presentaron menor porcentaje con 10%.

Respecto a la dominancia relativa (DOR), las especies con mayor porcentaje fueron *Hymenocallis littoralis*, con 61.88 %, y *Echinochloa polystachya*, con 23.63 %; mientras que las especies con menor porcentaje fueron *Phyllanthus niruri*, con 2.63 %, y *Cleome spinosa*, con 0.56 %

Cuadro 3.40 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato herbáceo de la RE.

No.	Nombre científico	DER	FR	DOR	IVI	IVIE
1	*Hymenocallis littoralis*	5.88	10.00	61.88	77.76	25.92
2	*Echinochloa polystachya*	44.12	10.00	23.63	77.74	25.91
3	*Oplismenus hirtellus*	20.59	30.00	4.55	55.14	18.38
4	*Rivina humilis*	5.88	20.00	3.38	29.26	9.75
5	*Phyllanthus niruri*	11.77	10.00	2.63	24.40	8.13
6	*Solanum tampicense*	8.82	10.00	3.38	22.20	7.40
7	*Cleome spinosa*	2.94	10.00	0.56	13.51	4.50
	Total	**100**	**100**	**100**	**300**	**100**

DER= Densidad relativa, FR= Frecuencia relativa, DOR= Dominancia relativa, IVI=Índice de valor de importancia, IVIE= Índice de valor de importancia ecológica.

Respecto al IVIE, las especies estructuralmente dominantes fueron *Hymenocallis littoralis* con 25.92% influenciada principalmente por la DOR y *Echinochloa polystachya con* 25.91% influenciada principalmente por la DER y la DOR; en conjunto representan el 51.84% del IVIE. Por otro lado, las especies con menor porcentaje fueron *Solanum tampicense* con 7.40% y *Cleome spinosa* con 4.50%.

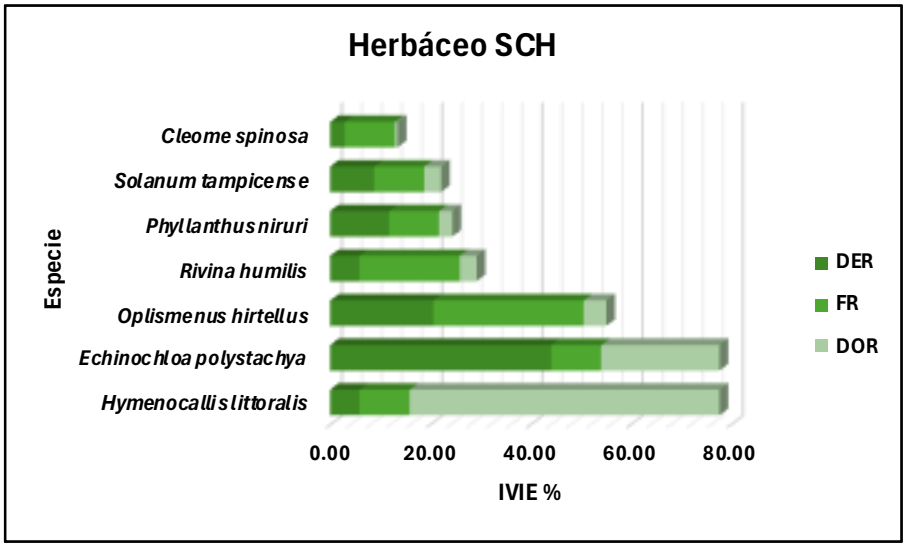


Imagen 3.25 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato herbáceo de la RE.

ESTRATO PALMA

En el estrato palma dentro del área de la RE, se registró una riqueza de dos especies con una densidad de 142 ind/ha. La especie con mayor densidad fue *Attalea butyracea* con 138 ind/ha y la especie con menor densidad *Acrocomia aculeata* con 4 ind/ha.

Cuadro 3.41 Densidad por especie del estrato palma de la RE.

No.	Nombre científico	Densidad (Ind/ha)
1	*Attalea butyracea*	138
2	*Acrocomia aculeata*	4
	Total	**142**

Respecto a la densidad relativa (DER), la especie con mayor porcentaje fue *Attalea butyracea* con 97.18%.

En cuanto a la frecuencia relativa (FR), la especie con mayor porcentaje fue *Attalea butyracea* con 66.67%.

Respecto a la dominancia relativa (DOR), la especie con mayor porcentaje fue *Attalea butyracea* con 85.51%.

Cuadro 3.42 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato palma de la RE.

No.	Nombre científico	DER	FR	DOR	IVI	IVIE
1	*Attalea butyracea*	97.18	66.67	85.51	249.36	83.12
2	*Acrocomia aculeata*	2.82	33.33	14.49	50.64	16.88
	Total	**100**	**100**	**100**	**300**	**100**

DER= Densidad relativa, FR= Frecuencia relativa, DOR= Dominancia relativa, IVI=Índice de valor de importancia, IVIE= Índice de valor de importancia ecológica.

Respecto al IVIE, la especie estructuralmente dominante fue *Attalea butyracea* con 83.12%.

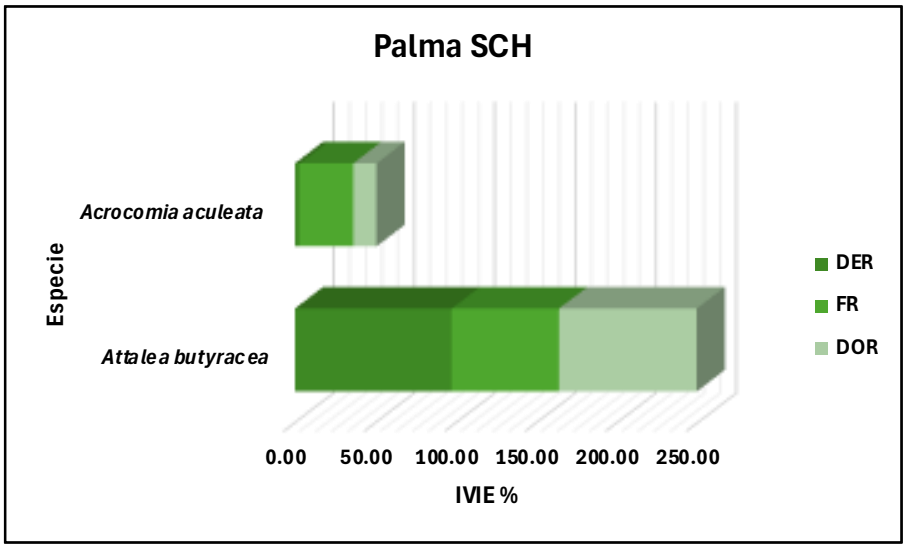


Imagen 3.26 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato palma de la RE.

III.4.1.3.6 CONCLUSIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA VSA/SBC EN LA REGIÓN ECOLÓGICA

La superficie de Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC) identificada dentro de la Subcuenca Hidrológica Forestal comprende 344.2548 ha. Para su caracterización florística se aplicó un muestreo aleatorio simple mediante seis sitios de 400 m² cada uno, con una superficie total evaluada de 2,400 m² y una intensidad de muestreo de 0.0697 %. La precisión estadística se evaluó a partir de la riqueza registrada por unidad de muestreo; con un nivel de confianza del

95 %, se obtuvo un error absoluto de estimación de 1.28, inferior al error máximo adoptado de 1.55, en ese sentido, el esfuerzo realizado se considera suficiente conforme al criterio estadístico empleado y adecuado para sustentar la caracterización florística del tipo de vegetación analizado.

La suficiencia del inventario también se examinó mediante estimadores no paramétricos de riqueza. La completitud promedio estimada fue de 73.06 % para el estrato arbóreo, 81.07 % para el arbustivo, 98.56 % para el bejuco, 91.64 % para las cactáceas, 95.74 % para las epífitas, 91.23 % para el herbáceo y 82.32 % para el estrato palma. Estos resultados muestran que el esfuerzo de muestreo permitió recuperar una proporción importante de la riqueza esperada, aunque con variaciones entre estratos asociadas con su composición, abundancia y patrón de distribución.

La composición florística registrada estuvo integrada por **51 especies**, pertenecientes a **51 géneros** y **36 familias botánicas**. El estrato arbóreo presentó la mayor riqueza, con **24 especies**, seguido del arbustivo con nueve y del herbáceo con siete. Asimismo, se registraron cuatro especies de bejucos, tres epífitas, dos cactáceas y dos palmas. Del total de especies, 48 fueron nativas y tres correspondieron a especies exóticas-invasoras, por lo que la composición se encuentra conformada predominantemente por elementos propios de la flora regional.

Respecto de su situación normativa, *Cedrela odorata* fue la única especie registrada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, bajo la categoría de sujeta a protección especial (Pr). Asimismo, *Acanthocereus tetragonus*, *Cedrela odorata*, *Dalbergia brownei* y *Tabebuia rosea* se encuentran incluidas en el Apéndice II de la CITES. Por su parte, *Ceiba pentandra* y *Ficus aurea* están consideradas especies prioritarias por la CONABIO. Conforme a las categorías de la UICN, 32 especies se encuentran clasificadas como de preocupación menor (LC), una como vulnerable (VU) y 18 no presentaron una categoría asignada en la consulta efectuada.

El **análisis de diversidad** mostró diferencias entre los estratos. El **arbóreo** presentó el valor más alto del índice de Shannon, **con H' = 2.06**, correspondiente a una diversidad media. Los estratos **arbustivo y herbáceo** registraron **H' = 1.59**; el estrato **bejuco**, **H' = 1.23**; las **cactáceas, H' = 0.57**; las **epífitas, H' = 0.54;** y el estrato **palma, H' = 0.13.** Estos resultados indican que la distribución de los individuos y la representación de las especies no son uniformes entre los componentes de la comunidad vegetal.

En el **análisis estructural**, *Pithecellobium insigne* presentó el mayor valor de importancia ecológica del estrato arbóreo, con un IVIE de 35.91 %, seguido de *Guazuma ulmifolia* con 8.25 % y *Achatocarpus nigricans* con 6.48 %. En el estrato

arbustivo, las especies con mayor importancia fueron *Malvaviscus arboreus*, con 27.48 %, *Petiveria alliacea*, con 24.60 %, y *Neea psychotrioides*, con 9.02 %.

Para el estrato bejuco, *Amphilophium paniculatum* presentó el mayor IVIE, con 33.95 %. En las cactáceas predominó *Acanthocereus tetragonus*, con 68.24 %; mientras que en las epífitas destacó *Syngonium podophyllum*, con 70.69 %. En el estrato herbáceo, *Hymenocallis littoralis* y *Echinochloa polystachya* presentaron valores prácticamente equivalentes, con 25.92 % y 25.91 %, respectivamente. Finalmente, en el estrato palma se registró una marcada dominancia de *Attalea butyracea*, con un IVIE de 83.12 %.

En términos generales, la Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia evaluada conserva una composición predominantemente nativa y una estructura integrada por componentes arbóreos, arbustivos, herbáceos, bejucos, cactáceas, epífitas y palmas. Aunque algunos estratos presentan una concentración estructural en pocas especies, el conjunto mantiene elementos florísticos representativos de este tipo de vegetación, incluyendo especies con relevancia normativa y de conservación. Por lo tanto, los resultados obtenidos constituyen una línea base técnicamente sustentada para describir las condiciones actuales de la flora en la superficie de VSa/SBC analizada dentro de la Subcuenca Hidrológica Forestal.

III.4.1.4 CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN EN EL ÁREA DEL PROYECTO

De acuerdo con la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VII, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, la superficie donde se localiza el proyecto se encuentra incluida dentro de una unidad cartográfica clasificada como **pastizal cultivado**. Esta clasificación constituye una referencia regional elaborada a escala 1:250,000, por lo que representa unidades generales de cobertura y no necesariamente distingue parches de vegetación de reducida superficie presentes dentro de los predios.

Sin embargo, la clasificación cartográfica de los Usos de Suelo y Vegetación del INEGI, difiere parcialmente de las condiciones verificadas directamente en el sitio. Esta diferencia, responde a la escala, nivel de generalización y fecha de actualización de la información temática del INEGI. Debido a estas características, una unidad regional clasificada como pastizal cultivado puede contener superficies de menor extensión con vegetación leñosa secundaria que no son diferenciadas individualmente en la cartografía nacional.

Durante los recorridos de campo y el levantamiento del inventario florístico se identificaron dos superficies con presencia de vegetación forestal. Su composición, fisonomía y estructura corresponden a **Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC)**. Por lo tanto, para efectos de la caracterización ambiental y cuantificación de la superficie solicitada para CUSTF, se adoptó la clasificación determinada mediante la verificación directa en campo, por ser la que representa con mayor detalle las condiciones actuales del predio.

La delimitación obtenida permite distinguir las superficies forestales de las áreas no forestales del predio. Estas últimas conservan las características de pastizal cultivado señaladas en la cartografía de INEGI, mientras que los dos parches con vegetación secundaria de selva baja caducifolia conforman la superficie objeto de la solicitud de CUSTF.

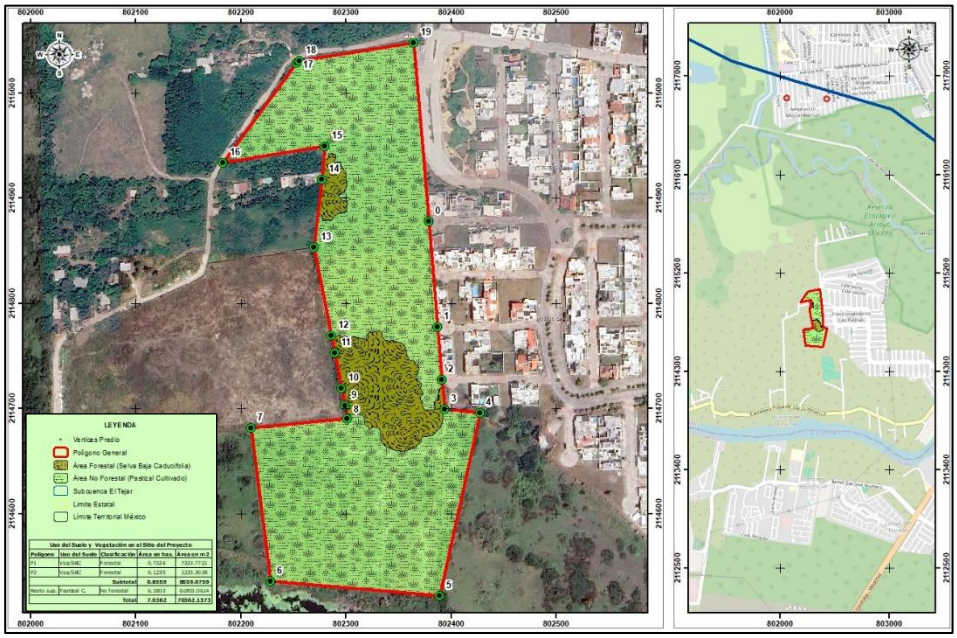


Imagen 3.27 Clasificación de superficies en el sitio del proyecto con base en los recorridos y levantamientos de campo.

El polígono forestal 1 comprende 0.732377 ha y el polígono forestal 2 abarca 0.123530 ha, que en conjunto representan una superficie forestal de 0.855907 ha. La superficie restante corresponde a pastizal cultivado y comprende 6.180306 ha, por lo que la superficie total del predio es de 7.0360 ha.

Cuadro 3.43 Clasificación de las superficies del predio con base en la verificación de campo

Componente	Uso o cobertura determinada en campo	Clasificación	Superficie (ha)
Polígono forestal 1	Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia	Forestal	0.732377
Polígono forestal 2	Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia	Forestal	0.12353
Subtotal sujeto a CUSTF	**Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia**	**Forestal**	**0.8559**
Superficie restante	Pastizal cultivado	No forestal	6.1801
Superficie total del predio			**7.0360**

La selva baja caducifolia presenta una marcada estacionalidad relacionada con la disponibilidad de humedad. Durante la temporada seca, una proporción importante de sus componentes leñosos pierde el follaje como mecanismo de adaptación. Durante la temporada de lluvias, la vegetación recupera su cobertura foliar y aumenta la presencia de especies herbáceas, trepadoras y otros elementos asociados con la disponibilidad temporal de agua.

La clasificación como vegetación secundaria arbustiva no implica la ausencia de individuos arbóreos. Esta denominación indica que, al momento de la interpretación, la fisonomía de la comunidad se encuentra dominada por el componente arbustivo, acompañado por árboles jóvenes, rebrotes y especies propias de distintas etapas de sucesión vegetal.

La vegetación secundaria puede originarse como respuesta a desmontes previos, actividades agropecuarias, incendios, extracción selectiva, apertura de caminos, expansión urbana u otras formas de perturbación. Su composición y estructura dependen de la intensidad y duración de las alteraciones, así como del tiempo transcurrido desde el abandono o disminución de dichas actividades.

En el contexto de la RE, la VSa/SBC se encuentra rodeada por una matriz territorial heterogénea, en la cual convergen usos agropecuarios, infraestructura y asentamientos humanos. Por esta razón, su condición actual debe interpretarse considerando la fragmentación de la cobertura, la presión antrópica y los procesos de regeneración secundaria.

La cartografía disponible registra **344.2548 ha de VSa/SBC dentro de la Región Ecológica**. Esta superficie representa aproximadamente el 1.03 % de las 33,333.4723 ha que integran la unidad de análisis.

La **superficie propuesta para el CUSTF** comprende **0.8559 ha de VSa/SBC**. En relación con las 344.2548 ha de esta comunidad presentes en la RE, la superficie solicitada representa aproximadamente el 0.2486 %, valor que puede expresarse de manera redondeada como 0.25 %.

Respecto de la superficie total de la RE, las 0.8559 ha representan aproximadamente el 0.0026 % (redondeadas o equivalentes a 0.003 %).

Cuadro 3.44 Relación superficial de la VSa/SBC y el área propuesta para CUSTF respecto de la Subcuenca Hidrológica

Concepto	Superficie (ha)	Proporción respecto de la RE (%)	Proporción respecto de la VSa/SBC (%)
Superficie total de la RE	33,333.4723	100.0000	No aplica
VSa/SBC presente en la RE	344.2548	1.0328	100.0000
Superficie propuesta para CUSTF	0.8559	0.0026	0.2486

Las proporciones anteriores expresan exclusivamente la relación superficial del CUSTF con la extensión de la RE y con la superficie regional de VSa/SBC. Por sí solas, estas cifras no determinan la importancia ecológica del sitio ni la magnitud de los efectos ambientales. Para ello también deben considerarse la composición florística, la estructura de la vegetación, la diversidad, el estado de conservación, la presencia de especies con alguna categoría de protección y las presiones existentes.

Estado de Conservación

El estado de conservación de la vegetación se determinó mediante un diagnóstico cualitativo sustentado en los recorridos y registros de campo. Para ello se consideraron la composición florística, la estructura de la vegetación, la presencia de regeneración natural, la continuidad de la cobertura y las evidencias de perturbación. También se evaluaron factores de presión antrópica, como la proximidad de asentamientos humanos y caminos, las actividades de pastoreo, la disposición de residuos sólidos y escombro, así como la presencia de especies introducidas o asociadas con ambientes perturbados.

Con base en estos indicadores, la superficie solicitada para CUSTF presenta un **estado de conservación medio**. Esta valoración reconoce que la vegetación ha experimentado modificaciones en su composición y estructura, pero todavía conserva especies nativas, elementos leñosos y procesos de regeneración representativos de la comunidad vegetal. Por tanto, no corresponde a una condición de vegetación

primaria o íntegramente conservada, pero tampoco a una superficie carente de atributos ecológicos.

La vegetación se encuentra en una fase sucesional secundaria de tipo arbustivo, congruente con su clasificación de campo como **Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC)**. De acuerdo con el INEGI (2021), la vegetación secundaria se desarrolla después de que la vegetación original ha sido alterada o removida parcial o totalmente, dando lugar a comunidades con diferencias en su estructura y composición florística respecto de la condición primaria.

Entre los principales factores de presión observados se encuentran la colindancia con conjuntos habitacionales, caminos de acceso y áreas utilizadas para pastoreo. Asimismo, se registró la presencia de residuos sólidos, escombro, gramíneas exóticas y especies introducidas o de comportamiento ruderal, como *Ricinus communis*. También se observaron ejemplares cultivados de plátano (*Musa × paradisiaca*), lo que demuestra intervenciones previas y modificaciones puntuales de la cobertura vegetal. De manera conjunta, estas condiciones explican el carácter secundario y el nivel medio de conservación de la vegetación. No obstante, la persistencia de especies nativas y de diferentes formas de vida justifica su caracterización detallada mediante el inventario florístico, cuyos resultados permiten determinar objetivamente su composición, estructura y diversidad.

Las observaciones realizadas en campo permiten reconocer que la vegetación relacionada con el proyecto presenta una condición secundaria y se encuentra expuesta a presión antrópica derivada de su ubicación dentro de un entorno transformado. No obstante, conserva componentes florísticos y estructurales representativos de la VSa/SBC.

Las observaciones realizadas en campo permiten reconocer que la vegetación relacionada con el proyecto presenta una condición secundaria y se encuentra expuesta a presión antrópica derivada de su ubicación dentro de un entorno transformado. No obstante, conserva componentes florísticos y estructurales representativos de la VSa/SBC.



Imagen 3.28 Evidencias de perturbación y factores de presión antrópica en el área del CUSTF: presencia de gramíneas exóticas, disposición de escombro y proximidad de conjuntos habitacionales.

III.4.1.4.1 METODOLOGÍA DE CAMPO Y GABINETE

La caracterización de la vegetación se desarrolló mediante actividades de gabinete y levantamientos directos en campo. En la etapa de gabinete se revisaron la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VII, del INEGI, imágenes satelitales, ortofotografías y cartografía digital procesada mediante sistemas de información geográfica. Esta información permitió reconocer preliminarmente las condiciones del predio, delimitar los polígonos forestales y planificar la distribución de las unidades de muestreo.

Debido a la escala regional de la cartografía del INEGI, la clasificación definitiva de la vegetación y la delimitación de las superficies forestales se sustentaron en la verificación directa en campo. Durante los recorridos se corroboraron la fisonomía, composición, estructura, cobertura y estado de conservación de la vegetación, además de las condiciones de acceso y distribución espacial de los polígonos sujetos a CUSTF.

DISEÑO DE MUESTREO

Para obtener la información florística y estructural se empleó un muestreo mediante sitios de forma cuadrada. Este diseño facilita la delimitación de las unidades, el registro ordenado de los individuos y la estimación de variables como densidad, frecuencia y cobertura, por lo que es ampliamente utilizado en la caracterización de comunidades vegetales (Mostacedo y Fredericksen, 2000; Romahn de la Vega et al., 2010).

Se establecieron **cinco sitios de 20 × 20 m**, equivalentes a **400 m²** cada uno. Cuatro sitios se ubicaron dentro del polígono forestal de mayor superficie y uno en el polígono forestal de menor extensión, con el propósito de mantener una distribución proporcional y representar las condiciones presentes en ambas superficies. La ubicación de los sitios consideró la cobertura espacial de los polígonos y la variabilidad observable de la vegetación.

Los cinco sitios principales abarcaron una superficie conjunta de **2,000 m²**, equivalente a **0.2000 ha**. En relación con las **0.855907 ha** solicitadas para CUSTF, esta superficie representa una intensidad de muestreo de **23.3672 %**. Dentro de cada sitio se establecieron unidades anidadas de menor dimensión para evaluar el renuevo arbóreo, el estrato arbustivo, los bejucos y el estrato herbáceo.

La ubicación de los sitios y de sus unidades anidadas se registró mediante coordenadas UTM, datum WGS84, zona 14N. La distribución espacial resultante se

presenta en la Tabla y Figura siguientes. La suficiencia del esfuerzo de muestreo se evaluó posteriormente mediante el error de muestreo y las curvas de acumulación de especies; por tanto, estos análisis se utilizaron para comprobar la representatividad de la información obtenida y no para definir anticipadamente el número de sitios.

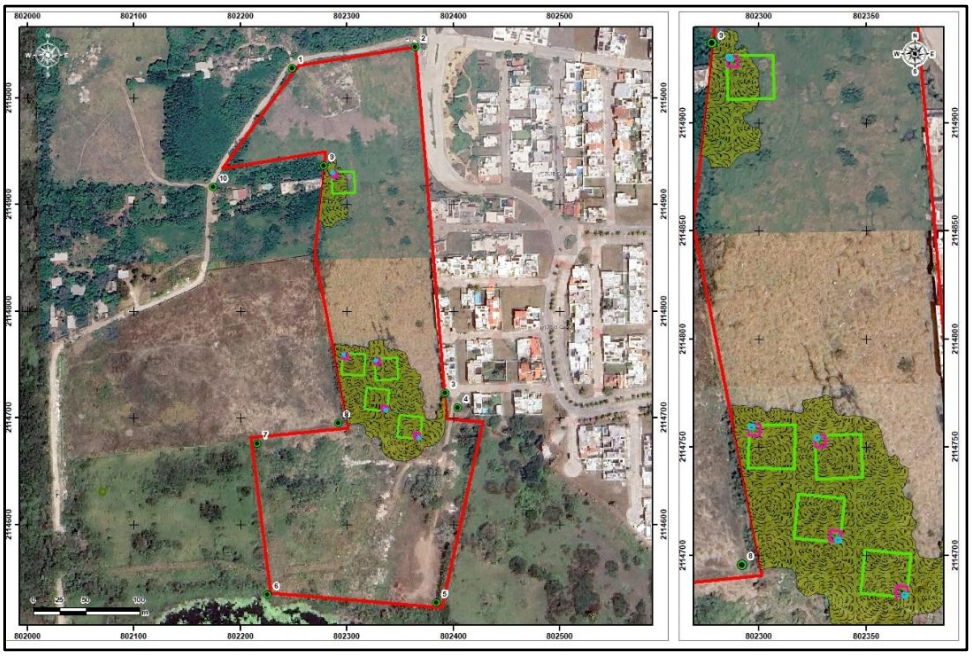


Imagen 3.29 Distribución espacial de los cinco sitios de muestreo dentro de los polígonos sujetos a CUSTF.

Cuadro 3.45 Coordenadas UTM, datum WGS84, zona 14N, de los sitios de muestreo establecidos en el CUSTF.

CUSTF		Arbóreo		Arbustivo		Herbáceo	
SITIO	VÉRTICE	X	Y	X	Y	X	Y
1	V1	802368.374	2114680.46	802368.374	2114680.46	802368.374	2114680.46
	V2	802370.4	2114700.45	802363.387	2114680.95	802366.286	2114680.66
	V3	802349.108	2114702.62	802363.885	2114686.03	802366.477	2114682.67
	V4	802347.171	2114682.52	802368.889	2114685.54	802368.578	2114682.47
2	V1	802337.672	2114706.03	802337.672	2114706.03	802337.672	2114706.03
	V2	802316.46	2114708.08	802332.669	2114706.51	802335.578	2114706.23
	V3	802318.407	2114728.19	802333.173	2114711.62	802335.777	2114708.24
	V4	802339.62	2114726.13	802338.164	2114711.11	802337.866	2114708.03
3	V1	802295.572	2114760.57	802295.572	2114760.57	802295.572	2114760.57
	V2	802316.877	2114760.01	802300.601	2114760.44	802297.679	2114760.52
	V3	802316.343	2114739.82	802300.475	2114755.35	802297.627	2114758.5
	V4	802295.039	2114740.38	802295.438	2114755.48	802295.519	2114758.55

CUSTF		Arbóreo		Arbustivo		Herbáceo	
SITIO	VÉRTICE	X	Y	X	Y	X	Y
4	V1	802325.696	2114755.25	802325.696	2114755.25	802325.696	2114755.25
	V2	802347.076	2114756.25	802330.718	2114755.49	802327.802	2114755.35
	V3	802348.053	2114736.19	802330.973	2114750.41	802327.897	2114753.33
	V4	802326.78	2114735.06	802325.969	2114750.17	802325.804	2114753.24
5	V1	802285.249	2114930.92	802285.249	2114930.92	802285.249	2114930.92
	V2	802306.645	2114931.37	802290.278	2114931.02	802287.357	2114930.96
	V3	802307.075	2114911.28	802290.387	2114925.93	802287.409	2114928.94
	V4	802285.78	2114910.73	802285.383	2114925.83	802285.302	2114928.9

FORMA Y TAMAÑO DE LOS SITIOS DE MUESTREO

El tamaño de las unidades de muestreo se definió considerando las características morfológicas, dimensiones y capacidad de detección de las diferentes formas de vida presentes. Debido a que los componentes arbóreo, arbustivo y herbáceo presentan diferencias en su distribución y estructura, se utilizó un diseño de unidades anidadas, el cual permite evaluar cada componente en una superficie adecuada y mantener un levantamiento ordenado de la información (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

En cada uno de los cinco sitios se delimitó una unidad principal de **20 × 20 m**, equivalente a **400 m²**. A partir del vértice 1 se estableció una subunidad de **5 × 5 m**, equivalente a **25 m²**, y dentro de ésta se delimitó un cuadrante de **2 × 2 m**, correspondiente a **4 m²**. Las unidades compartieron un mismo vértice de origen para facilitar su ubicación, delimitación y verificación en campo.

Las unidades principales de 400 m² comprendieron una superficie efectiva total de **2,000 m²**; las subunidades de 25 m² abarcaron conjuntamente **125 m²**; y los cuadrantes de 4 m² representaron una superficie total de **20 m²**. Cada superficie se utilizó de manera independiente para calcular las densidades de los componentes evaluados.

Cuadro 3.46 Unidades empleadas para el muestreo de las formas de vida presentes en el CUSTF.

Componente evaluado	Criterio de registro	Unidad por sitio	Superficie efectiva total
Arbolado adulto	Individuos con DN ≥ 7.5 cm	400 m²	2,000 m²
Arbustos con DN ≥ 7.5 cm	Individuos leñosos de porte arbustivo	400 m²	2,000 m²
Palmas	Individuos presentes dentro de la unidad principal	400 m²	2,000 m²
Epífitas	Individuos registrados por	400 m²	2,000 m²

	especie		
Cactáceas y bromeliáceas terrestres	Individuos registrados por especie	400 m²	2,000 m²
Renuevo arbóreo	Individuos con DN de 0.5 a 7.4 cm	25 m²	125 m²
Arbustos con DN de 0.5 a 7.4 cm	Individuos leñosos de porte arbustivo	25 m²	125 m²
Bejucos	Individuos leñosos o herbáceos de hábito trepador	25 m²	125 m²
Estrato herbáceo	Plantas sin tallo leñoso	4 m²	20 m²

Nota: El DN corresponde al diámetro normal medido a 1.30 m sobre el nivel del suelo.

Cuando un componente presentó registros en unidades de diferente tamaño, sus densidades se calcularon separadamente con la superficie efectiva correspondiente y sólo después se integraron para los análisis florísticos y estructurales.

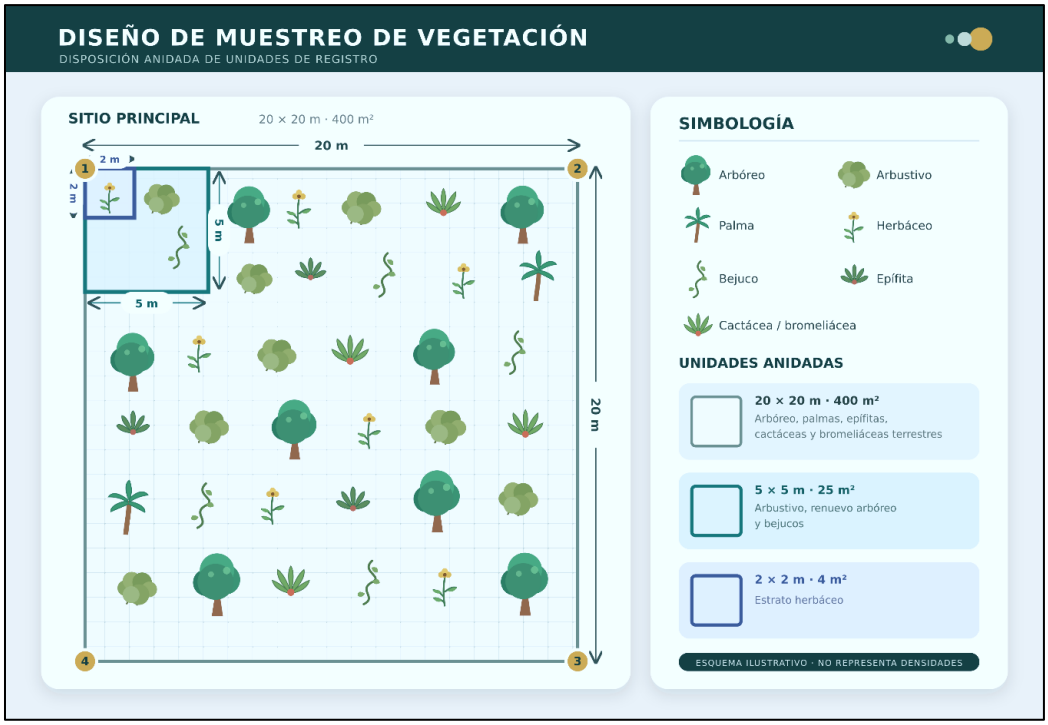


Imagen 3.30 Diseño anidado de las unidades de muestreo empleadas para el registro de los componentes de vegetación en el CUSTF.

Para delimitar cada sitio se ubicó el primer vértice mediante un receptor GPS. Los vértices restantes se trazaron con brújula y cintas métricas, verificando distancias de 20 m y ángulos adecuados para conformar el cuadrante de 400 m². Posteriormente se marcaron los vértices con estacas y cinta de señalización, y se delimitaron las subunidades de 25 y 4 m² a partir del vértice 1.

En las unidades de 400 m² se registraron los individuos arbóreos y arbustivos con DN igual o mayor que 7.5 cm, así como las palmas, epífitas, cactáceas y bromeliáceas terrestres. Para los individuos leñosos se anotaron el nombre científico o común, número consecutivo, diámetro normal, altura y dimensiones de copa. Las epífitas, cactáceas y bromeliáceas se contabilizaron por especie y se registraron, según correspondiera, su altura y cobertura.

En las subunidades de 25 m² se registraron los renuevos arbóreos y los individuos arbustivos con DN de 0.5 a 7.4 cm, además de los bejucos. Para cada registro se anotaron la especie, número de individuos, diámetro, altura y dimensiones de copa cuando resultó aplicable.

En los cuadrantes de 4 m² se evaluó el estrato herbáceo, registrando la identidad taxonómica, el número de individuos, la altura y la cobertura correspondiente. Adicionalmente, en cada sitio se obtuvieron las coordenadas UTM de los vértices, se determinó la pendiente del terreno y se integró el registro fotográfico de las actividades realizadas.





Imagen 3.31 Actividades realizadas durante el muestreo de vegetación: A) orientación de los vértices; B) delimitación del sitio; C) registro del estrato herbáceo; D) marcaje de vértices; E) medición de variables dasométricas; y F) identificación y marcaje de individuos leñosos.

TAMAÑO DE MUESTRA E INTENSIDAD DE MUESTREO

La intensidad de muestreo se calculó considerando la superficie conjunta de los cinco sitios principales de 400 m² y la superficie total solicitada para CUSTF. Los sitios abarcaron **2,000 m²**, mientras que el área sujeta a cambio de uso del suelo comprende **8,559.07 m²**; por tanto, la intensidad obtenida fue de **23.3670 %**:

$$IM = \frac{2{,}000\ \mathrm{m}^2}{8{,}559.07\ \mathrm{m}^2} \times 100 = 23.3670\%$$

Para evaluar estadísticamente la precisión del esfuerzo de muestreo se utilizó como variable el número de especies registrado en cada sitio principal. Esta variable presentó un comportamiento consistente entre las cinco unidades y permitió estimar la variabilidad de la riqueza observada, aplicando la corrección correspondiente por tratarse de una población finita de unidades de 400 m² (Romahn de la Vega et al., 1994).

Cuadro 3.47 Número de especies registrado en los sitios de muestreo del CUSTF.

Sitio de muestreo	Número de especies
1	10
2	9
3	9
4	8
5	9
Media	**9**

La superficie del CUSTF equivale a **21.3977 unidades teóricas de 400 m²**. Con cinco sitios evaluados, la fracción de muestreo fue de **0.233670**, equivalente al **23.3670 %**. La riqueza promedio fue de nueve especies por sitio y la varianza muestral fue de 0.50.

Aplicando el factor de corrección por población finita se obtuvo un error estándar de **0.276827 especies**. Con un valor de *t* de Student de **2.776**, correspondiente a un nivel de confianza del 95 % y cuatro grados de libertad, el error absoluto de estimación fue de **0.768594 especies**, equivalente a un error relativo de **8.5399 %**.

El error relativo obtenido **es menor** que el criterio técnico de precisión adoptado del 10 % para la variable analizada. En consecuencia, el esfuerzo realizado se considera adecuado para representar la riqueza de especies registrada en los sitios principales del CUSTF.

Cuadro 3.48 Intensidad y precisión estadística del muestreo efectuado en el CUSTF.

Parámetro	Resultado
Superficie del CUSTF	0.855907 ha (8,559.07 m²)
Tamaño de cada sitio principal	400 m²
Número de sitios evaluados	5
Superficie total muestreada	2,000 m²
Número equivalente de unidades de 400 m²	21.3977
Intensidad de muestreo	23.3670 %
Media de especies por sitio	9.0000
Varianza muestral	0.5000
Factor de corrección por población finita	0.766330
Error estándar	0.276827 especies
Valor de *t* de Student (gl = 4)	2.776445
Error absoluto de estimación	**0.768594 especies**
Error relativo	8.5399 %
Error máximo permitido	**0.9000 especies**
Criterio técnico de precisión	≤ 10 %

Tamaño mínimo sin redondear	3.8928 sitios
Tamaño mínimo requerido	4 sitios
Número de sitios evaluados	5 sitios
Sitios faltantes	0

De acuerdo con los resultados obtenidos, se evaluaron cinco sitios de muestreo de 400 m². Para la variable número de especies por unidad de muestreo y con un nivel de confianza del 95 %, se obtuvo un error de muestreo de 0.77 especies, inferior al error máximo adoptado de 0.90 especies. El tamaño mínimo calculado fue de cuatro sitios; por tanto, al haberse evaluado cinco, el esfuerzo de muestreo realizado se considera suficiente conforme al criterio estadístico aplicado.

SUFICIENCIA DE MUESTREO A TRAVÉS DE ESTIMADORES NO PARAMÉTRICOS

Como complemento del análisis de intensidad y error de muestreo, se evaluó la representatividad del inventario mediante curvas de acumulación de especies y estimadores no paramétricos de riqueza. Estas herramientas permiten comparar la riqueza registrada en campo con el número de especies que potencialmente podría encontrarse al incrementar el esfuerzo de muestreo (Soberón y Llorente, 1993; Gotelli y Colwell, 2001).

La mayoría de los inventarios son forzosamente incompletos. La imposibilidad de registrar el total de especies durante un trabajo de muestreo es un grave problema metodológico y de costos económicos en los estudios de la biodiversidad (Gotelli y Colwell, 2001). Así, uno de los métodos que se utiliza con más frecuencia para conocer la riqueza de especies total de una comunidad son las curvas de acumulación de especies, o curvas de colecta (Gray, 2002), las cuales permiten:
Dar fiabilidad a los inventarios biológicos y posibilitar su comparación,
Una mejor planificación del trabajo de muestreo, tras estimar el esfuerzo requerido para conseguir inventarios fiables, y extrapolar el número de especies observado en un inventario para estimar el total de especies que estarían presentes en la zona (Soberón y Llorente, 1993).

La curva de acumulación de especies se obtuvo por estrato o forma de vida y se realizó con el programa ***EstimateS***; el cual es una potente herramienta metodología para estandarizar las estimaciones de riqueza obtenida en distintos inventarios. Además, permiten obtener resultados más fiables en análisis posteriores y comparar inventarios en los que se han empleado distintas metodologías y/o diferentes niveles de esfuerzo (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). Para calcular el esfuerzo de muestreo se utilizaron los sitios de muestreo como unidades de estimación. *"... Si la curva nos*

indica que obtuvimos más del 85 % de las especies en un sitio de muestreo, es posible realizar este tipo de análisis" (Villareal et al., 2004). En ese caso, los estimadores empleados para realizar la comparación son los siguiente:

CHAO 1: Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo (singletons) y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras (doubletons).

ACE: Estimador que utiliza datos de abundancia, basados en el concepto estadístico de cobertura de muestreo, que se refiere a la suma de las probabilidades de encontrar especies observadas dentro del total de especies presentes, pero no observadas (Colwell, 2005).

BOOTSTRAP: es un método de remuestreo propuesto por Bradley y Efron en 1979. Se utiliza para aproximar la distribución en el muestreo de un estadístico. Se usa frecuentemente para aproximar el sesgo o la varianza de un análisis estadístico, así como para construir intervalos de confianza o realizar contrastes de hipótesis sobre parámetros de interés (Efron, 1979).

De acuerdo con (Villareal et al., 2004), en lo posible no se debe utilizar un solo estimador para comparar con los valores observados, sino tratar de revisar la tendencia de varios estimadores. Si los valores del conjunto de estimadores se comportan de forma muy similar y presentan valores cercanos a los observados, con seguridad se ha obtenido un buen muestreo. Las curvas de los "Uniques" y "Singletons" son también un buen indicador de la representatividad del muestreo, cuando estas curvas son asintóticas o tienden a descender, indica que se ha logrado un buen muestreo.

El análisis se realizó por estrato o forma de vida, utilizando los cinco sitios de muestreo como unidades de evaluación. Los datos fueron procesados mediante el programa EstimateS, considerando los estimadores Chao 1, ACE y Bootstrap:

III.4.1.4.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA VEGETACIÓN

La estructura de la vegetación se refiere a la distribución del componente arbóreo, tanto en el plano horizontal como en el vertical. Básicamente, la estructura horizontal está dada por la distribución dasométrica; así como por la abundancia, frecuencia y dominancia. El área basal es un indicador útil del potencial productivo de un bosque (Finegan, 1992). La composición describe al número de familias, géneros y especies que se registran dentro del bosque al momento de realizar un inventario. Los componentes que se consideran para complementar mejor la información acerca de

la composición se enfocan en la diversidad, riqueza de especies y la similaridad de la especie, entre otras (Louman, 2001).

En ese mismo sentido Alvis Gordo (2009) afirma que la estructura horizontal permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del bosque. Esta estructura puede evaluarse a través de índices que expresan la ocurrencia de las especies, lo mismo que su importancia ecológica dentro del ecosistema es el caso de las abundancias, frecuencias y dominancias, cuya suma relativa genera el Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE), el cual Fue desarrollado por Curtis y McIntosh (1951) y aplicado por Cintrón y Schaeffer-Novelli (1983) y es una medida de cuantificación asignarle a cada especie su categoría de importancia. Se obtiene de la siguiente forma (Moreno, 2000):

DENSIDAD

Es un parámetro que permite conocer la abundancia de una especie o una clase de plantas, teniendo así que la densidad es el número de individuos en un área determinada, haciendo referencia al número de individuos por hectárea y por especie en relación con el número total de individuos. Por otra parte, la densidad relativa se refiere al número de individuos de una especie expresado como una proporción de la densidad total de todas las especies.

$$Densidad\ por\ hectarea = \frac{Número\ de\ individuos\ de\ una\ especie}{Área\ muestreada}$$

$$Densidad\ relativa = \frac{Densidad\ por\ hectarea\ por\ especie}{Densidad\ por\ hectera\ de\ todas\ las\ especies} x100$$

FRECUENCIA

Permite determinar el número de parcelas en que aparece una determinada especie, con relación al total de parcelas inventariadas (en este caso sobre la muestra), o existencia o ausencia de una determinada especie en una parcela. La frecuencia absoluta se expresa como un porcentaje, la frecuencia relativa de una especie se determina como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies.

$$Frecuencia\ absoluta = \frac{Número\ de\ sitios\ en\ los\ que\ se\ presenta\ cada\ especie}{n\ (número\ de\ sitios\ muestreados)}$$

$$Frecuencia\ relativa = \frac{Frecuencia\ por\ especie}{Frecuencia\ de\ todas\ las\ especie} x100$$

DOMINANCIA

Se relaciona con el grado de cobertura de las especies como manifestación del espacio ocupado por ellas y se determina como la suma de las proyecciones horizontales de las copas de los árboles en el suelo.

$$Cobertura\ de\ una\ especie = \frac{\pi * (Diametro\ mayor\ de\ copa + Diametro\ menor\ de\ copa)^2}{4}$$

$$Dominancia = \frac{Cobertura\ de\ una\ especie}{Área\ muestreada}$$

$$Dominancia\ relativa = \frac{Área\ basal\ de\ una\ especie}{Dominancia\ de\ todas\ las\ especies} x100$$

ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA (IVIE)

Formulado por Curtis y McIntosh (1951) y se calcula para cada especie a partir de la suma de la abundancia relativa, la frecuencia y la dominancia relativas. Permite comparar el peso ecológico de cada especie dentro del bosque. El valor del IVIE similar para diferentes especies registradas en el inventario sugiere una igualdad o semejanza del bosque en su composición, estructura, calidad de sitio y dinámica.

$$Índice\ de\ Valor\ de\ Importancia\ (IVI) = Dominancia\ relativa + Densidad\ relativa + Frecuencia\ relativa$$

EL ÍNDICE DE SHANNON-WIENER

Es uno de los índices más simples y de uso más común, mide el grado promedio de incertidumbre para predecir la especie a la que pertenece un individuo dado, elegido al azar dentro de la comunidad. Su fórmula es:

$$H = -\sum(Pi)(logPi)$$

Donde:
H = Índice de diversidad
Pi = Abundancia relativa de cada especie

Poole (1974), refieren que uno de los méritos de la función de Shannon resulta de su independencia respecto al tamaño de la muestra, ya que estima la diversidad con base en una muestra extraída al azar y que presumiblemente contiene todas las especies de la comunidad; y con base en Pielou (1969) refiere que en la práctica, en

diversas comunidades, este tipo de muestra puede resultar imposible de obtener, debido a que el incremento de muestra casi siempre resulta en el hallazgo de individuos de otras especies menos comunes. Sin embargo, este sesgo puede ser minimizado siguiendo procedimientos de muestreo estadísticamente válidos.

Una de las ventajas adicionales de este índice de biodiversidad, es que permite comparar el valor de diversidad de nuestra comunidad suponiendo que se tiene una diversidad máxima (H´), la cual puede calcularse como:

$$H' = log\ log\ S$$

Donde:
S = Número de especies en la comunidad

Para casos en que se quiere estimar la Equidad (grado de reparto de los individuos entre las especies) se puede hacer de la siguiente manera: E = H/H´. El valor de equidad de especies varía entre los valores "0" y "1"; donde el valor "0" representa baja equitatividad (o alta dominancia por pocas especies) y el valor "1" representa total equitatividad en la representación de individuos de cada especie detectada en el muestreo (Magurran, 1988).

En teoría H puede alcanzar valores muy grandes, sin embargo, en la práctica para comunidades biológicas, H parece no exceder de un valor de 5. Margalef (1951) refiere que el índice de Shannon, normalmente, varía de 1 a 5, e interpreta a valores menores de 2 como diversidad baja, de 2 a 3.5 media y superiores a 3.5 como diversidad alta. Mientras que Shannon y Weaver (1949) señala que el valor mínimo puede aproximarse al cero.

RESULTADOS DE LA SUFICIENCIA DE MUESTREO DE LOS DIFERENTES ESTRATOS DE VEGETACIÓN EN EL ÁREA DEL PROYECTO (SUPERFICIE DE CUSTF)

ESTRATO ARBÓREO

En el estrato arbóreo en las cinco unidades muestrales empleadas en el muestreo se registraron un total de siete especies; el estimador Chao 1 considero 7.5 especies con una completitud del 93.33%, mientras que el estimador ACE considero 8.79 especies con una completitud del 79.64% y Bootstrap considero 8.39 especies con una completitud de 83.43%. Considerando la completitud de los estimadores antes mencionados se muestra una completitud general del 85.47%, lo cual muestra una buena representación de la comunidad estudiada.

Cuadro 3.49 Completitud del muestreo en el estrato arbóreo del CUSTF.

Estimadores	Riqueza registrada en campo	Riqueza estimada	Completitud
Chao 1	7	7.5	93.33
ACE	7	8.79	79.64
Bootstrap	7	8.39	83.43
Promedio			**85.47**

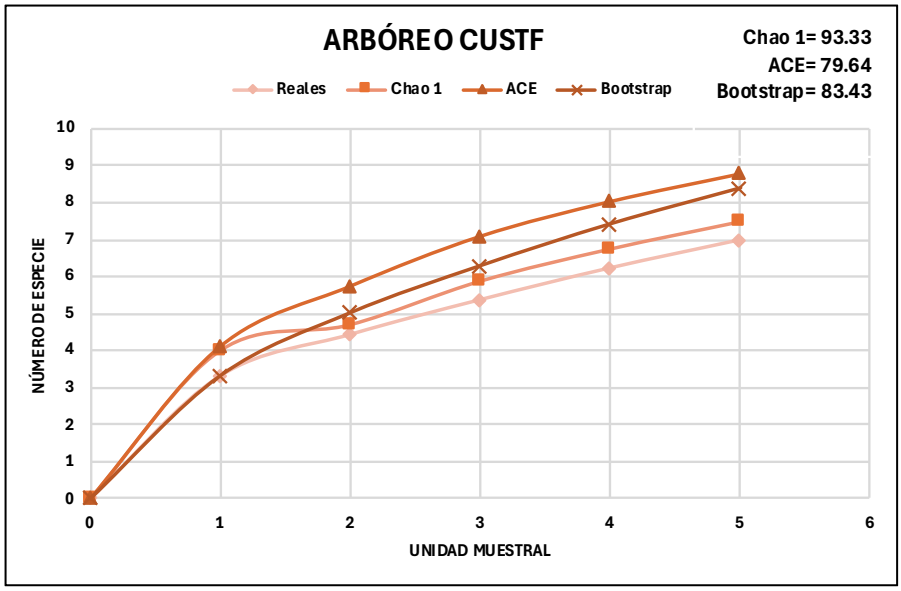


Imagen 3.32 Curva de acumulación de especies del estrato arbóreo del CUSTF.

ESTRATO ARBUSTIVO

En el estrato arbustivo en las cinco unidades muestrales empleadas en el muestreo se registraron un total de tres especies; el estimador Chao 1 considero 3.94 especies con una completitud del 76.14%, mientras que el estimador ACE considero 3.94 especies con una completitud del 76.14% y Bootstrap considero 3.66 especies con una completitud de 81.97%. Considerando la completitud de los estimadores antes mencionados se muestra una completitud general del 78.08%, lo cual muestra una buena representación de la comunidad estudiada. En general, a partir de proporciones superiores al 70% las estimaciones de las riquezas asintótica se hacen estables (Jiménez Valverde y Hortal, 2003), pudiendo considerar aquellas especies que probablemente faltan aún por registrarse, especies localmente raras o con abundancias escasas, aunado a la fragmentación de hábitat y deforestación de la región, la cual repercute en la riqueza y abundancia (Aguilar y Domínguez, 1999 Steiner y Köhler, 2003).

Cuadro 3.50 Completitud del muestreo en el estrato arbustivo del CUSTF.

Estimadores	Riqueza registrada en campo	Riqueza estimada	Completitud
Chao 1	3	3.94	76.14
ACE	3	3.94	76.14
Bootstrap	3	3.66	81.97
Promedio			**78.08**

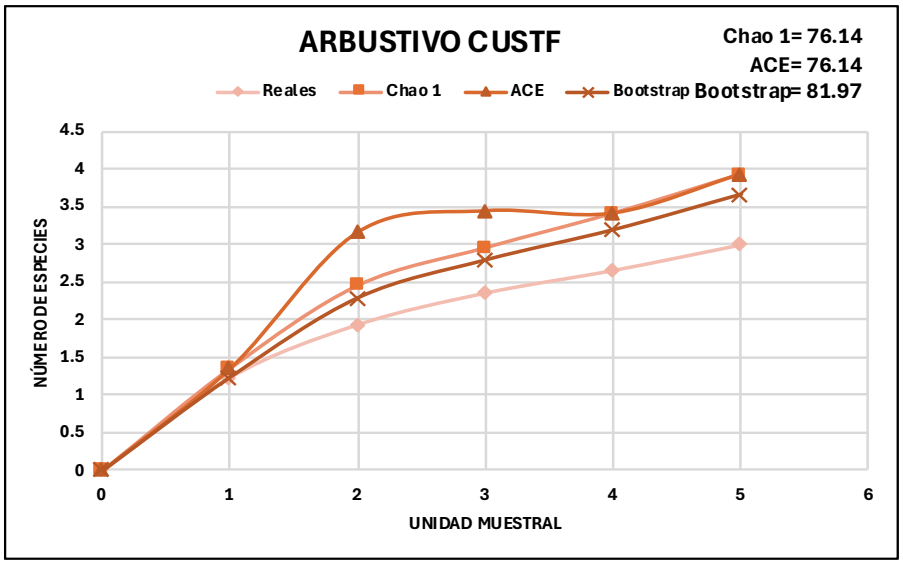


Imagen 3.33 Curva de acumulación de especies del estrato arbustivo del CUSTF.

ESTRATO BEJUCOS

En el estrato bejucos en las cinco unidades muestrales empleadas en el muestreo se registraron un total de cuatro especies; el estimador Chao 1 considero cuatro especies con una completitud del 100%, mientras que el estimador ACE considero cuatro especies con una completitud del 100% y Bootstrap considero 4.41 especies con una completitud de 90.70%. Considerando la completitud de los estimadores antes mencionados se muestra una completitud general del 96.90%, lo cual muestra una buena representación de la comunidad estudiada.

Cuadro 3.51 Completitud del muestreo en el estrato bejuco del CUSTF.

Estimadores	Riqueza registrada en campo	Riqueza estimada	Completitud
Chao 1	4	4	100
ACE	4	4	100
Bootstrap	4	4.41	90.7
Promedio			**96.9**

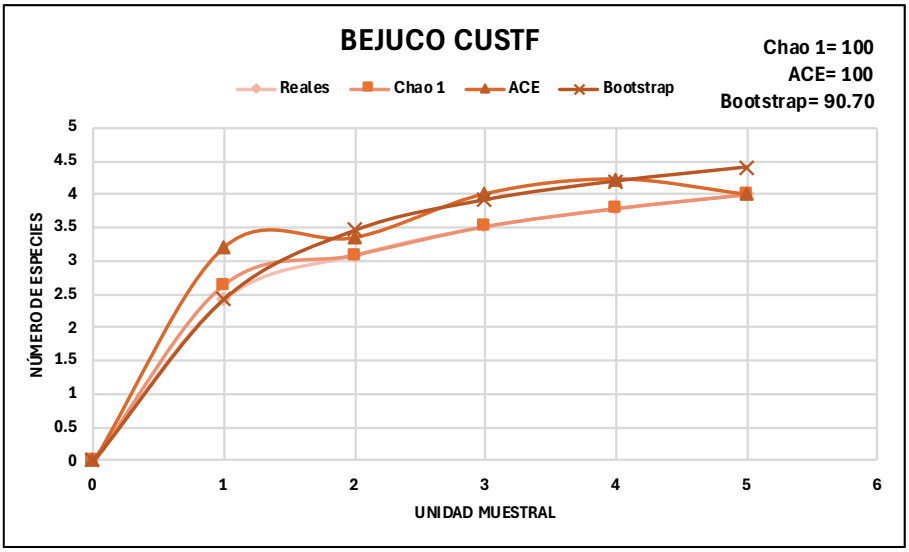


Imagen 3.34 Curva de acumulación de especies del estrato bejuco del CUSTF.

ESTRATO CACTÁCEAS

En la forma de vida cactáceas en las cinco unidades muestrales empleadas en el muestreo se registraron dos especies; el estimador Chao 1 considero dos especies con una completitud del 100%, mientras que el estimador ACE considero dos especie con una completitud del 100% y Bootstrap considero 2.66 especies con una completitud de 74.91%. Considerando la completitud de los estimadores antes mencionados se muestra una completitud general del 91.73%, lo cual muestra una buena representación de la comunidad estudiada.

Cuadro 3.52 Completitud del muestreo en el estrato cactáceas del CUSTF.

Estimadores	Riqueza registrada en campo	Riqueza estimada	Completitud
Chao 1	2	2	100.00
ACE	2	2.00	100.00
Bootstrap	2	2.66	75.19
Promedio			**91.73**

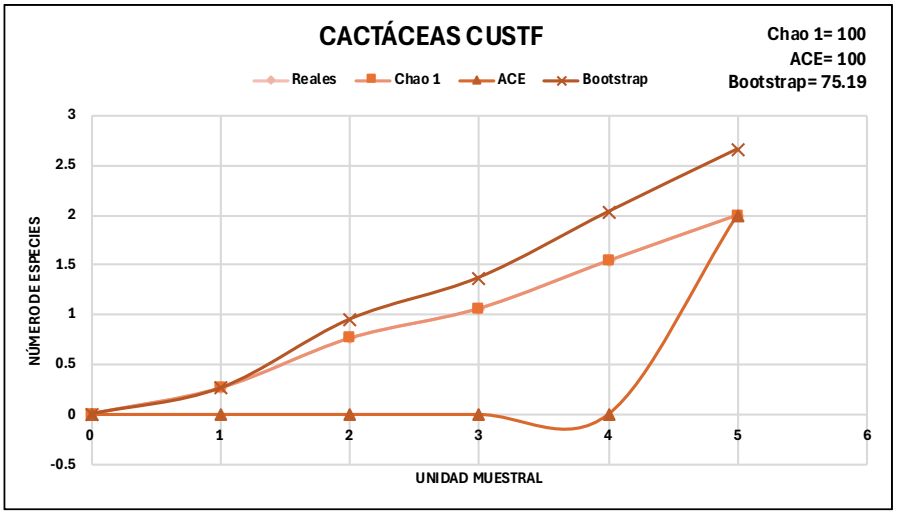


Imagen 3.35 Curva de acumulación de especies del estrato cactáceas del CUSTF.

ESTRATO EPIFITAS

En la forma de vida epifita en las cinco unidades muestrales empleadas en el muestreo se registró una única especie; el estimador Chao 1 considero una especie con una completitud del 100%, mientras que el estimador ACE considero una especie con una completitud del 100% y Bootstrap considero 1.01 especies con una completitud de 99.01%. Considerando la completitud de los estimadores antes mencionados se muestra una completitud general del 99.67%, lo cual muestra una buena representación de la comunidad estudiada.

Cuadro 3.53 Completitud del muestreo en el estrato epifitas del CUSTF.

Estimadores	Riqueza registrada en campo	Riqueza estimada	Completitud
Chao 1	1	1	100.00
ACE	1	1	100.00
Bootstrap	1	1.01	99.01
Promedio			**99.67**

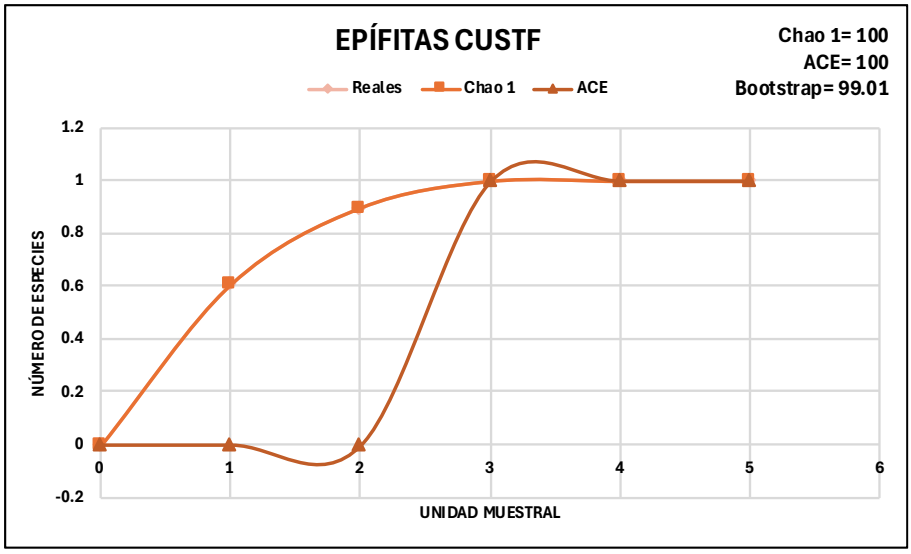


Imagen 3.36 Curva de acumulación de especies del estrato epifitas del CUSTF.

ESTRATO HERBÁCEO

En el estrato herbáceo en las cinco unidades muestrales empleadas en el muestreo se registraron dos especies; el estimador Chao 1 considero dos especies con una completitud del 100%, mientras que el estimador ACE considero dos especies con una completitud del 100% y Bootstrap considero 2.34 especies con una completitud de 85.47%. Considerando la completitud de los estimadores antes mencionados se muestra una completitud general del 95.16%, lo cual muestra una buena representación de la comunidad estudiada.

Cuadro 3.54 Completitud del muestreo en el estrato herbáceo del CUSTF.

Estimadores	Riqueza registrada en campo	Riqueza estimada	Completitud
Chao 1	2	2	100.00
ACE	2	2	100.00
Bootstrap	2	2.34	85.47
Promedio			**95.16**

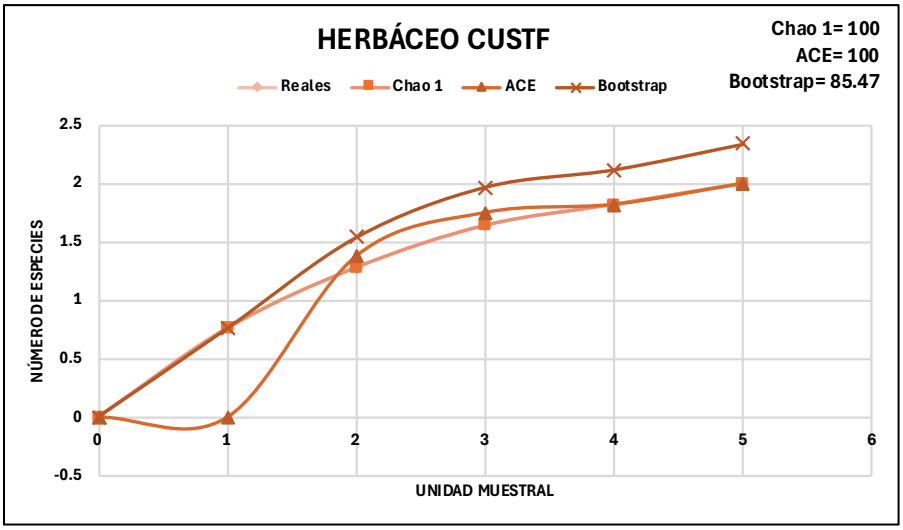


Imagen 3.37 Curva de acumulación de especies del estrato herbáceo del CUSTF.

ESTRATO PALMA

En el estrato palma en las cinco unidades muestrales empleadas en el muestreo se registró una única especie; el estimador Chao 1 considero una especie con una completitud del 100%, mientras que el estimador ACE considero una especie con una completitud del 100% y Bootstrap considero 1.33 especies con una completitud de 75.19%. Considerando la completitud de los estimadores antes mencionados se muestra una completitud general del 91.73%, lo cual muestra una buena representación de la comunidad estudiada.

Cuadro 3.55 Completitud del muestreo en el estrato palma del CUSTF.

Estimadores	Riqueza registrada en campo	Riqueza estimada	Completitud
Chao 1	1	1	100.00
ACE	1	1	100.00
Bootstrap	1	1.33	75.19
Promedio			**91.73**

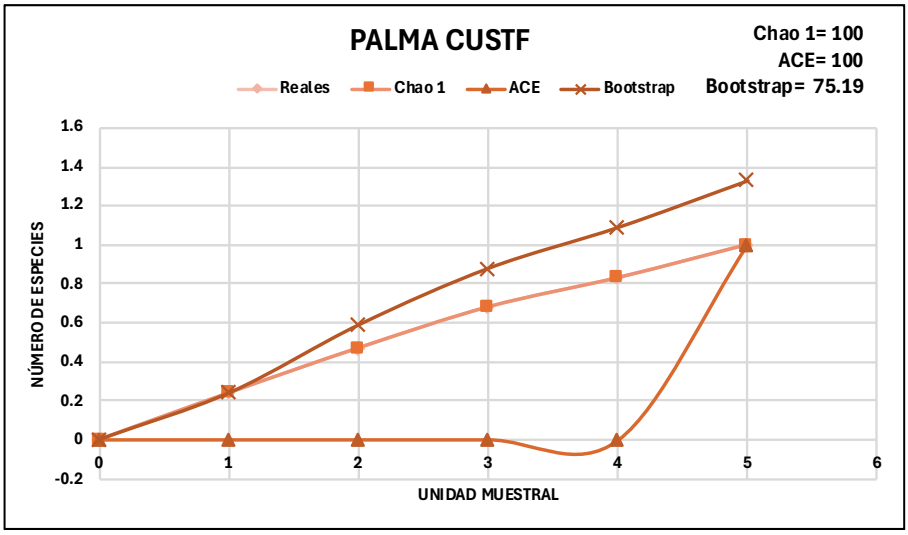


Imagen 3.38 Curva de acumulación de especies del estrato palma del CUSTF.

CONCLUSIÓN

En cuanto a la curva de acumulación de especies en el estrato arbóreo se registraron siete especies alcanzó una completitud general del 86.48%; lo cual demuestre que el muestreo fue representativo del principal estrato a evaluar; respecto al estrato arbustivo se registraron tres especies con una completitud general del 78.08%; en cuanto al estrato bejuco se registraron cuatro especies alcanzando una completitud general de 96.90%; respecto al estrato cactáceas se registraron dos especies con una completitud general de 91.73%; respecto al estrato epifitas registro una completitud general de 99.67%; en cuanto al estrato herbáceo registraron dos especies una completitud general de 95.16%; en el estrato palma se registró una única especie con completitud general de 91.73%.

III.4.1.4.3COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

RIQUEZA ESPECIFICA

De acuerdo con los resultados obtenidos de los cinco sitios de muestreo correspondiente a Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC), se registraron 20 especies, pertenecientes a 20 géneros y a 18 familias botánicas. Respecto a la riqueza por estrato, en el estrato arbóreo se registraron siete especies, en el estrato arbustivo tres especies, en el estrato bejuco cuatro especies, en el estrato cactáceas dos especies, en el estrato epífitas una especie, en el estrato herbáceo dos especies y en el estrato palma una especie.

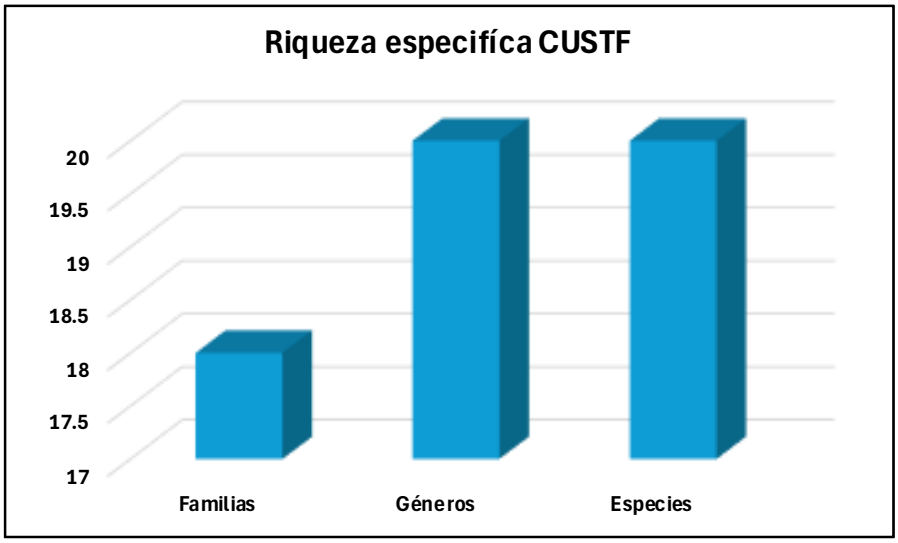


Imagen 3.39 Riqueza específica del CUSTF.

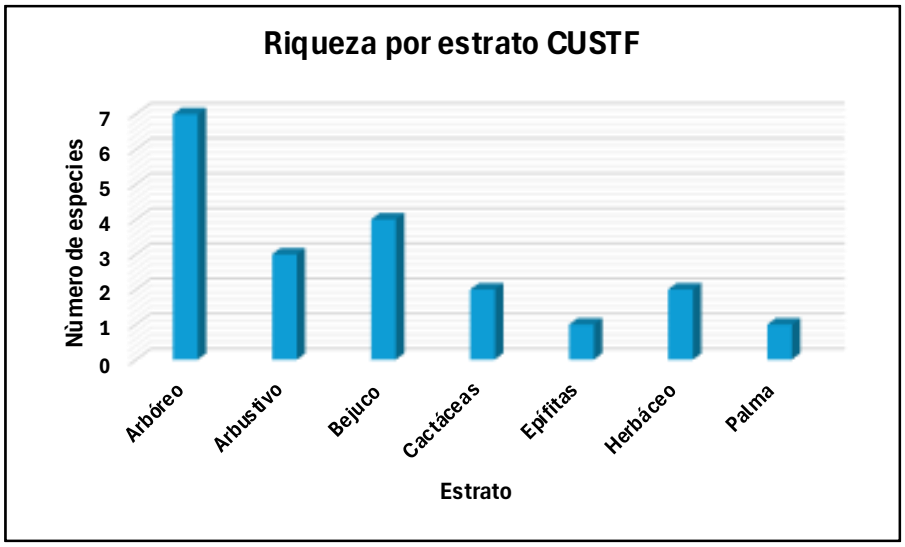


Imagen 3.40 Riqueza especifica por estrato del CUSTF.

A continuación, se presenta el listado florístico obtenido de los sitios de muestreo del CUSTF en VSa/SBC, donde se incluyen el estrato arbóreo, arbustivo, bejucos, cactáceas, epifitas, herbáceo y palma; así como la distribución y normativa nacional e internacional.

Cuadro 3.56 Listado florístico registrado en el CUSTF.

ID	Estrato / forma de vida	Nombre científico	Nombre común	Distribución	NOM-059	UICN	CITES	CONABIO
1	Cactáceas	*Acanthocereus tetragonus*	Nopal de Cruz	Nativa	---	LC	II	---

2	Bejuco	*Amphilophium paniculatum*	Bejuco prieto	Nativa	---	---	---	---
3	Palma	*Attalea butyracea*	Corozo	Nativa	---	LC	---	---
4	Arbustivo	*Bonellia macrocarpa*	Limoncillo	Nativa	---	LC	---	---
5	Cactáceas	*Bromelia pinguin*	Piñuela	Nativa	---	---	---	---
6	Arbóreo	*Coccoloba barbadensis*	Uvero	Nativa	---	LC	---	---
7	Bejuco	*Dalbergia brownei*	Bejuco de estribo	Nativa	---	LC	II	---
8	Arbóreo	*Ficus aurea*	Amate	Nativa	---	LC	---	CONABIO 2012
9	Arbóreo	*Guazuma ulmifolia*	Guacima	Nativa	---	LC	---	---
10	Herbáceo	*Oplismenus hirtellus*	Pasto selva	Nativa	---	---	---	---
11	Bejuco	*Paullinia fuscescens*	Amarguillo	Nativa	---	---	---	---
12	Arbóreo	*Pithecellobium insigne*	Guamuchil	Nativa	---	---	---	---
13	Arbustivo	*Ricinus communis*	Higuerilla	Exótica - Invasora	---	---	---	---
14	Arbóreo	*Sideroxylon celastrinum*	Coma	Nativa	---	LC	---	---
15	Bejuco	*Smilax mollis*	Diente de perro	Nativa	---	---	---	---
16	Herbáceo	*Solanum tampicense*	Lava platos	Nativa	---	LC	---	---
17	Epífitas	*Syngonium podophyllum*	Lengua de Vaca	Nativa	---	---	---	---
18	Arbóreo	*Tabebuia rosea*	Palo de Rosa	Nativa	---	LC	II	---
19	Arbóreo	*Tabernaemontana alba*	Cojón de toro	Nativa	---	LC	---	---
20	Arbustivo	*Vasconcellea cauliflora*	Papaya cimarrona	Nativa	---	---	---	---

ESPECIES NOM-059-SEMARNAT-2010 Y SU ANEXO NORMATIVO III

La Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III, Protección ambiental Especies nativas de México de flora y fauna silvestres categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. La lista de especies en riesgo es un instrumento normativo de cumplimiento obligatorio que tiene como objetivo principal identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana y así procurar su protección. Con base en la consulta del Anexo Normativo III, se determinó que ninguna especie registrada se encuentra bajo ninguna categoría de dicha norma.

DISTRIBUCIÓN

De las 20 especies registradas 19 son nativas y representan el 95% del total de especies; una única especie presenta distribución exótica – invasora y representa el 5% del total.

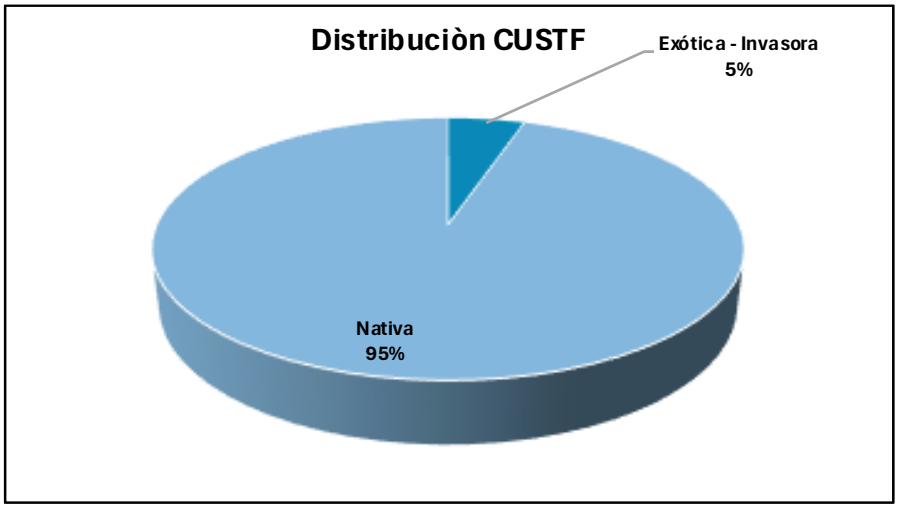


Imagen 3.41 Porcentaje de especies registradas en el CUSTF respecto a la distribución.

UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA (UICN)

De acuerdo con los criterios de la unión internacional para la conservación de la naturaleza (UICN), 11 especies se encuentran registradas especies bajo la categoría de preocupación menor (LC) que equivalen al 55% del total de las especies y nueve especies no presentan ninguna categoría y representan el 45%.

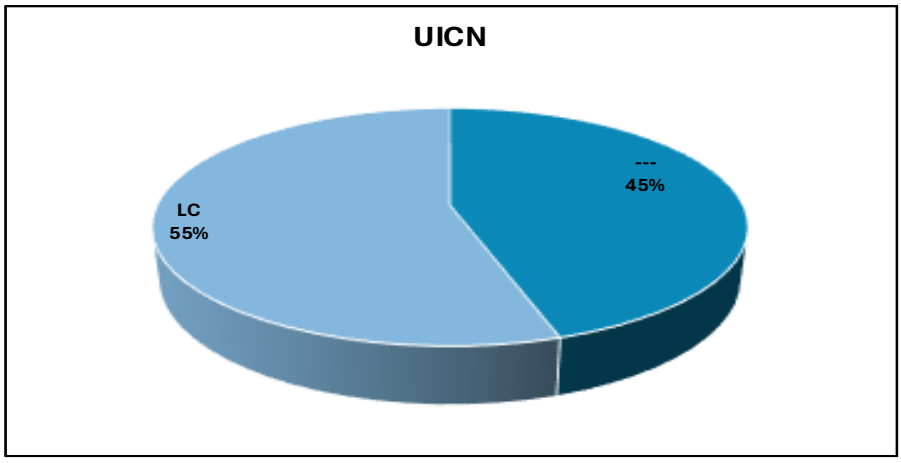


Imagen 3.42 Criterios UICN de las especies registradas en el CUSTF. Categorías: Extinta (ET), extinta en vida silvestre (Ew), en peligro crítico (CR), en peligro (EN), vulnerable (VU), casi amenazada (NT), preocupación menor (LC), datos insuficientes (DD) y no evaluado (NE).

CONVENCIÓN SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRE (CITES).

De acuerdo con los criterios de la convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre (CITES), se registraron tres especies: *Acanthocereus tetragonus*, *Dalbergia brownei* y *Tabebuia rosea*, las cuales se encuentran en el apéndice II; dicho apéndice se refiere a especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se contrale estrictamente su comercio.

Cuadro 3.57 Especies registradas en el CUSTF respecto a la CITES.

Nombre científico	Nombre común	Distribución	CITES
Acanthocereus tetragonus	Nopal de Cruz	Nativa	II
Dalbergia brownei	Bejuco de estribo	Nativa	II
Tabebuia rosea	Palo de Rosa	Nativa	II

ESPECIES PRIORITARIAS CONABIO

De acuerdo con las especies registradas en el CUSTF, únicamente se registró a *Ficus aurea* catalogada como especie prioritaria para la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, dicha especie está contemplada en el Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER) se enfoca únicamente a especies en riesgo de extinción en México, aunque considera también algunas listas rojas internacionales. El PROCER busca la recuperación de estas especies, así como de poblaciones de especies asociadas y del mismo hábitat. Se seleccionaron especies "sombrilla" para que las acciones planteadas permitan, no sólo la recuperación de especies en riesgo, sino de aquellas que cumplen una función importante en el ecosistema.

Cuadro 3.58 Especies registradas en el CUSTF respecto a la CONABIO.

Nombre científico	Nombre común	Distribución	CONABIO
Ficus aurea	Amate	Nativa	CONABIO 2012

III.4.1.4.4 ANÁLISIS DE DIVERSIDAD

ESTRATO ARBÓREO

Para el análisis de diversidad del componente arbóreo se consideraron conjuntamente las densidades estandarizadas del arbolado adulto y del renuevo arbóreo. Se registró una riqueza de siete especies y una densidad integrada de 4,065

ind/ha, constituida por 1,185 ind/ha correspondientes al arbolado adulto con DN ≥ 7.5 cm y 2,880 ind/ha correspondientes al renuevo arbóreo. Con base en esta densidad integrada, el índice de Shannon (H') fue de 0.59, lo que indica una diversidad baja; la diversidad máxima (H'_{max}) fue de 1.95 y la equitatividad de Pielou (J) fue de 0.30, evidenciando que algunas especies presentan una representación considerablemente mayor que otras.

Cuadro 3.59 Índices de diversidad del componente arbóreo integrado —arbolado adulto y renuevo— en el CUSTF.

No.	Nombre científico	Densidad integrada (ind/ha)	p(i)	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
1	*Coccoloba barbadensis*	255	0.06	-2.77	-0.17
2	*Ficus aurea*	5	0.00	-6.70	-0.01
3	*Guazuma ulmifolia*	125	0.03	-3.48	-0.11
4	*Pithecellobium insigne*	3500	0.86	-0.15	-0.13
5	*Sideroxylon celastrinum*	85	0.02	-3.87	-0.08
6	*Tabebuia rosea*	90	0.02	-3.81	-0.08
7	*Tabernaemontana alba*	5	0.00	-6.70	-0.01
	Total	4065	1		-0.59
			Riqueza específica		7
			Índice de Shannon (H')		0.59
			Diversidad máxima (H'max)		1.95
			Equitatividad (J) H'/H'max		0.30

Nota: La densidad integrada se obtuvo sumando, por especie, la densidad estandarizada del arbolado adulto y la del renuevo arbóreo. Los valores de ambas categorías fueron calculados previamente con su respectiva superficie efectiva de muestreo.

ESTRATO ARBUSTIVO

En el estrato arbustivo dentro del área de CUSTF, se registró una riqueza de 3 especies. El índice de Shannon (H´) fue de 0.30, lo cual indica una diversidad baja; la diversidad máxima (H´max) fue de 1.10, manteniéndose en diversidad baja. El índice de equitatividad (J) fue de 0.27, donde hay especies mejor representadas unas que otras.

Cuadro 3.60 Índices de diversidad del estrato arbustivo del CUSTF.

No.	Nombre científico	Densidad (ha)	p(i)	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
1	*Bonellia macrocarpa*	970	0.92	-0.08	-0.08
2	*Ricinus communis*	80	0.08	-2.58	-0.20

No.	Nombre científico	Densidad (ha)	p(i)	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
3	*Vasconcellea cauliflora*	5	0.00	-5.35	-0.03
	Total	1055	1		-0.30
			Riqueza específica		3
			Índice de Shannon (H')		0.30
			Diversidad máxima (H'max)		1.10
			Equitatividad (J) H'/H'max		0.27

ESTRATO BEJUCO

En el estrato bejucos dentro del área de CUSTF, se registró una riqueza de cuatro especies. El índice de Shannon (H´) fue de 1.17, lo cual indica una diversidad baja; la diversidad máxima (H´max) fue de 1.39, manteniéndose e en diversidad baja. El índice de equitatividad (J) fue de 0.84, donde las especies se encuentran distribuidas de manera homogénea o equitativa.

Cuadro 3.61 Índices de diversidad del estrato bejuco del CUSTF.

No.	Nombre científico	Densidad (ha)	p(i)	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
1	*Amphilophium paniculatum*	480	0.23	-1.49	-0.34
2	*Dalbergia brownei*	1000	0.47	-0.75	-0.35
3	*Paullinia fuscescens*	560	0.26	-1.33	-0.35
4	*Smilax mollis*	80	0.04	-3.28	-0.12
	Total	2120	1		-1.17
			Riqueza específica		4
			Índice de Shannon (H')		1.17
			Diversidad máxima (H'max)		1.39
			Equitatividad (J) H'/H'max		0.84

ESTRATO CACTÁCEAS

En el estrato cactáceas dentro del área de CUSTF, se registró una riqueza de dos especies. El índice de Shannon (H´) fue de 0.67, lo cual indica una diversidad baja; la diversidad máxima (H´max) fue de 0.69, manteniéndose e en diversidad baja. El índice de equitatividad (J) fue de 0.97, donde las especies se encuentran distribuidas de manera homogénea o equitativa.

Cuadro 3.62 Índices de diversidad del estrato cactáceas del CUSTF.

No.	Nombre científico	Densidad (ha)	p(i)	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
1	*Acanthocereus tetragonus*	15	0.60	-0.51	-0.31
2	*Bromelia pinguin*	10	0.40	-0.92	-0.37
	Total	25	1		-0.67
			Riqueza específica		2
			Índice de Shannon (H')		0.67
			Diversidad máxima (H'max)		0.69
			Equitatividad (J) H'/H'max		0.97

ESTRATO EPIFITAS

Debido a que únicamente se registró *Syngonium podophyllum* no fue posible realizar la estimación de índices de diversidad.

ESTRATO HERBÁCEO

En el estrato herbáceo dentro del área de CUSTF, se registró una riqueza de dos especies. El índice de Shannon (H´) fue de 0.56, lo cual indica una diversidad baja; la diversidad máxima (H´max) fue de 0.69, manteniéndose e en diversidad baja. El índice de equitatividad (J) fue de 0.81, donde las especies se encuentran distribuidas de manera homogénea o equitativa.

Cuadro 3.63 Índices de diversidad del estrato herbáceo del CUSTF.

No.	Nombre científico	Densidad (ha)	p(i)	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
1	*Oplismenus hirtellus*	2000	0.25	-1.39	-0.35
2	*Solanum tampicense*	6000	0.75	-0.29	-0.22
	Total	8000	1		-0.56
			Riqueza específica		2
			Índice de Shannon (H')		0.56
			Diversidad máxima (H'max)		0.69
			Equitatividad (J) H'/H'max		0.81

ESTRATO PALMA

Debido a que únicamente se registró *Attalea butyracea* no fue posible realizar la estimación de índices de diversidad.

III.4.1.4.5 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

ESTRATO ARBÓREO

En el componente arbóreo integrado del área sujeta a CUSTF se registró una riqueza de siete especies y una densidad total de 4,065 ind/ha. Esta densidad se encuentra conformada por 1,185 ind/ha de arbolado adulto con DN ≥ 7.5 cm y 2,880 ind/ha de renuevo arbóreo con DN de 0.5 a 7.4 cm. La especie con mayor densidad integrada fue *Pithecellobium insigne*, con 3,500 ind/ha, seguida de *Coccoloba barbadensis*, con 255 ind/ha, y *Guazuma ulmifolia*, con 125 ind/ha. Las densidades menores correspondieron a *Ficus aurea* y *Tabernaemontana alba*, con 5 ind/ha cada una.

Cuadro 3.64 Densidad del arbolado adulto, renuevo arbóreo y componente arbóreo integrado en el CUSTF.

Núm.	Nombre científico	Adultos DN ≥ 7.5 cm (ind/ha)	Renuevo DN 0.5–7.4 cm (ind/ha)	Densidad integrada (ind/ha)
1	*Pithecellobium insigne*	1,100	2,400	3,500
2	*Coccoloba barbadensis*	15	240	255
3	*Guazuma ulmifolia*	45	80	125
4	*Tabebuia rosea*	10	80	90
5	*Sideroxylon celastrinum*	5	80	85
6	*Ficus aurea*	5	0	5
7	*Tabernaemontana alba*	5	0	5
	Total	**1,185**	**2,880**	**4,065**

Nota: Las densidades de adultos y renuevos fueron calculadas independientemente con las superficies efectivas de 0.2000 y 0.0125 ha, respectivamente. La densidad integrada corresponde a la suma de ambas categorías una vez expresadas en individuos por hectárea.

Respecto a la densidad relativa (DER), las especies con mayor porcentaje fueron *Pithecellobium insigne* con 86.10% y *Coccoloba barbadensis* con 6.27%; mientras que las especies que presentaron menor porcentaje fueron *Ficus aurea* y *Tabernaemontana alba* con 0.12%.

En cuanto a la frecuencia relativa (FR), las especies con mayor porcentaje fueron *Pithecellobium insigne* y *Coccoloba barbadensis* con *31.25%, mientras que las especies con menor porcentaje fueron Tabebuia rosea, Sideroxylon celastrinum, Ficus aurea* y *Tabernaemontana alba* con 6.25%.

Respecto a la dominancia relativa (DOR), las especies con mayor porcentaje fueron *Pithecellobium insigne* con 90.63%, mientras que la especie con menor porcentaje de DOR fue *Tabernaemontana alba* con 0.20%.

Cuadro 3.65 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato arbóreo del CUSTF.

No.	Nombre científico	DER	FR	DOR	IVI	IVIE
1	*Pithecellobium insigne*	86.10	31.25	90.63	207.98	69.33
2	*Coccoloba barbadensis*	6.27	31.25	1.72	39.24	13.08
3	*Guazuma ulmifolia*	3.08	12.5	3.69	19.26	6.42
4	*Tabebuia rosea*	2.21	6.25	1.54	10.00	3.33
5	*Sideroxylon celastrinum*	2.09	6.25	0.37	8.71	2.90
6	*Ficus aurea*	0.12	6.25	1.87	8.24	2.75
7	*Tabernaemontana alba*	0.12	6.25	0.20	6.57	2.19
	Total	**100**	**100**	**100**	**300**	**100**

DER= Densidad relativa, FR= Frecuencia relativa, DOR= Dominancia relativa, IVI=Índice de valor de importancia, IVIE= Índice de valor de importancia ecológica.

Respecto al IVIE, las especies estructuralmente dominante fueron *Pithecellobium insigne* con 69.33%, influenciada principalmente por la DER y DO, seguida de *Coccoloba barbadensis* con 13.08%, influenciada principalmente por la FR; que en conjunto representan el 82.41% del IVIE. Por otro lado, las especies con menor porcentaje del IVIE fueron *Ficus aurea* con 2.75% y *Tabernaemontana alba* con 2.19%.

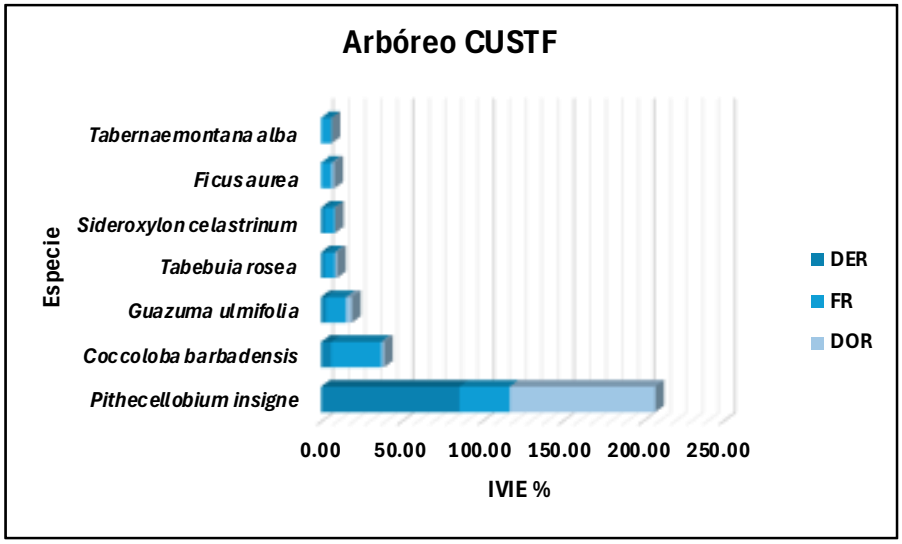


Imagen 3.43 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato arbóreo del CUSTF.

ESTRATO ARBUSTIVO

En el estrato arbustivo dentro del área de CUSTF, se registró una riqueza de tres especies con una densidad de 1,055 ind/ha. La especie con mayor densidad fue *Bonellia macrocarpa* con 970 ind/ha, mientras que la especie con menor densidad fue *Vasconcellea cauliflora* con 5 ind/ha.

Cuadro 3.66 Densidad por especie del estrato arbustivo del CUSTF.

No.	Nombre científico	Densidad (Ind/ha)
1	*Bonellia macrocarpa*	970
2	*Ricinus communis*	80
3	*Vasconcellea cauliflora*	5
	Total	**1055**

Respecto a la densidad relativa (DER), la especie con mayor porcentaje fue *Bonellia macrocarpa* con 91.94% y la especie con menor porcentaje fue *Vasconcellea cauliflora* con 0.47%.

En cuanto a la frecuencia relativa (FR), la especie con mayor porcentaje fue *Bonellia macrocarpa* con 66.67% y la especie con menor porcentaje fue *Ricinus communis* y *Vasconcellea cauliflora* con 16.67%.

Respecto a la dominancia relativa (DOR), la especie con mayor porcentaje fue *Bonellia macrocarpa* con 89.58%, mientras que la especie con menor porcentaje fue *Ricinus communis* con 0.30%.

Cuadro 3.67 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato arbustivo del CUSTF.

No.	Nombre científico	DER	FR	DOR	IVI	IVIE
1	*Bonellia macrocarpa*	91.94	66.67	89.58	248.19	82.73
2	*Vasconcellea cauliflora*	0.47	16.67	10.12	27.26	9.09
3	*Ricinus communis*	7.58	16.67	0.30	24.55	8.18
	Total	**100**	**100**	**100**	**300**	**100**

DER= Densidad relativa, FR= Frecuencia relativa, DOR= Dominancia relativa, IVI=Índice de valor de importancia, IVIE= Índice de valor de importancia ecológica.

Respecto al IVIE, la especie estructuralmente dominante fue *Bonellia macrocarpa* con 82.73%, influenciada por la DER, FR y DOR; mientras que la especie con menor porcentaje fue *Ricinus communis* con 8.18, influenciada principalmente por la FR.

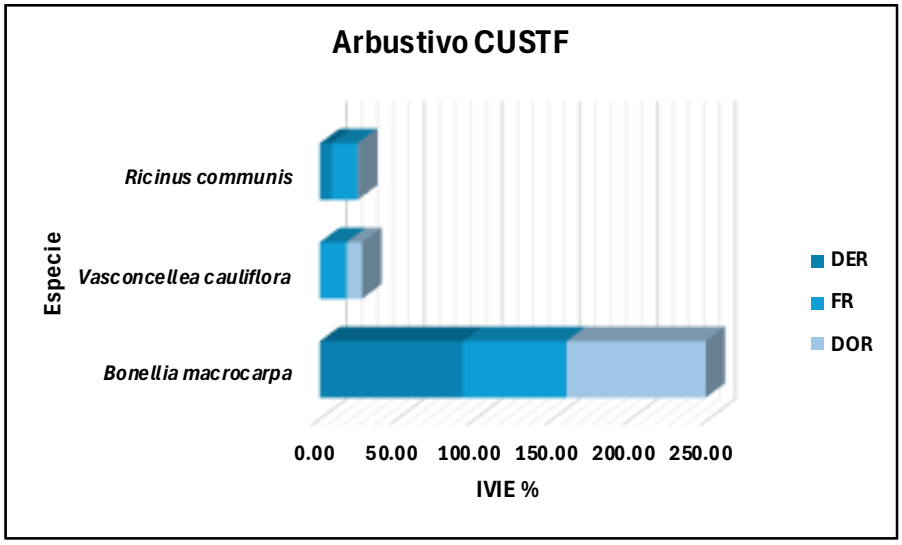


Imagen 3.44 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato arbustivo del CUSTF.

ESTRATO BEJUCO

En el estrato bejucos dentro del área de CUSTF, se registraron cuatro especies con una densidad de 2,120 ind/ha. La especie con mayor densidad fue *Dalbergia brownei* con 1,000 ind/ha, mientras que la especie con menor densidad fue *Smilax mollis* con 80 ind/ha.

Cuadro 3.68 Densidad por especie del estrato bejuco del CUSTF.

No.	Nombre científico	Densidad (ha)
1	*Dalbergia brownei*	1000
2	*Paullinia fuscescens*	560
3	*Amphilophium paniculatum*	480
4	*Smilax mollis*	80
	Total	**2120**

Respecto a la densidad relativa (DER), la especie con mayor porcentaje fue *Dalbergia brownei* con 47.17% y la especie con menor porcentaje fue *Smilax mollis* con 3.77%.

En cuanto a la frecuencia relativa (FR), la especie con mayor porcentaje fue *Paullinia fuscescens* con 41.67% y la especie con menor porcentaje fue *Smilax mollis* con 8.33%.

Respecto a la dominancia relativa (DOR), la especie con mayor porcentaje fue *Dalbergia brownei* con 94.40% y la especie con menor porcentaje fue *Smilax mollis* con 0.06%.

Cuadro 3.69 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato bejuco del CUSTF.

No.	Nombre científico	DER	FR	DOR	IVI	IVIE
1	*Dalbergia brownei*	47.17	33.33	94.40	174.90	58.30
2	*Paullinia fuscescens*	26.42	41.67	4.94	73.02	24.34
3	*Amphilophium paniculatum*	22.64	16.67	0.60	39.91	13.30
4	*Smilax mollis*	3.77	8.33	0.06	12.17	4.06
	Total	**100**	**100**	**100**	**300**	**100**

DER= Densidad relativa, FR= Frecuencia relativa, DOR= Dominancia relativa, IVI=Índice de valor de importancia, IVIE= Índice de valor de importancia ecológica.

Respecto al IVIE, la especie estructuralmente dominante fue *Dalbergia brownei*, influenciada principalmente por la DER y la DOR; mientras que la especie con menor porcentaje fue *Smilax mollis* con 4.06%, influenciada principalmente por la FR.

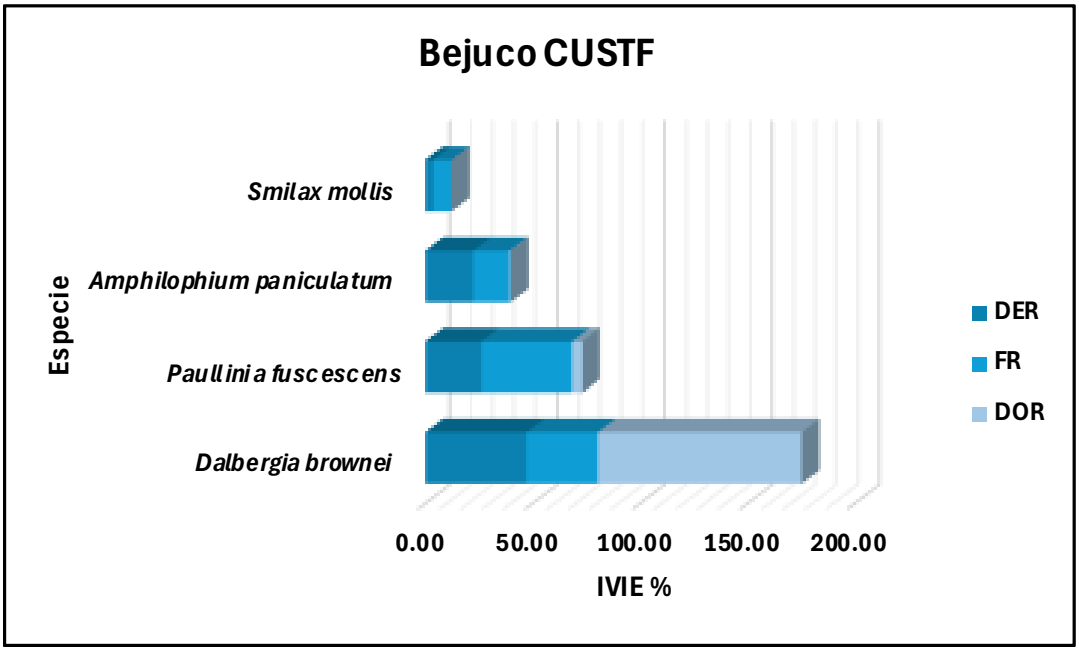


Imagen 3.45 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato bejuco del CUSTF.

ESTRATO CACTÁCEAS

En el estrato cactáceas dentro del área de CUSTF, se registró una riqueza de dos especies con una densidad de 25 ind/ha. La especie con mayor densidad fue *Acanthocereus tetragonus* con 15 ind/ha, mientras que la especie con menor densidad fue *Bromelia pinguin* con 10 ind/ha.

Cuadro 3.70 Densidad por especie del estrato cactáceas del CUSTF.

No.	Nombre científico	Densidad (ha)
1	*Acanthocereus tetragonus*	15
2	*Bromelia pinguin*	10
	Total	**25**

Respecto a la densidad relativa (DER), la especie con mayor porcentaje fue *Acanthocereus tetragonus* con 60%.

En cuanto a la frecuencia relativa (FR), tanto *Bromelia pinguin* como *Acanthocereus tetragonus* presentaron 50%.

Respecto a la dominancia relativa (DOR), la especie con mayor porcentaje fue *Bromelia pinguin* con 73.53%.

Cuadro 3.71 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato cactáceas del CUSTF.

No.	Nombre científico	DER	FR	DOR	IVI	IVIE
1	*Bromelia pinguin*	40.00	50	73.53	163.53	54.51
2	*Acanthocereus tetragonus*	60.00	50	26.47	136.47	45.49
	Total	**100**	**100**	**100**	**300**	**100**

DER= Densidad relativa, FR= Frecuencia relativa, DOR= Dominancia relativa, IVI=Índice de valor de importancia, IVIE= Índice de valor de importancia ecológica.

Respecto al IVIE, la especie estructuralmente dominante fue *Bromelia pinguin* con 54.51%.

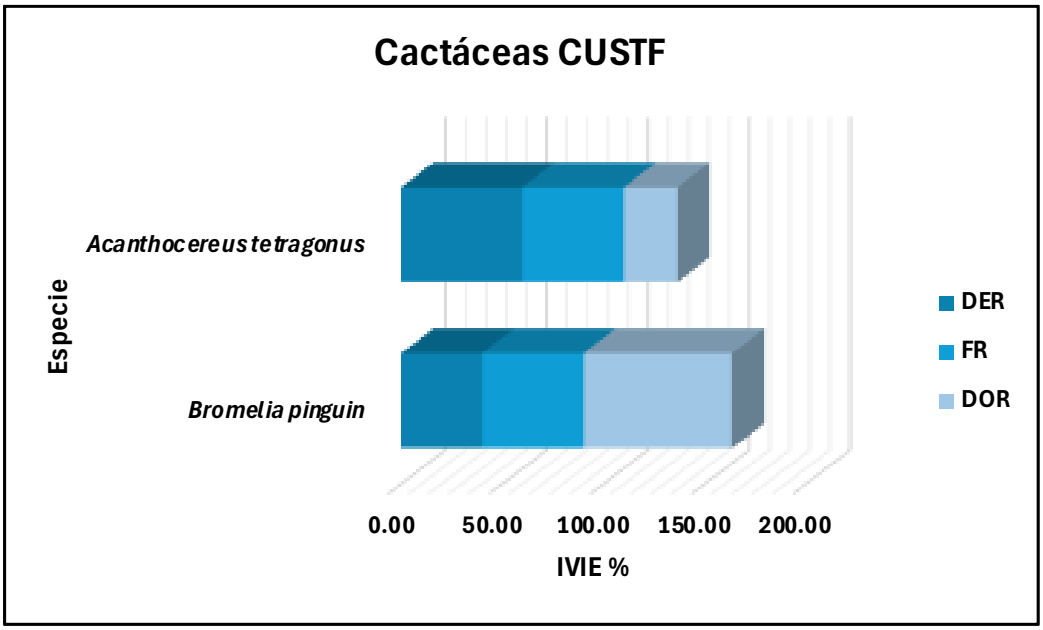


Imagen 3.46 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato cactáceas del CUSTF.

ESTRATO EPIFITAS

Únicamente se registró *Syngonium podophyllum* con una densidad de 95 ind/ha.

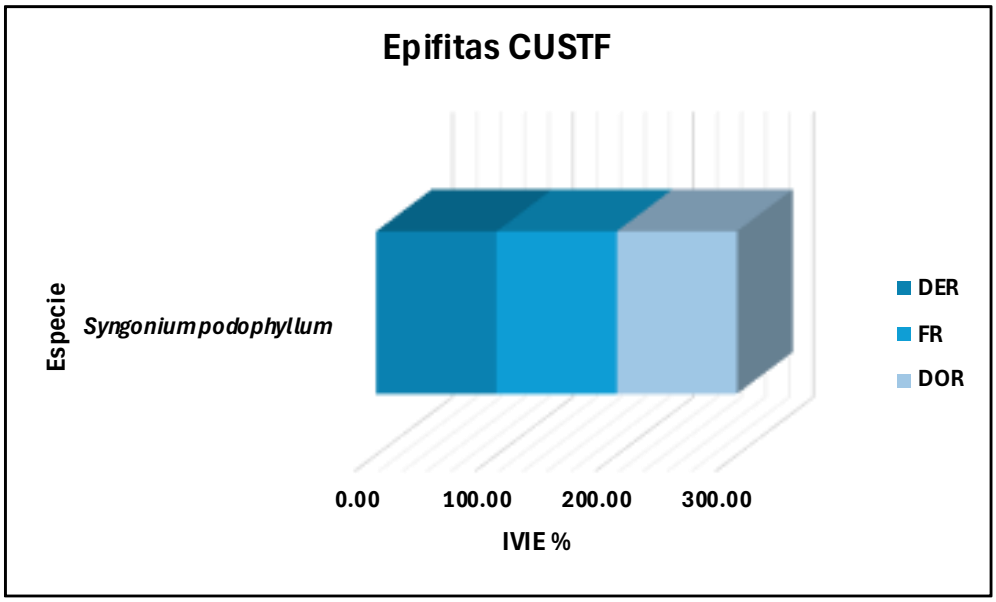


Imagen 3.47 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato epifitas.

ESTRATO HERBÁCEO

En el estrato herbáceo dentro del área de CUSTF, se registró una riqueza de dos especies con una densidad de 8,000 ind/ha. La especie con mayor densidad fue *Solanum tampicense* con 6,000 ind/ha.

Cuadro 3.72 Densidad por especie del estrato herbáceo del CUSTF.

No.	Nombre científico	Densidad (ha)
1	*Oplismenus hirtellus*	2000
2	*Solanum tampicense*	6000
	Total	**8000**

Respecto a la densidad relativa (DER), la especie con mayor porcentaje fue *Solanum tampicense* con 75%.

En cuanto a la frecuencia relativa (FR), la especie con mayor porcentaje fue *Solanum tampicense* con 80%.

Respecto a la dominancia relativa (DOR), la especie con mayor porcentaje fue *Oplismenus hirtellus* con 53.05%.

Cuadro 3.73 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa en el estrato herbáceo del CUSTF.

No.	Nombre científico	DER	FR	DOR	IVI	IVIE
1	*Solanum tampicense*	75.00	80	46.95	201.95	67.32
2	*Oplismenus hirtellus*	25.00	20	53.05	98.05	32.68
	Total	**100**	**100**	**100**	**300**	**100**

DER= Densidad relativa, FR= Frecuencia relativa, DOR= Dominancia relativa, IVI=Índice de valor de importancia, IVIE= Índice de valor de importancia ecológica.

Respecto al IVIE, la especie estructuralmente dominante fue *Solanum tampicense* con 67.32%, influenciada principalmente por la DER y FR.

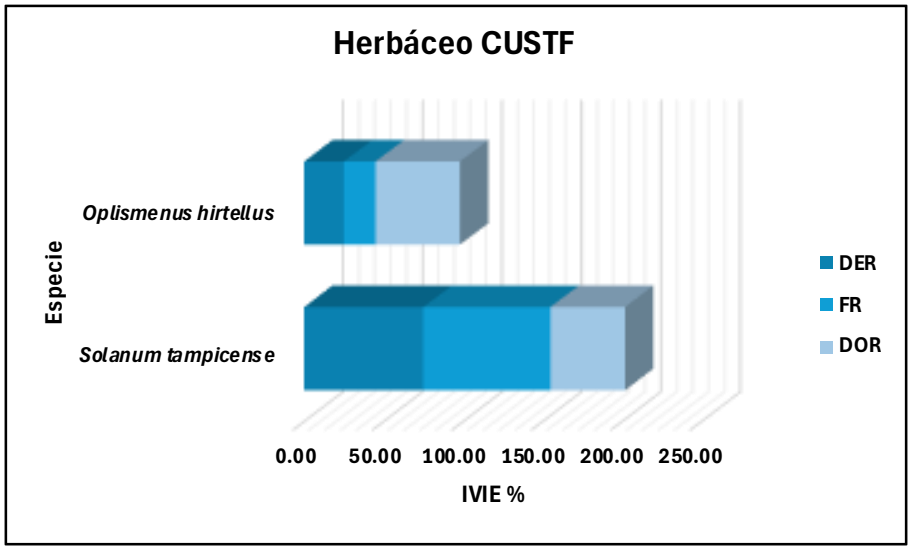


Imagen 3.48 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato herbáceo del CUSTF.

ESTRATO PALMA

Únicamente se registró *Attalea butyracea* con una densidad de 10 ind/ha.

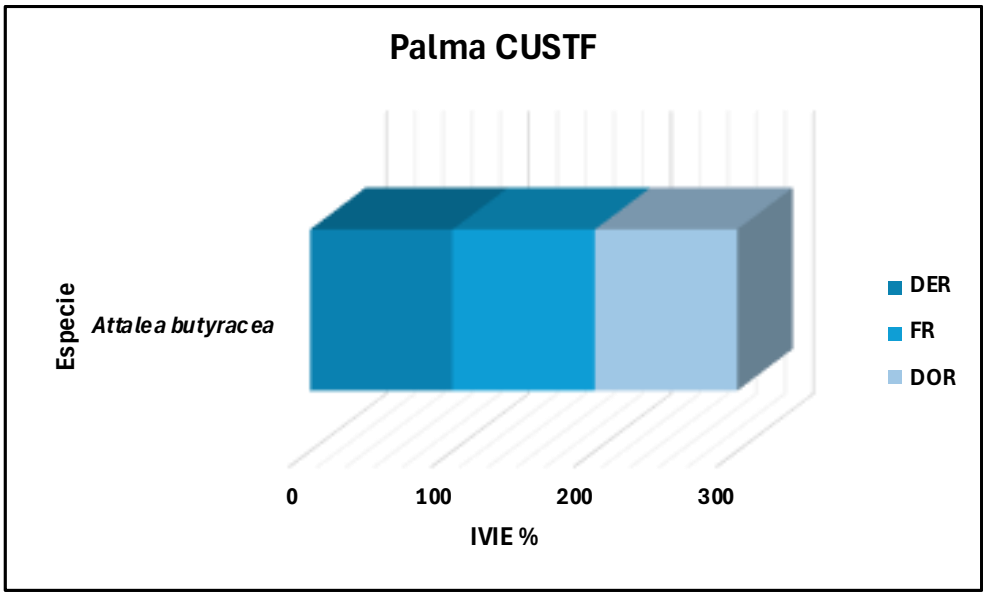


Imagen 3.49 Comparación de la Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Dominancia Relativa del estrato palma.

III.4.1.4.6 CONCLUSIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN EN EL ÁREA DEL PROYECTO

La superficie de **0.855907** ha propuesta para el cambio de uso del suelo en terrenos forestales presenta Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC), con un grado medio de conservación. Aunque el área mantiene elementos florísticos característicos de esta comunidad vegetal, su composición, diversidad y estructura deja ver la influencia de las presiones antrópicas existentes en el entorno. En el ámbito de la subcuenca hidrológica se identificaron 344.2548 ha con el mismo tipo de vegetación, por lo que la superficie solicitada representa aproximadamente el 0.25 % de dicha cobertura. En términos territoriales, la intervención corresponde a una proporción reducida y localizada respecto de su representación en la unidad hidrológica de referencia.

La caracterización florística se sustentó en **cinco sitios** principales de 400 m², equivalentes a una superficie muestreada de 2,000 m² y a una intensidad del 23.37 %. Para la variable número de especies por sitio se obtuvo, con un nivel de confianza del 95 %, un error de estimación de 0.77 especies, inferior al error máximo adoptado de 0.90 especies. Asimismo, el tamaño mínimo calculado fue de cuatro sitios y en campo se evaluaron cinco, por lo que el esfuerzo realizado se considera suficiente y confiable conforme al criterio estadístico aplicado.

Las curvas de acumulación y los estimadores no paramétricos respaldaron la representatividad del inventario. La **completitud** general fue de 85.47 % para el componente arbóreo, 78.08 % para el arbustivo, 96.90 % para los bejucos, 91.73 % para las cactáceas y bromeliáceas terrestres, 99.67 % para las epífitas, 95.16 % para las herbáceas y 91.73 % para las palmas. La cercanía entre la riqueza observada y la estimada indica que el muestreo registró una proporción amplia de las especies esperadas en los diferentes componentes de la vegetación.

En total se registraron **20 especies**, pertenecientes a 20 géneros y 18 familias botánicas. La riqueza estuvo integrada por siete especies arbóreas, tres arbustivas, cuatro bejucos, dos cactáceas y bromeliáceas terrestres, una epífita, dos herbáceas y una palma. Esta composición confirma que, pese al carácter secundario y a la presión antrópica del sitio, todavía se conservan elementos representativos de la selva baja caducifolia.

Ninguna de las especies registradas se encuentra incluida en alguna **categoría de riesgo** de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, considerando la modificación de su Anexo Normativo III publicada en 2019. En el Apéndice II de la **CITES** se identificaron *Acanthocereus tetragonus*, *Dalbergia brownei* y *Tabebuia rosea*, mientras que *Ficus*

aurea fue reconocida en la información consultada como especie prioritaria para la conservación. La inclusión en el Apéndice II se relaciona con la regulación de su comercio internacional y no constituye, por sí misma, una categoría nacional de riesgo. Modificación del Anexo Normativo III de la NOM-059, Apéndices de la CITES.

Los resultados de **diversidad** muestran una distribución heterogénea entre los componentes evaluados. Los componentes arbóreo y arbustivo presentaron valores bajos de diversidad y equitatividad, con índices de Shannon de 0.59 y 0.30 y valores de equitatividad de 0.30 y 0.27, respectivamente, lo que demuestra la concentración de la estructura en pocas especies. En contraste, los bejucos, las cactáceas y bromeliáceas terrestres y las herbáceas presentaron una distribución más equilibrada, con valores de equitatividad de 0.84, 0.97 y 0.81.

La **estructura** de la comunidad estuvo definida principalmente por *Pithecellobium insigne* en el componente arbóreo, *Bonellia macrocarpa* en el arbustivo, *Dalbergia brownei* entre los bejucos, *Bromelia pinguin* en las cactáceas y bromeliáceas terrestres, y *Solanum tampicense* en el herbáceo. En los componentes de menor riqueza se registró únicamente a *Syngonium podophyllum* como epífita, con una densidad de 95 ind/ha, y a *Attalea butyracea* como palma, con 10 ind/ha. La concentración de la densidad y la importancia estructural en un número reducido de especies es consistente con una comunidad secundaria sometida a perturbaciones previas.

Los resultados permiten concluir que la superficie solicitada mantiene componentes florísticos propios de la VSa/SBC, pero presenta una estructura **secundaria**, diversidad **limitada** en sus principales componentes y señales evidentes de influencia antrópica. La magnitud reducida de la afectación respecto de la cobertura existente en la subcuenca, la ausencia de especies incluidas en categorías nacionales de riesgo y la aplicación de las medidas de rescate, reubicación, manejo del material vegetal, restauración y seguimiento previstas en el Estudio Técnico Justificativo permiten considerar que los efectos sobre la flora pueden ser **prevenidos, mitigados y compensados**.

Por lo anterior, siempre que las medidas propuestas sean ejecutadas de manera oportuna y verificable, el cambio de uso del suelo solicitado no representa una afectación que comprometa la permanencia o representatividad regional de este tipo de vegetación ni la conservación de la diversidad florística en el ámbito de la subcuenca hidrológica.

III.4.1.5 ANALISIS COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DEL ÁREA SUJETA A CUSTF CON RELACIÓN A LOS TIPOS DE VEGETACIÓN DEL ECOSISTEMA DE LA REGIÓN ECOLÓGICA

El presente apartado tiene como objetivo comparar la composición florística de la superficie solicitada para cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF) con la registrada en el mismo tipo de vegetación dentro de la Región Ecológica (Subcuenca Hidrológica-SCH), a fin de identificar diferencias y semejanzas en su riqueza, diversidad, estructura, importancia ecológica y estatus de conservación, y con base en ello determinar el grado de afectación que podría ocasionar el proyecto sobre el componente flora.

Para garantizar que la comparación se realizara entre unidades ambientalmente equivalentes, el análisis regional se delimitó a la Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC), la cual ocupa 344.2548 ha dentro de la RE. De esta manera, los resultados del área de CUSTF no se contrastaron con la totalidad de los usos del suelo presentes en la unidad hidrográfica, sino específicamente con la superficie que conserva el mismo tipo de vegetación y características ecológicas comparables.

En la superficie de 0.8559 ha propuesta para CUSTF se establecieron cinco sitios de muestreo de 400 m², equivalentes a una superficie evaluada de 2,000 m². En la VSa/SBC de la RE se utilizaron seis sitios de la misma dimensión, con una superficie muestreada de 2,400 m². En ambos casos se mantuvieron los mismos criterios generales de registro, clasificación por forma de vida y procesamiento de la información florística.

Cuadro 3.74 Bases generales utilizadas para el análisis comparativo de la flora.

Concepto	Área de CUSTF	VSa/SBC de la RE
Superficie de referencia	0.8559 ha	344.2548 ha
Número de sitios	5	6
Dimensión de los sitios	400 m²	400 m²
Superficie muestreada	2,000 m²	2,400 m²
Tipo de vegetación	VSa/SBC	VSa/SBC
Riqueza registrada	20 especies	51 especies

Aunque la superficie muestreada fue ligeramente mayor en la RE, la utilización de sitios con dimensiones y criterios de evaluación equivalentes permite realizar una comparación técnicamente consistente. Para evitar que la interpretación dependiera

únicamente de la riqueza observada, los resultados se analizaron conjuntamente mediante la composición por formas de vida, los índices de diversidad, la densidad estandarizada en individuos por hectárea, el índice de valor de importancia ecológica (IVIE), las especies compartidas y los índices de similitud florística.

Este panorama permite reconocer tanto la afectación directa que se producirá dentro del área solicitada como su importancia relativa en el contexto de la VSa/SBC existente en la RE, diferenciando entre la pérdida local de cobertura vegetal y la posible repercusión sobre la representación regional de las especies y formas de vida registradas.

III.4.1.5.1 ANÁLISIS DE LA RIQUEZA FLORÍSTICA

La riqueza florística constituye un primer elemento para evaluar la representatividad de las especies registradas en el área de CUSTF respecto de la Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia presente en la RE. Para su análisis se consideró el número de familias, géneros y especies, así como su distribución entre las distintas formas de vida reconocidas en las bases de datos.

En el área propuesta para CUSTF se registraron 20 especies, pertenecientes a 20 géneros y 18 familias; mientras que en la VSa/SBC de la RE se identificaron 51 especies, distribuidas en 51 géneros y 36 familias. Los resultados muestran que la RE posee mayor riqueza florística, situación congruente con su mayor extensión y con la diversidad de condiciones ambientales representadas en el ámbito regional.

Cuadro 3.75 Comparación de la riqueza taxonómica registrada en el área de CUSTF y en la VSa/SBC de la RE.

Categoría taxonómica	CUSTF	RE
Familias	18	36
Géneros	20	51
Especies	20	51

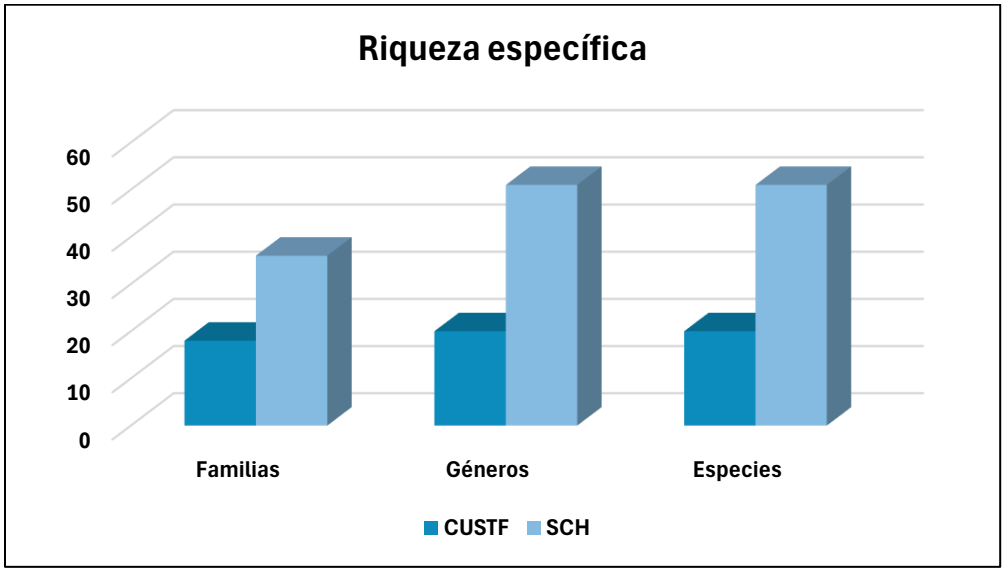


Imagen 3.50 Comparación de la riqueza taxonómica registrada en el área de CUSTF y en la VSa/SBC de la RE.

La riqueza registrada en el CUSTF representa el 39.22 % de las 51 especies identificadas en la RE. Sin embargo, este porcentaje debe interpretarse conjuntamente con la composición de ambas listas florísticas, debido a que las 20 especies encontradas dentro del área solicitada también fueron registradas en la VSa/SBC de la RE. En ese sentido, no se detectaron especies exclusivas del CUSTF, mientras que la RE presentó 31 especies adicionales.

Este patrón indica que la flora del área solicitada constituye un subconjunto de la composición florística regional. Por tanto, aunque la ejecución del CUSTF ocasionará la remoción directa de los individuos vegetales presentes en las 0.8559 ha, las especies registradas mantienen representación dentro del mismo tipo de vegetación en la RE.

III.4.1.5.2 RIQUEZA POR FORMA DE VIDA

La comparación por forma de vida muestra que la mayor diferencia se concentra en el componente arbóreo, con siete especies en el CUSTF y 24 en la RE. El componente arbustivo presentó tres especies en el CUSTF y nueve en la RE; el herbáceo, dos y siete especies, respectivamente; las epífitas, una y tres; y las palmas, una y dos especies.

En contraste, los bejucos presentaron cuatro especies en ambas áreas y las cactáceas dos especies tanto en el CUSTF como en la RE. Debido a que todas las especies del CUSTF se encuentran representadas regionalmente, la igualdad observada en estas dos formas de vida también corresponde a una coincidencia en su composición específica.

Cuadro 3.76 Riqueza florística por forma de vida en el área de CUSTF y en la VSa/SBC de la RE.

Forma de vida	CUSTF	RE
Arbóreo	7	24
Arbustivo	3	9
Bejuco	4	4
Cactáceas	2	2
Epífitas	1	3
Herbáceo	2	7
Palma	1	2

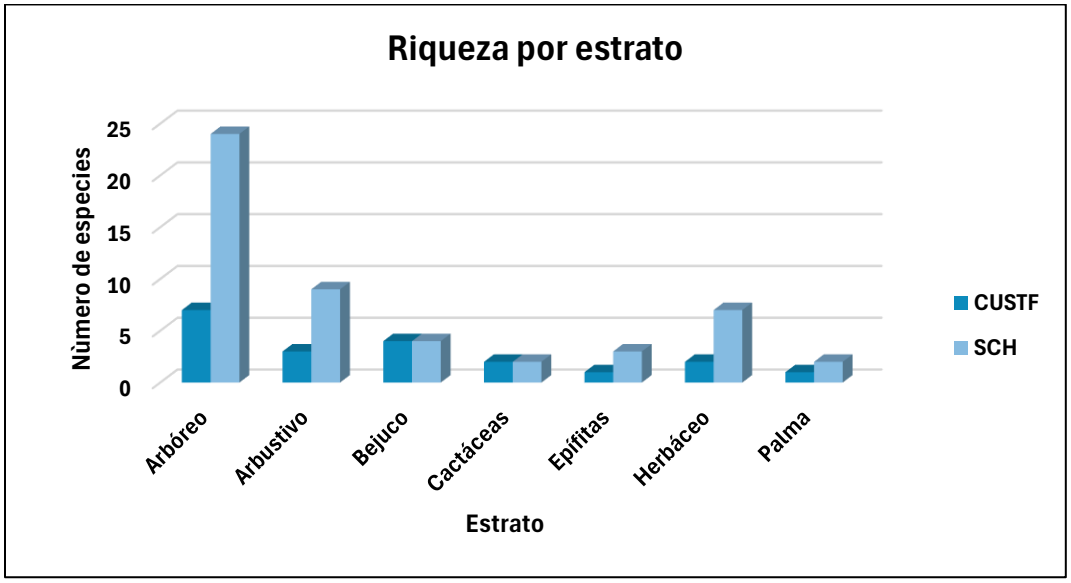


Imagen 3.51 Comparación de la riqueza florística por forma de vida entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

La mayor riqueza observada en la RE evidencia que la vegetación regional contiene una composición más amplia que la registrada en el área solicitada. No obstante, la presencia regional de la totalidad de las especies encontradas en el CUSTF permite descartar, con base en los muestreos realizados, la pérdida de especies florísticas exclusivas del polígono.

En términos de riqueza, la afectación será **directa y localizada** en la superficie solicitada, pero su importancia regional se considera limitada, debido a que el cambio de uso del suelo no eliminará de la RE ninguna de las especies o formas de vida registradas en el CUSTF.

III.4.1.5.3 DISTRIBUCIÓN

Para complementar la comparación florística, se analizó la distribución de las especies registradas en el área de CUSTF y en la VSa/SBC de la RE, de acuerdo con las categorías establecidas en las bases de datos. Este análisis permite identificar la proporción de especies **nativas y exóticas invasoras** presentes en ambos ámbitos, así como reconocer si el área solicitada contiene elementos florísticos con una distribución diferente a la observada regionalmente.

Para efectos del presente análisis, se consideraron **nativas** aquellas especies que forman parte de la distribución natural de la región; **exóticas,** las introducidas fuera de su área de distribución original; y **exóticas invasoras**, aquellas que, además de ser introducidas, poseen capacidad de establecimiento, reproducción y dispersión, pudiendo ocasionar alteraciones en los ecosistemas receptores (CONABIO, 2023).

En el área de CUSTF se registraron **19 especies nativas**, equivalentes al 95 % de la riqueza total, y una especie clasificada como exótica invasora, correspondiente al 5 %. Esta última categoría estuvo representada por *Ricinus communis*.

En la VSa/SBC de la RE se registraron **48 especies nativas**, que representan el 94.12 % de la riqueza regional, y tres especies exóticas invasoras, equivalentes al 5.88 %. Las especies incluidas en esta última categoría fueron *Azadirachta indica*, *Eulophia maculata* y *Ricinus communis*.

Cuadro 3.77 Comparación del tipo de distribución de las especies registradas en el área de CUSTF y en la VSa/SBC de la RE.

Estrato	Especie	CUSTF	RE	Distribución
Cactácea	*Acanthocereus tetragonus*	X	X	Nativa
Arbóreo	*Achatocarpus nigricans*	---	X	Nativa
Palma	*Acrocomia aculeata*	---	X	Nativa
Bejuco	*Amphilophium paniculatum*	X	X	Nativa
Arbustivo	*Amphitecna apiculata*	---	X	Nativa
Palma	*Attalea butyracea*	X	X	Nativa
Arbóreo	*Azadirachta indica*	---	X	Exótica - Invasora
Arbustivo	*Bonellia macrocarpa*	X	X	Nativa
Cactácea	*Bromelia pinguin*	X	X	Nativa
Arbóreo	*Bursera simaruba*	---	X	Nativa
Arbóreo	*Cedrela odorata*	---	X	Nativa
Arbóreo	*Ceiba pentandra*	---	X	Nativa
Herbáceo	*Cleome spinosa*	---	X	Nativa
Arbóreo	*Coccoloba barbadensis*	X	X	Nativa
Bejuco	*Dalbergia brownei*	X	X	Nativa

Estrato	Especie	CUSTF	RE	Distribución
Arbóreo	*Daphnopsis americana*	---	X	Nativa
Herbáceo	*Echinochloa polystachya*	---	X	Nativa
Epífita	*Eulophia maculata*	---	X	Exótica - Invasora
Arbóreo	*Ficus aurea*	X	X	Nativa
Arbóreo	*Garcinia intermedia*	---	X	Nativa
Arbóreo	*Guazuma ulmifolia*	X	X	Nativa
Herbáceo	*Hymenocallis littoralis*	---	X	Nativa
Arbóreo	*Leucaena leucocephala*	---	X	Nativa
Epífita	*Lygodium venustum*	---	X	Nativa
Arbóreo	*Maclura tinctoria*	---	X	Nativa
Arbustivo	*Malvaviscus arboreus*	---	X	Nativa
Arbustivo	*Mimosa pigra*	---	X	Nativa
Arbustivo	*Neea psychotrioides*	---	X	Nativa
Herbáceo	*Oplismenus hirtellus*	X	X	Nativa
Arbóreo	*Parmentiera aculeata*	---	X	Nativa
Bejuco	*Paullinia fuscescens*	X	X	Nativa
Arbustivo	*Petiveria alliacea*	---	X	Nativa
Herbáceo	*Phyllanthus niruri*	---	X	Nativa
Arbóreo	*Pithecellobium insigne*	X	X	Nativa
Arbóreo	*Psidium guajava*	---	X	Nativa
Arbóreo	*Randia aculeata*	---	X	Nativa
Arbustivo	*Ricinus communis*	X	X	Exótica - Invasora
Herbáceo	*Rivina humilis*	---	X	Nativa
Arbóreo	*Sapium lateriflorum*	---	X	Nativa
Arbóreo	*Sideroxylon celastrinum*	X	X	Nativa
Bejuco	*Smilax mollis*	X	X	Nativa
Herbáceo	*Solanum tampicense*	X	X	Nativa
Arbóreo	*Spondias mombin*	---	X	Nativa
Epífita	*Syngonium podophyllum*	X	X	Nativa
Arbóreo	*Tabebuia rosea*	X	X	Nativa
Arbóreo	*Tabernaemontana alba*	X	X	Nativa
Arbóreo	*Terminalia catappa*	---	X	Nativa
Arbustivo	*Vachellia cornigera*	---	X	Nativa
Arbustivo	*Vasconcellea cauliflora*	X	X	Nativa
Arbóreo	*Xylosma flexuosa*	---	X	Nativa
Arbóreo	*Zanthoxylum caribaeum*	---	X	Nativa
Total		**20**	**51**	

Los resultados muestran una proporción semejante de especies nativas en ambos ámbitos de análisis. Asimismo, las 19 especies nativas registradas en el CUSTF **también** se encuentran representadas en la VSa/SBC de la RE. La única especie exótica invasora identificada dentro del área solicitada también fue registrada regionalmente, por lo que no constituye un elemento exclusivo del polígono.

De acuerdo con las categorías contenidas en las bases analizadas, no se registraron especies clasificadas como endémicas o con distribución restringida exclusivamente al área de CUSTF. Por lo tanto, la remoción de la vegetación producirá una afectación directa sobre los individuos presentes en las 0.8559 ha solicitadas, pero no implicará la **eliminación regional** de alguna de las especies nativas o exóticas invasoras registradas.

Desde el punto de vista de la distribución florística, la afectación se considera localizada, debido a que la composición del CUSTF se encuentra comprendida dentro del conjunto de especies registrado en la VSa/SBC de la RE. Este resultado deberá interpretarse conjuntamente con el estatus de conservación, los índices de similitud y la importancia ecológica de las especies.

III.4.1.5.4 ESTATUS DE CONSERVACIÓN CONFORME A LA UICN

La Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza **(UICN)** constituye un referente internacional para conocer el riesgo global de extinción de las especies. Para efectos del presente análisis sólo resulta necesario explicar las categorías identificadas en las bases de datos: Preocupación Menor (**LC**), correspondiente a especies que no satisfacen los criterios de las categorías de mayor riesgo; y Vulnerable (**VU**), aplicable a especies que enfrentan un riesgo alto de extinción en estado silvestre (UICN, 2012, 2026).

En el área de CUSTF se registraron **11** especies clasificadas como Preocupación Menor (LC), equivalentes al 55 % de la riqueza total, mientras que nueve especies, correspondientes al 45 %, no presentaron categoría registrada en la base consultada. No se identificaron dentro del CUSTF especies clasificadas como Vulnerables, En Peligro o En Peligro Crítico.

En la VSa/SBC de la RE se registraron **32** especies en la categoría de Preocupación Menor, equivalentes al 62.75 %; **18** especies sin categoría registrada, que representan el 35.29 %; y una especie clasificada como Vulnerable, equivalente al 1.96 % de la riqueza regional.

La única especie registrada en la categoría Vulnerable fue *Cedrela odorata*, cuya presencia se identificó en la RE, pero no dentro de la superficie solicitada para CUSTF.

Cuadro 3.78 Comparación del estatus de conservación conforme a la UICN de las especies registradas en el área de CUSTF y en la VSa/SBC de la RE.

Estrato	Especie	CUSTF	RE	UICN
Cactácea	*Acanthocereus tetragonus*	X	X	LC
Arbóreo	*Achatocarpus nigricans*	---	X	LC
Palma	*Acrocomia aculeata*	---	X	LC
Bejuco	*Amphilophium paniculatum*	X	X	---
Arbustivo	*Amphitecna apiculata*	---	X	LC
Palma	*Attalea butyracea*	X	X	LC
Arbóreo	*Azadirachta indica*	---	X	---
Arbustivo	*Bonellia macrocarpa*	X	X	LC
Cactácea	*Bromelia pinguin*	X	X	---
Arbóreo	*Bursera simaruba*	---	X	LC
Arbóreo	*Cedrela odorata*	---	X	VU
Arbóreo	*Ceiba pentandra*	---	X	LC
Herbáceo	*Cleome spinosa*	---	X	---
Arbóreo	*Coccoloba barbadensis*	X	X	LC
Bejuco	*Dalbergia brownei*	X	X	LC
Arbóreo	*Daphnopsis americana*	---	X	LC
Herbáceo	*Echinochloa polystachya*	---	X	LC
Epífita	*Eulophia maculata*	---	X	---
Arbóreo	*Ficus aurea*	X	X	LC
Arbóreo	*Garcinia intermedia*	---	X	LC
Arbóreo	*Guazuma ulmifolia*	X	X	LC
Herbáceo	*Hymenocallis littoralis*	---	X	---
Arbóreo	*Leucaena leucocephala*	---	X	---
Epífita	*Lygodium venustum*	---	X	---
Arbóreo	*Maclura tinctoria*	---	X	LC
Arbustivo	*Malvaviscus arboreus*	---	X	LC
Arbustivo	*Mimosa pigra*	---	X	LC
Arbustivo	*Neea psychotrioides*	---	X	LC
Herbáceo	*Oplismenus hirtellus*	X	X	---
Arbóreo	*Parmentiera aculeata*	---	X	LC
Bejuco	*Paullinia fuscescens*	X	X	---
Arbustivo	*Petiveria alliacea*	---	X	---

Estrato	Especie	CUSTF	RE	UICN
Herbáceo	*Phyllanthus niruri*	---	X	---
Arbóreo	*Pithecellobium insigne*	X	X	---
Arbóreo	*Psidium guajava*	---	X	LC
Arbóreo	*Randia aculeata*	---	X	LC
Arbustivo	*Ricinus communis*	X	X	---
Herbáceo	*Rivina humilis*	---	X	---
Arbóreo	*Sapium lateriflorum*	---	X	LC
Arbóreo	*Sideroxylon celastrinum*	X	X	LC
Bejuco	*Smilax mollis*	X	X	---
Herbáceo	*Solanum tampicense*	X	X	LC
Arbóreo	*Spondias mombin*	---	X	LC
Epífita	*Syngonium podophyllum*	X	X	---
Arbóreo	*Tabebuia rosea*	X	X	LC
Arbóreo	*Tabernaemontana alba*	X	X	LC
Arbóreo	*Terminalia catappa*	---	X	LC
Arbustivo	*Vachellia cornigera*	---	X	LC
Arbustivo	*Vasconcellea cauliflora*	X	X	---
Arbóreo	*Xylosma flexuosa*	---	X	LC
Arbóreo	*Zanthoxylum caribaeum*	---	X	LC
Total		**20**	**51**	

Los resultados muestran que **ninguna** de las especies registradas dentro del CUSTF se encuentra clasificada por la UICN en alguna de las categorías globales de amenaza identificadas en la base. Asimismo, las 11 especies clasificadas como Preocupación Menor y las nueve sin categoría registrada también se encuentran representadas en la RE.

La ausencia de una categoría en la base de datos no debe interpretarse automáticamente como ausencia de riesgo, sino únicamente como falta de una categoría consignada para el taxón correspondiente. Por ello, la evaluación se complementa con la revisión de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y de otros instrumentos aplicables.

Desde la perspectiva del estatus global de conservación, el CUSTF no incide directamente sobre la única especie Vulnerable registrada regionalmente, debido a que *Cedrela odorata* no fue identificada dentro del polígono solicitado. En consecuencia, los resultados no evidencian una afectación directa sobre especies incluidas en categorías de amenaza de la UICN, sin menoscabo de las medidas preventivas y de rescate que deberán aplicarse a la vegetación presente.

III.4.1.5.5 ESPECIES INCLUIDAS EN LOS APÉNDICES DE LA CITES

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) tiene como finalidad regular el comercio internacional de ejemplares, partes y derivados de las especies incluidas en sus apéndices. En las bases analizadas únicamente se registraron especies correspondientes al Apéndice II, el cual comprende taxones cuyo comercio debe controlarse para evitar un aprovechamiento incompatible con su conservación (CITES, 2026).

En el área de CUSTF se registraron tres especies incluidas en el Apéndice II: *Acanthocereus tetragonus*, *Dalbergia brownei* y *Tabebuia rosea*. Estas especies representan tres de las 20 especies identificadas dentro del polígono solicitado.

En la VSa/SBC de la RE se registraron cuatro especies incluidas en el mismo apéndice: *Acanthocereus tetragonus*, *Cedrela odorata*, *Dalbergia brownei* y *Tabebuia rosea*. Las tres especies presentes en el CUSTF también fueron registradas en la RE, mientras que *Cedrela odorata* únicamente se identificó en el ámbito regional.

Cuadro 3.79 Comparación de las especies incluidas en los apéndices de la CITES registradas en el área de CUSTF y en la VSa/SBC de la RE.

Estrato	Especie	CUSTF	RE
Cactácea	*Acanthocereus tetragonus*	X	X
Arbóreo	*Cedrela odorata*	---	X
Bejuco	*Dalbergia brownei*	X	X
Arbóreo	*Tabebuia rosea*	X	X
Total		**3**	**4**

La inclusión de una especie en el **Apéndice II** de la **CITES no implica** necesariamente que se encuentre en peligro de extinción ni constituye por sí sola una categoría nacional de riesgo; su alcance se relaciona principalmente con la regulación del comercio internacional. No obstante, su presencia representa un elemento de atención que debe considerarse en la planeación y ejecución de las actividades de desmonte.

Las **tres especies** incluidas en CITES registradas dentro del CUSTF se consideran en las acciones del programa de rescate y reubicación de flora silvestre, de acuerdo con sus características biológicas, condiciones de los ejemplares y viabilidad técnica. Estas medidas permitirán reducir la pérdida directa de individuos y favorecer su conservación fuera de las áreas de intervención.

Desde una perspectiva comparativa, la ejecución del CUSTF no ocasionará la desaparición regional de las especies incluidas en el Apéndice II, debido a que **todas mantienen representación** en la VSa/SBC de **la RE.** Sin embargo, se reconoce la afectación directa sobre los ejemplares localizados dentro del polígono, por lo que deberán aplicarse las medidas de rescate, manejo y seguimiento establecidas en los capítulos correspondientes del ETJ.

III.4.1.5.6 ESPECIES INCLUIDAS EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010

La NOM-059-SEMARNAT-2010 constituye el instrumento normativo nacional para identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en México. Para el presente análisis se consideró la lista contenida en su Anexo Normativo III, su modificación publicada en 2019 y la fe de erratas correspondiente (SEMARNAT, 2010, 2019, 2020).

De acuerdo con la revisión realizada, **ninguna** de las **20 especies** registradas dentro del área de CUSTF se encuentra incluida en las categorías de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Por su parte, en la VSa/SBC de la RE se identificó una especie enlistada: *Cedrela odorata*, clasificada como Sujeta a Protección Especial (Pr).

La categoría Sujeta a Protección Especial comprende aquellas especies o poblaciones que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se considera necesario propiciar su recuperación y conservación.

La presencia de *Cedrela odorata* se restringió, dentro de los resultados del muestreo, al ámbito regional de la RE; esta especie no fue registrada en los sitios establecidos dentro de las 0.8559 ha solicitadas para CUSTF. Por lo tanto, el proyecto no contempla la remoción directa de individuos pertenecientes a especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

En términos comparativos, la única especie con categoría de riesgo nacional se encuentra representada en la RE y está ausente del polígono solicitado. Por tanto, los resultados no evidencian una afectación directa del CUSTF sobre especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

III.4.1.5.7 ESPECIES PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN SEÑALADAS POR CONABIO

Las especies prioritarias para la conservación son aquellas cuya atención puede contribuir al mantenimiento de procesos ecológicos, hábitats y comunidades

biológicas, permitiendo orientar y optimizar los esfuerzos de conservación. Esta clasificación no equivale necesariamente a una categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, sino que reconoce la relevancia estratégica que determinadas especies pueden tener para la conservación de la biodiversidad.

De acuerdo con la clasificación consignada en las bases de datos bajo la referencia Sánchez et al. (2012), en el área de CUSTF se registró una especie prioritaria para la conservación, correspondiente a *Ficus aurea*. En la VSa/SBC de la RE se identificaron dos especies bajo esta condición: *Ficus aurea* y *Ceiba pentandra*.

Cuadro 3.80 Comparación de las especies prioritarias para la conservación señaladas por CONABIO registradas en el área de CUSTF y en la VSa/SBC de la RE

Forma de vida	Especie	CUSTF	RE
Arbóreo	*Ceiba pentandra*	—	X
Arbóreo	*Ficus aurea*	X	X
Total		**1**	**2**

La presencia de *Ficus aurea* en ambos ámbitos indica que la especie registrada dentro del CUSTF también mantiene representación en la vegetación regional. Por su parte, *Ceiba pentandra* únicamente fue registrada en la RE, por lo que no será afectada directamente por las actividades de remoción de vegetación dentro del polígono solicitado.

En términos comparativos, no se identificaron especies prioritarias exclusivas del área de CUSTF. La remoción de los individuos de *Ficus aurea* presentes dentro del polígono constituye una afectación directa y localizada, pero no implica la pérdida de su representación en la VSa/SBC de la RE.

La condición asignada a *Ficus aurea* deberá considerarse durante la ejecución del programa de rescate y reubicación de flora, atendiendo las características de los ejemplares, su estado fitosanitario y la viabilidad técnica de su manejo. Con ello se busca reducir la pérdida de individuos y conservar, en la medida técnicamente posible, los elementos florísticos de importancia identificados en el área de intervención.

III.4.1.5.8 SIMILITUD FLORÍSTICA ENTRE EL ÁREA DE CUSTF Y LA RE

Para determinar el grado de semejanza en la composición florística entre el área sujeta a CUSTF y la Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC) de la Región Ecológica (RE), se aplicaron los coeficientes de comunidad de **Sørensen y Jaccard** (Jaccard, 1901; Sørensen, 1948). Ambos índices se basan en la

presencia o ausencia de las especies y adquieren valores entre **0 y 1**, donde los valores cercanos a 0 indican una baja proporción de especies compartidas y los valores próximos a 1 representan una composición florística semejante.

Para su cálculo se utilizaron los siguientes datos:

- **a:** número de especies registradas en el área de CUSTF = **20.**
- **b:** número de especies registradas en la VSa/SBC de la RE = **51.**
- **c:** número de especies compartidas entre ambas unidades de análisis = **20.**

COEFICIENTE DE COMUNIDAD DE SØRENSEN

El coeficiente de comunidad de Sørensen otorga mayor peso a las especies compartidas y se calculó mediante la siguiente expresión:

$$CC = 2c / (a + b)$$

Sustituyendo los valores obtenidos:

$$CC = 2(20) / (20 + 51) = 40 / 71 = 0.5634$$

El coeficiente de Sørensen fue de **0.5634**, equivalente a una similitud florística de **56.34 %**.

ÍNDICE DE JACCARD

El índice de Jaccard relaciona el número de especies compartidas con la riqueza conjunta de las dos unidades comparadas, sin contabilizar dos veces las especies comunes. Se calculó mediante la expresión:

$$IJ = c / (a + b - c)$$

Sustituyendo los valores:

$$IJ = 20 / (20 + 51 - 20) = 20 / 51 = 0.3922$$

El índice de Jaccard fue de **0.3922**, equivalente a una similitud florística de **39.22 %**.

Cuadro 3.81 Índices de similitud florística entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE

Indicador	Fórmula	Resultado	Porcentaje
Coeficiente de Sørensen	2c / (a + b)	0.5634	56.34 %
Índice de Jaccard	c / (a + b − c)	0.3922	39.22 %

En términos sencillos, el valor de **Sørensen** de **56.34 %** significa que existe una correspondencia florística importante entre el CUSTF y la RE cuando se concede mayor peso a las especies compartidas. Por su parte, el valor de **Jaccard** de **39.22 %** es menor porque aplica un criterio más estricto y relaciona las especies comunes con el total de especies distintas que conforman ambas listas. Por ello, los resultados **no son** contradictorios ni deben promediarse, ya que representan dos formas diferentes de medir la misma relación. De manera integral, indican una similitud parcial, la vegetación del CUSTF mantiene una correspondencia clara con la comunidad regional, pero **no es idéntica** a ella debido a que la RE posee una riqueza florística más amplia. Asimismo, el menor valor de Jaccard no significa que una parte de las especies del CUSTF esté ausente regionalmente, sino que muestra el efecto de las especies adicionales registradas en la RE.

La interpretación de estos resultados debe realizarse considerando la relación de inclusión existente entre ambas unidades de análisis. Las **20 especies registradas dentro del área de CUSTF también fueron identificadas en la VSa/SBC de la RE**, por lo que la representatividad regional de la flora del sitio es del **100 %**. En contraste, la RE presenta **31 especies adicionales** que no fueron registradas dentro de la superficie solicitada para el cambio de uso del suelo.

Por esta razón, los valores de 56.34 % para Sørensen y 39.22 % para Jaccard no responden a la presencia de especies exclusivas dentro del área de CUSTF, sino a la diferencia de riqueza derivada de la mayor amplitud territorial y ambiental de la RE. Asimismo, debido a que las especies del CUSTF constituyen un subconjunto de la flora registrada regionalmente, las 20 especies presentes en el sitio representan el **39.22 % de la riqueza florística documentada para la VSa/SBC de la RE**.

Los resultados muestran que el cambio de uso del suelo ocasionará una afectación directa y localizada sobre los individuos vegetales y la estructura de la vegetación existente en las 0.8559 ha solicitadas; sin embargo, con base en los registros analizados, no se identificaron especies exclusivas del área de CUSTF cuya remoción implique la desaparición de algún componente florístico registrado para la VSa/SBC de la RE. Este resultado deberá complementarse con el análisis comparativo de diversidad, abundancia y estructura de la vegetación, así como con la aplicación de las medidas de rescate, reubicación y compensación que correspondan.

III.4.1.5.9 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA FLORÍSTICA

Además de la riqueza y similitud florística, el grado de afectación se evaluó mediante la comparación de la diversidad, equitatividad, densidad e importancia estructural de las especies registradas en el área de CUSTF y en la VSa/SBC de la RE.

El **índice de Shannon** (H') integra la riqueza y la abundancia proporcional de las especies; la diversidad máxima (H'max) representa el valor teórico que podría alcanzarse si todas las especies presentaran la misma abundancia; y la equitatividad de **Pielou (J)** expresa qué tan uniforme es su distribución, con valores cercanos a 1 cuando las abundancias son semejantes (Pielou, 1966; Shannon & Weaver, 1949). Por su parte, el Índice de Valor de Importancia Estructural **(IVIE)** permite identificar las especies que presentan mayor peso dentro de la comunidad a partir de sus componentes de densidad, frecuencia y dominancia relativas (Curtis & McIntosh, 1950).

Los resultados se interpretaron comparativamente entre las dos unidades analizadas, evitando asignar categorías rígidas de diversidad que podrían variar según el tipo de vegetación, la escala y el diseño de muestreo.

ESTRATO ARBÓREO

En el estrato arbóreo se registraron siete especies dentro del área de CUSTF y 24 especies en la VSa/SBC de la RE. El índice de Shannon fue de 0.59 en el CUSTF y de 2.06 en la RE, lo que demuestra una diversidad arbórea comparativamente menor dentro de la superficie solicitada.

La diversidad máxima fue de **1.95** para el CUSTF y de **3.18** para la RE. Esta diferencia se relaciona directamente con la mayor riqueza arbórea regional. La equitatividad fue de 0.30 en el CUSTF y de 0.65 en la RE, indicando que en el sitio del proyecto la abundancia se concentra marcadamente en una especie, mientras que en la RE se distribuye de manera más uniforme entre sus componentes arbóreos.

Cuadro 3.82 Comparación de los índices de diversidad del estrato arbóreo entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

Indicador	CUSTF	RE
Riqueza específica	7	24
Índice de Shannon (H')	0.59	2.06
Diversidad máxima (H'max)	1.95	3.18
Equitatividad (J)	0.30	0.65

La densidad estimada para el estrato arbóreo fue de 4,065 individuos por hectárea en el CUSTF y de 5,347 individuos por hectárea en la RE. Dentro del CUSTF, *Pithecellobium insigne* presentó la mayor densidad, con 3,500 individuos por hectárea, seguida de *Coccoloba barbadensis*, con 255 individuos por hectárea. En la RE estas mismas especies registraron densidades de 2,417 y 600 individuos por hectárea, respectivamente.

El patrón observado en la densidad se refleja en el IVIE. En el área de CUSTF, *Pithecellobium insigne* alcanzó el 69.33 % y *Coccoloba barbadensis* el 13.08 %; en conjunto concentraron el 82.41 % de la importancia estructural del estrato. Este resultado explica el menor valor de equitatividad obtenido para el sitio, debido a que una proporción considerable de la estructura arbórea se encuentra concentrada en pocas especies.

En la RE, *Pithecellobium insigne* también fue la especie con mayor importancia estructural, con un IVIE de 35.91 %, seguida de *Guazuma ulmifolia*, con 8.25 %, y *Achatocarpus nigricans*, con 6.48 %. En conjunto representaron el 50.64 % del IVIE regional. La menor concentración del IVIE y la presencia de un mayor número de especies muestran que la estructura arbórea de la RE es más diversa y equilibrada que la registrada dentro del CUSTF.

Cuadro 3.83 Comparación de la densidad y el IVIE del estrato arbóreo entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

Arbóreo				
	Densidad (Ind/ha)		IVIE (%)	
Especie	CUSTF	RE	CUSTF	RE
Achatocarpus nigricans	0	263	0	6.48
Azadirachta indica	0	67	0.00	1.13
Bursera simaruba	0	83	0.00	3.19
Cedrela odorata	0	167	0.00	2.82
Ceiba pentandra	0	67	0.00	1.13
Coccoloba barbadensis	255	600	13.08	5.97
Daphnopsis americana	0	4	0.00	0.78
Ficus aurea	5	88	2.75	4.82
Garcinia intermedia	0	4	0.00	0.83
Guazuma ulmifolia	125	146	6.42	8.25
Leucaena leucocephala	0	4	0.00	0.80
Maclura tinctoria	0	429	0.00	4.91
Parmentiera aculeata	0	283	0.00	3.65
Pithecellobium insigne	3500	2417	69.33	35.91
Psidium guajava	0	17	0.00	1.07
Randia aculeata	0	25	0.00	1.75
Sapium lateriflorum	0	4	0.00	0.97
Sideroxylon celastrinum	85	4	2.90	0.80
Spondias mombin	0	133	0.00	1.54
Tabebuia rosea	90	4	3.33	0.89

Arbóreo				
	Densidad (Ind/ha)		IVIE (%)	
Especie	CUSTF	RE	CUSTF	RE
Tabernaemontana alba	5	304	2.19	5.35
Terminalia catappa	0	13	0.00	1.39
Xylosma flexuosa	0	79	0.00	2.80
Zanthoxylum caribaeum	0	142	0.00	2.76
Total	**4065**	**5347**	**100**	**100**

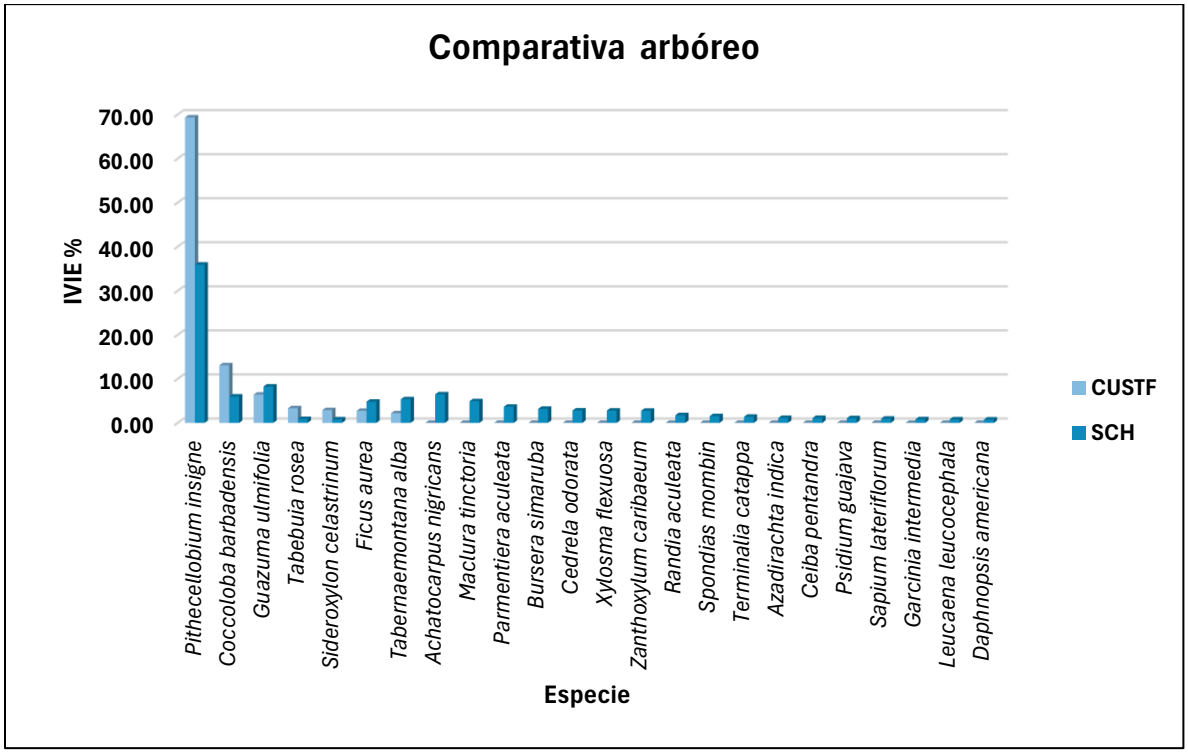


Imagen 3.52 Comparación del IVIE del estrato arbóreo entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

Aunque el estrato arbóreo del CUSTF presenta menor riqueza, diversidad y equitatividad, las siete especies registradas en el sitio también se encuentran representadas en la RE. Además, *Pithecellobium insigne*, especie ampliamente dominante dentro del CUSTF, también constituye el principal componente estructural del estrato arbóreo regional.

Bajo este panorama, el cambio de uso del suelo producirá una afectación directa y localizada sobre la densidad y estructura arbórea de las 0.8559 ha solicitadas; sin embargo, los resultados **no demuestran** la **eliminación de especies arbóreas exclusivas ni la pérdida regional** de los componentes registrados en el sitio. La

diferencia observada se manifiesta principalmente en la concentración de abundancias y en el grado de dominancia, aspectos que deberán atenderse mediante las medidas de rescate, reubicación y compensación correspondientes.

ESTRATO ARBUSTIVO

En el estrato arbustivo se registraron tres especies dentro del área de CUSTF y nueve especies en la VSa/SBC de la RE. El índice de Shannon fue de 0.30 en el CUSTF y de 1.59 en la RE, lo que evidencia una diversidad arbustiva comparativamente menor dentro de la superficie solicitada.

La diversidad máxima fue de 1.10 para el CUSTF y de 2.20 para la RE, diferencia relacionada con la mayor riqueza de especies registrada regionalmente. La equitatividad fue de 0.27 en el CUSTF y de 0.72 en la RE. El reducido valor obtenido en el sitio indica una distribución poco uniforme de las abundancias y una marcada concentración de individuos en una de las tres especies registradas. En contraste, la comunidad arbustiva de la RE presenta una distribución comparativamente más equilibrada.

Cuadro 3.84 Comparación de los índices de diversidad del estrato arbustivo entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

Indicador	CUSTF	RE
Riqueza específica	3	9
Índice de Shannon (H')	0.30	1.59
Diversidad máxima (H'max)	1.10	2.20
Equitatividad (J)	0.27	0.72

La densidad estimada para el estrato arbustivo fue de 1,055 individuos por hectárea en el CUSTF y de 3,401 individuos por hectárea en la RE. Dentro del área solicitada, *Bonellia macrocarpa* presentó la mayor densidad, con 970 individuos por hectárea, por lo que concentró aproximadamente el 91.94 % de los individuos arbustivos estimados. En la RE, esta misma especie presentó una densidad de 67 individuos por hectárea.

La concentración observada también se manifiesta en el IVIE. En el CUSTF, *Bonellia macrocarpa* alcanzó el 82.73 % de la importancia estructural del estrato, mientras que *Vasconcellea cauliflora* y *Ricinus communis* presentaron valores de 9.09 % y 8.18 %, respectivamente. Este patrón confirma que la estructura arbustiva del sitio se encuentra fuertemente dominada por una sola especie, lo cual explica los menores valores de Shannon y equitatividad.

En la RE, la importancia estructural se distribuyó principalmente entre *Malvaviscus arboreus*, con 27.48 %; *Petiveria alliacea*, con 24.60 %; y *Neea psychotrioides*, con 9.02 %. En conjunto, estas tres especies representaron el 61.10 % del IVIE regional. Aunque existe dominancia, ésta se encuentra menos concentrada que en el área de CUSTF y se distribuye entre un mayor número de especies.

Cuadro 3.85 Comparación de la densidad y el IVIE del estrato arbustivo entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

Arbustivo				
	Densidad (Ind/ha)		IVIE (%)	
Especie	CUSTF	RE	CUSTF	RE
Amphitecna apiculata	0	267	0	8.36
Bonellia macrocarpa	970	67	82.73	3.85
Malvaviscus arboreus	0	600	0	27.48
Mimosa pigra	0	400	0	6.90
Neea psychotrioides	0	133	0	9.02
Petiveria alliacea	0	1667	0	24.60
Ricinus communis	80	67	8.18	4.75
Vachellia cornigera	0	133	0	7.64
Vasconcellea cauliflora	5	67	9.09	7.39
Total	**1055**	**3401**	**100**	**100**

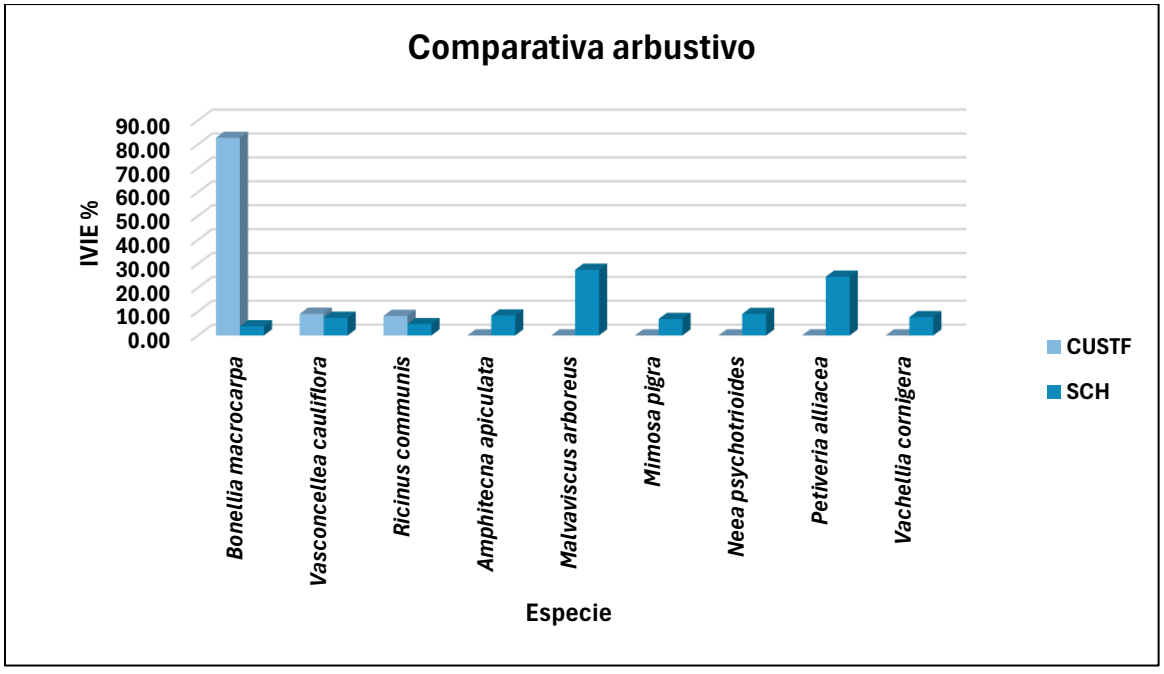


Imagen 3.53 Comparación del IVIE del estrato arbustivo entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

Las tres especies arbustivas identificadas dentro del CUSTF también fueron registradas en la RE. Por consiguiente, aunque la remoción de la vegetación producirá una afectación directa sobre la densidad y organización local del estrato arbustivo, no se identificaron especies de esta forma de vida exclusivas de la superficie solicitada.

El principal efecto se relaciona con la eliminación local de una comunidad de baja riqueza y elevada dominancia de *Bonellia macrocarpa*. No obstante, la presencia regional de las especies registradas y la mayor riqueza y diversidad arbustiva de la RE permiten establecer que la intervención no comprometerá su representación florística regional, sin menoscabo de las medidas de prevención, rescate y compensación que resulten aplicables.

ESTRATO BEJUCO

En el estrato bejuco se registraron cuatro especies tanto en el área de CUSTF como en la VSa/SBC de la RE. Además de presentar la misma riqueza, las cuatro especies identificadas dentro del CUSTF también fueron registradas regionalmente, por lo que existe coincidencia completa en la composición florística de esta forma de vida.

El índice de Shannon fue de 1.17 en el CUSTF y de 1.23 en la RE. La diversidad máxima fue de 1.39 en ambas unidades de análisis, como resultado de que las dos presentan el mismo número de especies. Por su parte, la equitatividad alcanzó valores de 0.84 en el CUSTF y de 0.89 en la RE, lo que indica una distribución relativamente uniforme de las abundancias y una condición semejante entre las comunidades comparadas.

Cuadro 3.86 Comparación de los índices de diversidad del estrato bejuco entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

Indicador	CUSTF	RE
Riqueza específica	4	4
Índice de Shannon (H')	1.17	1.23
Diversidad máxima (H'max)	1.39	1.39
Equitatividad (J)	0.84	0.89

La densidad estimada fue de 2,120 individuos por hectárea en el CUSTF y de 2,134 individuos por hectárea en la RE. La diferencia fue de sólo 14 individuos por hectárea, equivalente aproximadamente al 0.66 % de la densidad regional, por lo que ambos registros pueden considerarse cuantitativamente próximos.

En el CUSTF, *Dalbergia brownei* presentó la mayor densidad, con 1,000 individuos por hectárea, seguida de *Paullinia fuscescens*, con 560; *Amphilophium paniculatum*,

con 480; y *Smilax mollis*, con 80 individuos por hectárea. En la RE, la mayor densidad correspondió a *Smilax mollis*, con 1,000 individuos por hectárea, seguida de *Amphilophium paniculatum*, con 600; mientras que *Dalbergia brownei* y *Paullinia fuscescens* registraron 267 individuos por hectárea cada una.

Respecto al IVIE, en el CUSTF la especie estructuralmente dominante fue *Dalbergia brownei*, con 58.30 %, seguida de *Paullinia fuscescens*, con 24.34 %. En la RE, la importancia estructural se distribuyó principalmente entre *Amphilophium paniculatum*, con 33.95 %; *Smilax mollis*, con 29.98 %; y *Dalbergia brownei*, con 26.10 %. Por tanto, aunque la composición y la densidad total son semejantes, existen diferencias en la abundancia y la importancia estructural particular de las especies.

Cuadro 3.87 Comparación de la densidad y el IVIE del estrato bejuco entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

Bejuco				
	Densidad (Ind/ha)		IVIE (%)	
Especie	CUSTF	RE	CUSTF	RE
Amphilophium paniculatum	480	600	13.30	33.95
Dalbergia brownei	1000	267	58.30	26.10
Paullinia fuscescens	560	267	24.34	9.97
Smilax mollis	80	1000	4.06	29.98
Total	**2120**	**2134**	**100**	**100**

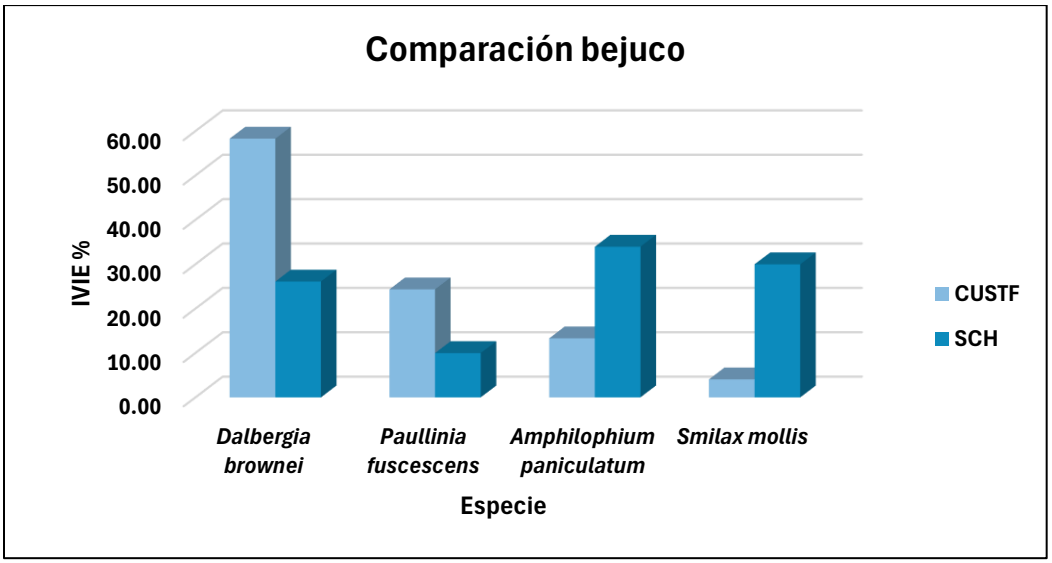


Imagen 3.54 Comparación del IVIE del estrato bejuco entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

Los resultados muestran que el estrato bejuco presenta la mayor correspondencia entre las unidades comparadas: mantiene la misma riqueza y composición de

especies, valores próximos de diversidad y equitatividad, así como densidades totales prácticamente equivalentes. La diferencia principal radica en el orden de dominancia de sus componentes.

El CUSTF ocasionará una afectación directa y localizada sobre los individuos presentes, particularmente sobre *Dalbergia brownei*, que constituye la especie dominante en el sitio y se encuentra incluida en el Apéndice II de la CITES. Por ello, deberá considerarse de manera prioritaria dentro de las medidas de rescate y reubicación. No obstante, su presencia en la RE, junto con la representación regional de las cuatro especies registradas, permite determinar que el cambio de uso del suelo no comprometerá la composición florística regional de este estrato.

ESTRATO CACTÁCEAS

En el estrato cactáceas se registraron dos especies tanto en el área de CUSTF como en la VSa/SBC de la RE: *Acanthocereus tetragonus* y *Bromelia pinguin*. Por consiguiente, las unidades comparadas presentan la misma riqueza y una coincidencia completa en la composición de especies correspondiente a esta categoría.

El índice de Shannon fue de 0.67 en el CUSTF y de 0.57 en la RE. La diversidad máxima fue de 0.69 en ambas unidades, debido a que presentan el mismo número de especies. La equitatividad alcanzó un valor de 0.97 en el CUSTF y de 0.82 en la RE, lo que indica que las abundancias se distribuyen de manera más uniforme dentro del área solicitada.

El índice de Shannon ligeramente mayor en el CUSTF no obedece a una riqueza superior, sino a la mayor uniformidad en la abundancia de las dos especies. En la RE se observa una mayor concentración de individuos en *Acanthocereus tetragonus*.

Cuadro 3.88 Comparación de los índices de diversidad del estrato cactáceas entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

Indicador	CUSTF	RE
Riqueza específica	2	2
Índice de Shannon (H')	0.67	0.57
Diversidad máxima (H'max)	0.69	0.69
Equitatividad (J)	0.97	0.82

La densidad estimada para este estrato fue de 25 individuos por hectárea en el CUSTF y de 51 individuos por hectárea en la RE. Dentro del área solicitada, *Acanthocereus tetragonus* presentó una densidad de 15 individuos por hectárea y

Bromelia pinguin de 10 individuos por hectárea. En la RE se registraron densidades de 38 y 13 individuos por hectárea, respectivamente.

Respecto al IVIE, en el CUSTF *Bromelia pinguin* alcanzó el 54.51 % y *Acanthocereus tetragonus* el 45.49 %, mostrando una importancia estructural relativamente equilibrada. En la RE, *Acanthocereus tetragonus* fue la especie dominante, con 68.24 %, mientras que *Bromelia pinguin* presentó el 31.76 %. De esta manera, las diferencias entre ambas unidades se relacionan con la densidad y el orden de dominancia, pero no con su composición florística.

Cuadro 3.89 Comparación de la densidad y el IVIE del estrato cactáceas entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

Cactáceas		
índices	CUSTF	RE
Riqueza específica	2	2
Índice de Shannon (H')	0.67	**0.57**
Diversidad máxima (H'max)	0.69	0.69
Equitatividad (J) H'/H'max	0.97	0.82

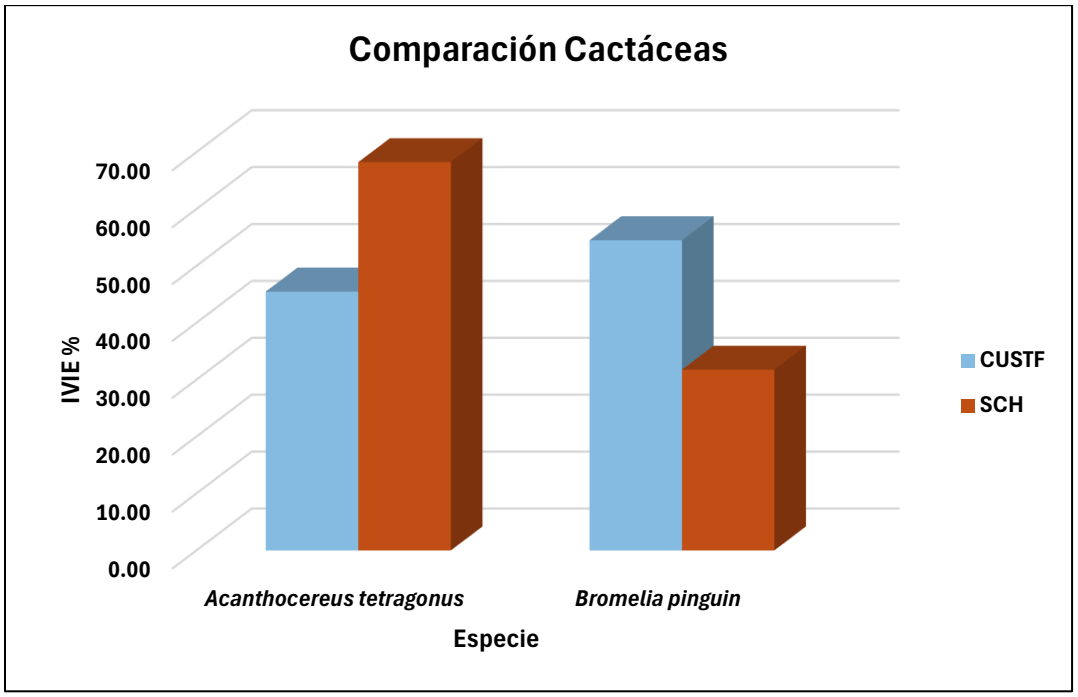


Imagen 3.55 Comparación del IVIE del estrato cactáceas entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

Los resultados muestran que la representación florística de este estrato se mantiene en la RE, debido a que las dos especies registradas dentro del CUSTF también se

encuentran presentes regionalmente. Aunque el cambio de uso del suelo producirá la remoción directa de los individuos localizados en la superficie solicitada, no ocasionará la pérdida regional de alguna de las especies identificadas.

Debido a que *Acanthocereus tetragonus* se encuentra incluida en el Apéndice II de la CITES, sus ejemplares deberán recibir atención prioritaria durante la aplicación de las medidas de rescate y reubicación. Con estas acciones se reducirá la afectación directa sobre el estrato y se favorecerá la conservación de los individuos susceptibles de manejo.

ESTRATO EPÍFITAS

En el estrato epífitas se registró una especie dentro del área de CUSTF y tres especies en la VSa/SBC de la RE. La única especie identificada en el sitio fue *Syngonium podophyllum*, la cual también se encuentra presente regionalmente.

Debido a que en el CUSTF sólo se registró una especie, el índice de Shannon y la diversidad máxima adquieren matemáticamente un valor de cero. Asimismo, la equitatividad no ofrece una interpretación independiente, ya que su cálculo supone la existencia de cuando menos dos especies entre las cuales pueda evaluarse la distribución de las abundancias. El valor de cero consignado en la base debe entenderse como una convención de cálculo y no como ausencia de individuos o como evidencia, por sí misma, de deterioro ambiental.

En la RE, la riqueza fue de tres especies, el índice de Shannon alcanzó 0.54, la diversidad máxima fue de 1.10 y la equitatividad presentó un valor de 0.49. Estos resultados reflejan una distribución poco uniforme de las abundancias, con predominio de una de las especies registradas.

Cuadro 3.90 Comparación de los índices de diversidad del estrato epífitas entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

Indicador	CUSTF	RE
Riqueza específica	1	3
Índice de Shannon (H')	0	0.54
Diversidad máxima (H'max)	0	1.10
Equitatividad (J)	0	0.49

La densidad estimada fue de 95 individuos por hectárea en el CUSTF y de 763 individuos por hectárea en la RE. En el sitio, la totalidad de los registros correspondió a *Syngonium podophyllum*, por lo que esta especie representa el 100 % del IVIE del estrato. Este valor deriva de que fue la única especie registrada y no debe

interpretarse como una dominancia comparable con comunidades integradas por varias especies.

En la RE, *Syngonium podophyllum* también fue la especie con mayor densidad e importancia estructural, con 638 individuos por hectárea y un IVIE de 70.69 %. Le siguieron *Eulophia maculata*, con 92 individuos por hectárea y un IVIE de 21.27 %, y *Lygodium venustum*, con 33 individuos por hectárea y un IVIE de 8.04 %.

Cuadro 3.91 Comparación de la densidad y el IVIE del estrato epífitas entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

Cactáceas				
	Densidad (Ind/ha)		IVIE (%)	
Especie	CUSTF	RE	CUSTF	RE
Acanthocereus tetragonus	15	38	45.49	68.24
Bromelia pinguin	10	13	54.51	31.76
Total	**25**	**51**	**100**	**100**

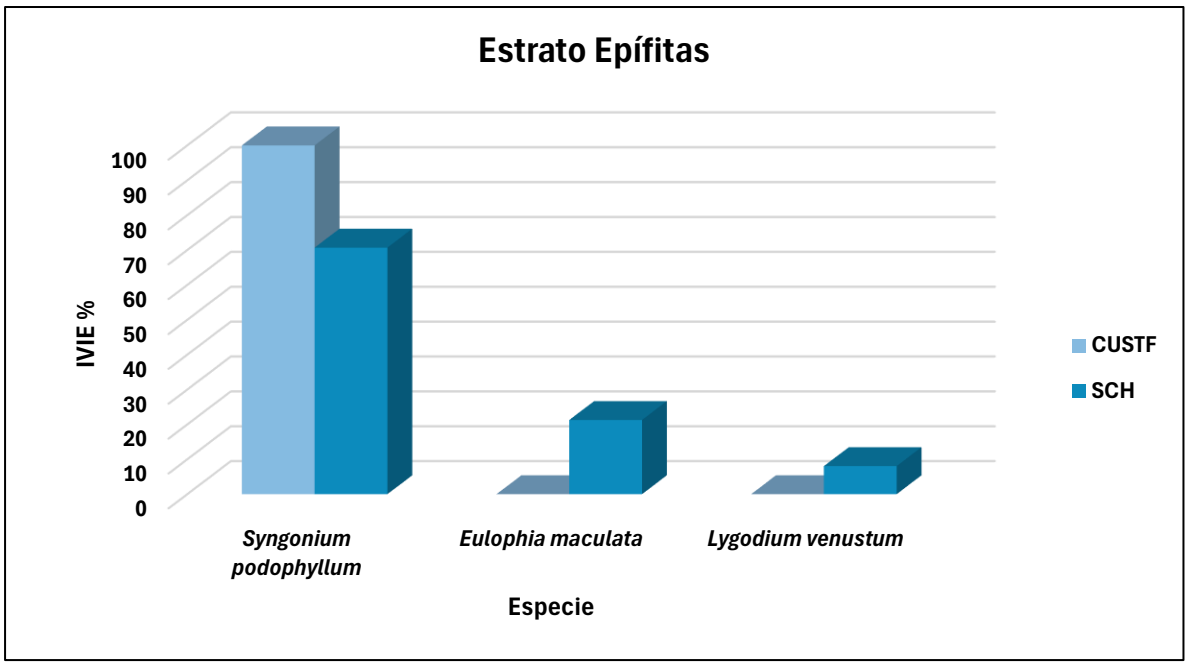


Imagen 3.56 Comparación del IVIE del estrato epífitas entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

La menor riqueza y densidad registradas en el CUSTF muestran que el estrato epífito se encuentra escasamente representado dentro de la superficie solicitada. No obstante, *Syngonium podophyllum* también está presente en la RE y constituye la

especie regionalmente dominante de esta forma de vida. Por tanto, no se identificó ningún componente epífito exclusivo del área de CUSTF.

El cambio de uso del suelo ocasionará una afectación directa y localizada sobre los individuos de *Syngonium podophyllum* y sobre los elementos de la vegetación que les sirven de soporte. Sin embargo, su representación y dominancia regional indican que la intervención no comprometerá la composición florística del estrato epífito en la RE. Los ejemplares susceptibles de manejo deberán incorporarse a las acciones de rescate y reubicación, considerando sus condiciones de establecimiento y la disponibilidad de soportes adecuados.

ESTRATO HERBÁCEO

En el estrato herbáceo se registraron dos especies dentro del área de CUSTF y siete especies en la VSa/SBC de la RE. El índice de Shannon fue de 0.56 en el CUSTF y de 1.59 en la RE, diferencia relacionada principalmente con la mayor riqueza florística registrada regionalmente.

La diversidad máxima fue de 0.69 para el CUSTF y de 1.95 para la RE. En contraste, los valores de equitatividad fueron prácticamente iguales: 0.81 en el CUSTF y 0.82 en la RE. Esto indica que, aunque la RE presenta cinco especies herbáceas adicionales, la uniformidad proporcional de las abundancias es semejante en ambas unidades.

Cuadro 3.92 Comparación de los índices de diversidad del estrato herbáceo entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

Indicador	CUSTF	RE
Riqueza específica	2	7
Índice de Shannon (H')	0.56	1.59
Diversidad máxima (H'max)	0.69	1.95
Equitatividad (J)	0.81	0.82

La densidad estimada para el estrato herbáceo fue de 8,000 individuos por hectárea en el CUSTF y de 14,167 individuos por hectárea en la RE. En el área solicitada, *Solanum tampicense* presentó la mayor densidad, con 6,000 individuos por hectárea, mientras que *Oplismenus hirtellus* registró 2,000 individuos por hectárea.

En la RE, la mayor densidad correspondió a *Echinochloa polystachya*, con 6,250 individuos por hectárea, seguida de *Oplismenus hirtellus*, con 2,917; *Phyllanthus niruri*, con 1,667; y *Solanum tampicense*, con 1,250 individuos por hectárea. Las especies restantes presentaron densidades menores.

Respecto al IVIE, en el CUSTF *Solanum tampicense* concentró el 67.32 % de la importancia estructural y *Oplismenus hirtellus* el 32.68 %. En la RE, las especies con mayor importancia fueron *Hymenocallis littoralis*, con 25.92 %, y *Echinochloa polystachya*, con 25.91 %; en conjunto representaron el 51.83 % del IVIE regional. Les siguió *Oplismenus hirtellus*, con 18.38 %.

La comparación muestra que el CUSTF presenta una menor riqueza y densidad herbácea, además de una mayor concentración estructural en *Solanum tampicense*. La RE mantiene una composición más amplia y distribuye su importancia estructural entre un mayor número de especies.

Las dos especies herbáceas identificadas en el CUSTF también fueron registradas en la RE. Por tanto, las diferencias observadas corresponden principalmente a la riqueza, densidad y distribución de la importancia estructural, y no a la presencia de especies exclusivas dentro de la superficie solicitada.

El cambio de uso del suelo ocasionará la remoción directa del estrato herbáceo presente en las 0.8559 ha; sin embargo, la representación regional de sus dos especies y la mayor riqueza documentada en la RE permiten determinar que la intervención no comprometerá la composición florística regional de esta forma de vida. Las medidas de manejo del suelo, rescate y revegetación deberán contribuir a reducir la afectación local y favorecer el restablecimiento de la cobertura vegetal.

Cuadro 3.93 Comparación de la densidad y el IVIE del estrato herbáceo entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

Herbáceo				
	Densidad (Ind/ha)		IVIE (%)	
Especie	CUSTF	RE	CUSTF	RE
Cleome spinosa	0	417	0	4.50
Echinochloa polystachya	0	6250	0	25.91
Hymenocallis littoralis	0	833	0	25.92
Oplismenus hirtellus	2000	2917	32.68	18.38
Phyllanthus niruri	0	1667	0	8.13
Rivina humilis	0	833	0	9.75
Solanum tampicense	6000	1250	67.32	7.40
Total	**8000**	**14167**	**100**	**100**

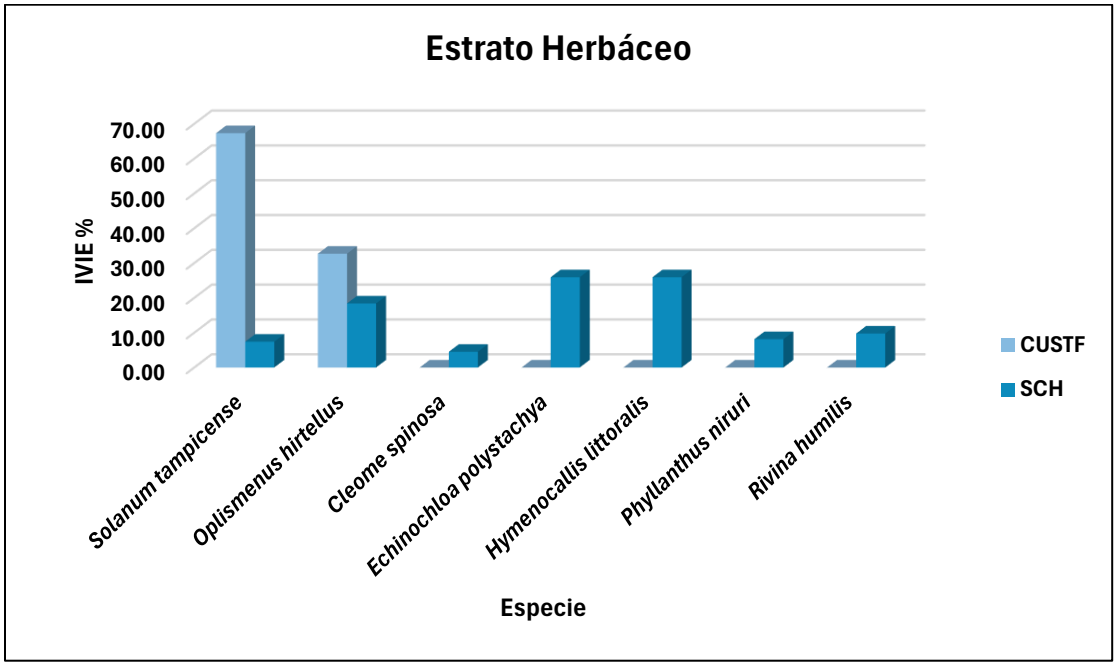


Imagen 3.57 Comparación del IVIE del estrato herbáceo entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

ESTRATO PALMA

En el estrato palma se registró una especie dentro del área de CUSTF y dos especies en la VSa/SBC de la RE. La única especie identificada en el sitio fue *Attalea butyracea*, la cual también se encuentra presente regionalmente.

Debido a que el CUSTF presenta una sola especie, el índice de Shannon y la diversidad máxima adquieren matemáticamente un valor de cero. De igual manera, la equitatividad no permite una interpretación independiente, debido a que no existen varias especies entre las cuales pueda evaluarse la distribución de las abundancias. Por tanto, los valores de cero consignados en la base deben entenderse como una consecuencia matemática de la riqueza unitaria y no como ausencia del estrato.

En la RE se registraron dos especies, con un índice de Shannon de 0.13, una diversidad máxima de 0.69 y una equitatividad de 0.19. Este reducido valor de equitatividad refleja una distribución poco uniforme, ocasionada por la marcada concentración de individuos en *Attalea butyracea*.

Cuadro 3.94 Comparación de los índices de diversidad del estrato palma entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

Indicador	CUSTF	RE
Riqueza específica	1	2
Índice de Shannon (H')	0	0.13
Diversidad máxima (H'max)	0	0.69
Equitatividad (J)	0	0.19

La densidad estimada para este estrato fue de 10 individuos por hectárea en el CUSTF y de 142 individuos por hectárea en la RE. En el área solicitada, la totalidad de los registros correspondió a *Attalea butyracea*, por lo que representa el 100 % del IVIE. Este resultado deriva de que fue la única palma identificada y no constituye, por sí mismo, un valor comparable con comunidades integradas por varias especies.

En la RE, *Attalea butyracea* presentó una densidad de 138 individuos por hectárea y un IVIE de 83.12 %, mientras que *Acrocomia aculeata* registró cuatro individuos por hectárea y un IVIE de 16.88 %. En consecuencia, *Attalea butyracea* también constituye la especie dominante del estrato palma en el ámbito regional.

Los resultados muestran que el estrato palma se encuentra escasamente representado dentro del CUSTF, tanto por su riqueza unitaria como por su reducida densidad. No obstante, *Attalea butyracea* está ampliamente representada en la RE y constituye la especie regionalmente dominante de este grupo. La segunda especie, *Acrocomia aculeata*, fue registrada únicamente en la RE.

El cambio de uso del suelo producirá una afectación directa y localizada sobre los individuos de *Attalea butyracea* presentes en la superficie solicitada; sin embargo, no ocasionará la pérdida de una especie exclusiva ni comprometerá la composición florística regional del estrato palma. Los ejemplares que reúnan condiciones adecuadas deberán incorporarse a las acciones de rescate y reubicación previstas para el proyecto.

Cuadro 3.95 Comparación de la densidad y el IVIE del estrato palma entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

Palma				
	Densidad (Ind/ha)		IVIE (%)	
Especie	CUSTF	RE	CUSTF	RE
Acrocomia aculeata	0	4	0	16.88
Attalea butyracea	10	138	100	83.12
Total	**10**	**142**	**100**	**100**

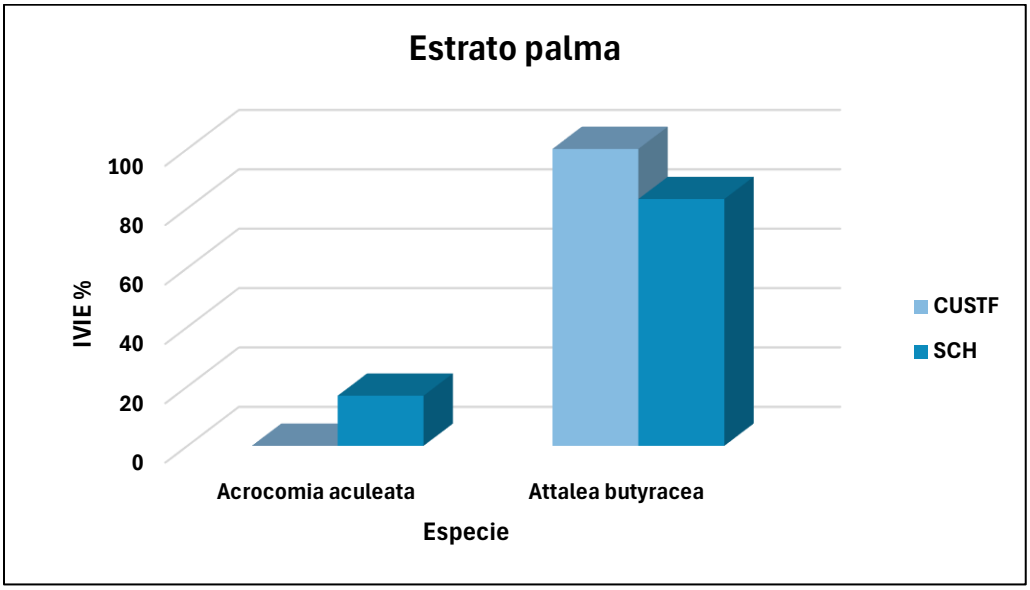


Imagen 3.58 Comparación del IVIE del estrato palma entre el área de CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

III.4.1.5.10 CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPONENTE FLORA

El análisis comparativo permitió determinar que las 0.8559 ha solicitadas para el CUSTF corresponden a vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (VSa/SBC) y representan aproximadamente el **0.25 %** de las **344.2548 ha** de esta vegetación identificadas en la RE. Respecto de la superficie total de la RE, estimada en 33,333.4723 ha, la intervención representa aproximadamente el **0.0026 %,** valor que puede expresarse de manera redondeada como **0.003 %.**

Estos porcentajes muestran que el cambio de uso del suelo tendrá una incidencia espacial reducida en el ámbito regional. No obstante, ello **no** significa ausencia de afectación, puesto que dentro del polígono solicitado se producirá la remoción directa de la vegetación y la modificación de su estructura. Por esta razón, el grado de afectación debe diferenciarse entre la escala local y la regional.

COMPOSICIÓN Y REPRESENTATIVIDAD FLORÍSTICA

En el área de CUSTF se registraron **20 especies**, mientras que en la VSa/SBC de la RE se identificaron **51**. Las 20 especies presentes dentro del CUSTF también fueron registradas regionalmente, por lo que no se identificaron especies exclusivas de la superficie solicitada. En ese sentido, la flora del sitio constituye un subconjunto de la comunidad regional y representa el **39.22 %** de la riqueza documentada para la VSa/SBC de la RE.

La diferencia de riqueza se debe a que la RE contiene **31 especies adicionales** que no fueron registradas dentro del CUSTF. Por tanto, la remoción de la vegetación ocasionará una pérdida local de individuos y cobertura, pero **no** implica, con base en los registros analizados, la **desaparición** regional de alguno de los componentes florísticos identificados en el sitio.

El coeficiente de **Sørensen** fue de 0.5634, equivalente al **56.34 %,** y el índice de **Jaccard** de 0.3922, equivalente al **39.22 %.** Estos valores expresan una similitud parcial cuando se consideran conjuntamente las dimensiones de ambas listas florísticas. Sin embargo, su interpretación debe considerar que **el 100 %** de las especies del CUSTF está **representado en la RE** y que los valores obtenidos disminuyen por las 31 especies adicionales registradas regionalmente, no por la presencia de especies exclusivas dentro del área solicitada.

DISTRIBUCIÓN Y ESTATUS DE CONSERVACIÓN

De las 20 especies registradas en el CUSTF, **19** fueron clasificadas como **nativas** y **una como exótica-invasora**. En la RE se registraron **48 especies nativas** y **tres exóticas-invasoras**. Todas las especies, incluidas las pertenecientes a estas categorías de distribución, se encuentran representadas regionalmente.

En el CUSTF **no se registraron** especies incluidas en alguna categoría de riesgo de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**. La única especie regional sujeta a Protección Especial (Pr) fue *Cedrela odorata*, identificada exclusivamente en la RE. Esta misma especie fue la única clasificada como Vulnerable (VU) por la UICN y tampoco fue registrada dentro del polígono solicitado.

En cuanto a la **UICN**, dentro del CUSTF se registraron **11** especies clasificadas como **Preocupación Menor** y nueve sin categoría consignada en la base. Por lo tanto, no se identificaron en la superficie solicitada especies clasificadas como Vulnerables, En Peligro o En Peligro Crítico.

En el CUSTF se registraron *Acanthocereus tetragonus*, *Dalbergia brownei* y *Tabebuia rosea* en el **Apéndice II de la CITES**. Su inclusión en este instrumento no impide el desarrollo del proyecto, pero establece la necesidad de otorgarles atención prioritaria mediante acciones de rescate, reubicación y manejo. Asimismo, *Ficus aurea* se mantuvo como especie prioritaria conforme a la clasificación de Sánchez et al. (2012) consignada en la base de datos y deberá ser considerada dentro de las medidas de protección correspondientes.

DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA

La comparación por estrato mostró que el CUSTF presenta menor riqueza y diversidad en los componentes arbóreo, arbustivo, epífito, herbáceo y palma. En los estratos bejuco y cactáceas se registró la misma riqueza y composición de especies en ambas unidades.

Cuadro 3.96 Síntesis de los índices de diversidad por estrato en el área de CUSTF y en la VSa/SBC de la RE.

Estrato	Riqueza CUSTF	Riqueza RE	H' CUSTF	H' RE	J CUSTF	J RE
Arbóreo	7	24	0.59	2.06	0.30	0.65
Arbustivo	3	9	0.30	1.59	0.27	0.72
Bejuco	4	4	1.17	1.23	0.84	0.89
Cactáceas	2	2	0.67	0.57	0.97	0.82
Epífitas	1	3	0*	0.54	0*	0.49
Herbáceo	2	7	0.56	1.59	0.81	0.82
Palma	1	2	0*	0.13	0*	0.19

**Los valores de cero en los estratos epífitas y palma del CUSTF derivan del registro de una sola especie. En estos casos, los índices no ofrecen una interpretación comparativa independiente.*

En el estrato **arbóreo** del CUSTF se observó una marcada dominancia de *Pithecellobium insigne*, con el **69.33 %** del IVIE, mientras que en el **arbustivo** dominó *Bonellia macrocarpa*, con **82.73** %. Estos resultados explican los menores valores de equitatividad obtenidos en ambos componentes y muestran que la estructura del sitio **se concentra en pocas especies**.

El estrato **bejuco** presentó la mayor correspondencia entre las unidades comparadas, debido a que mantuvo las **mismas** cuatro especies, valores próximos de diversidad y densidades prácticamente equivalentes. El estrato cactáceas también presentó coincidencia completa en riqueza y composición, aunque con diferencias en el orden de dominancia.

En los estratos **epífitas y palma** solamente se registró una especie dentro del CUSTF: *Syngonium podophyllum* y *Attalea butyracea*, respectivamente. Ambas especies están presentes en la RE y constituyen los principales componentes estructurales de sus respectivos grupos a escala regional. En el estrato **herbáceo**, las dos especies identificadas dentro del CUSTF también se encuentran representadas en la RE.

De manera integral, los resultados muestran que la vegetación del **CUSTF** presenta una estructura comparativamente **más simple, menor riqueza** en la mayoría de los estratos y mayor concentración de la importancia estructural en determinadas especies. Sin embargo, todas las especies y los componentes dominantes del sitio conservan representación dentro de la VSa/SBC de la RE.

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE AFECTACIÓN

Cuadro 3.97 Determinación cualitativa del grado de afectación sobre el componente flora.

Aspecto evaluado	Efecto identificado	Determinación
Cobertura vegetal	Remoción de 0.8559 ha de VSa/SBC	Afectación directa dentro del CUSTF, pero espacialmente baja a escala regional, al representar el 0.25 % de la VSa/SBC de la RE
Composición florística	Remoción local de individuos pertenecientes a 20 especies	Afectación local directa; afectación regional baja, debido a que las 20 especies están representadas en la RE
Especies exclusivas	No se registraron especies exclusivas del CUSTF	No se prevé pérdida regional de componentes florísticos con base en los registros analizados
Riqueza y diversidad	El CUSTF presenta menor riqueza y diversidad en la mayoría de los estratos	La RE mantiene una comunidad más amplia y diversa que conserva la representación de la flora del sitio
Densidad y estructura	Modificación de las abundancias y eliminación de la estructura vegetal dentro del polígono	Afectación local relevante, pero limitada espacialmente y sin evidencia de comprometer la estructura regional
Especies en riesgo	No se registraron especies de la NOM-059-SEMARNAT-2010 ni especies amenazadas por la UICN dentro del CUSTF	Afectación regional baja desde la perspectiva del riesgo de extinción
Especies CITES y prioritarias	Tres especies en el Apéndice II de la CITES y una especie prioritaria conforme a la base	Afectación manejable, condicionada a la ejecución efectiva de las medidas de rescate y reubicación
Representatividad regional	El 100 % de las especies del CUSTF está presente en la RE	La continuidad regional de los componentes florísticos registrados no se considera comprometida

A escala del **sitio**, el grado de afectación **será directo y relevante**, debido a que la remoción de la vegetación modificará la cobertura, densidad y estructura de la comunidad presente en las 0.8559 ha.

Sin embargo, a **escala de la** VSa/SBC de la **Región Ecológica** (RE), el grado de afectación se considera **bajo**, debido a la reducida proporción territorial intervenida, la ausencia de especies exclusivas, la representación regional de la totalidad de la

flora del sitio y la falta de registros de especies incluidas en categorías de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 o de amenaza de la UICN dentro del CUSTF.

Esta determinación se encuentra condicionada a la aplicación efectiva de las medidas preventivas, de rescate, reubicación, compensación y seguimiento establecidas para el proyecto. Deberá darse prioridad a las especies incluidas en el **Apéndice II de la CITES**, a la especie identificada como prioritaria en la base y a los ejemplares que, por sus características biológicas y estado físico, resulten técnicamente viables para su manejo.

Con base en la evidencia analizada, se concluye que el CUSTF producirá una afectación directa y localizada sobre el componente flora, pero no comprometerá la riqueza, composición ni continuidad regional de las especies registradas en la VSa/SBC de la RE. En este sentido, la afectación resulta ambientalmente manejable y compatible con la conservación regional del ecosistema de referencia.

III.4.1.6 ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE REMOCIÓN DE MATERIAS PRIMAS FORESTALES

La estimación volumétrica se realizó para los individuos del estrato arbóreo con diámetro normal igual o mayor que 7.5 cm. Para cada ejemplar se utilizaron el diámetro normal, medido en centímetros, y la altura total, expresada en metros.

Para el cálculo del volumen de madera rollo total árbol con corteza se utilizó la ecuación general TXVI_Ver, correspondiente al estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, de acuerdo con el Primer Inventario Nacional Forestal 1961-1985.

$$VRTAcc = \exp[-9.7891527 + 1.88887745\ln(DN) + 1.04457398\ln(H)]$$

Donde:
$VRTAcc$= volumen de madera rollo total árbol con corteza, en metros cúbicos;
DN= diámetro normal, en centímetros;
H= altura total del individuo, en metros;
ln= logaritmo natural;
exp= función exponencial.

Cuadro 3.98 Ecuación utilizada para estimar el volumen de los individuos arbóreos

Clave	Ecuación volumétrica	Número de observaciones	Coeficiente de determinación (R^2)	Aplicación
TXVI_Ver	$VRTAcc = \exp[-9.7891527 + 1.88887745\ln(DN) + 1.04457398\ln(H)]$	232	0.9842	Especies arbóreas con $DN \geq 7.5$

Fuente: publicaciones estatales del Primer Inventario Nacional Forestal 1961-1985.

El volumen se calculó individualmente para cada árbol registrado. Posteriormente, los resultados fueron agrupados y sumados por especie para obtener el volumen existente en la superficie muestreada:

$$V_{m,j} = \sum_{i=1}^{n_j} V\,RTAcc_{ij}$$

Donde:
$V_{m,j}$= volumen de la especie $j$en la superficie muestreada, en metros cúbicos;
$VRTAcc_{ij}$= volumen del individuo $i$perteneciente a la especie j;
n_j= número de individuos registrados de la especie j.

El volumen por hectárea se obtuvo mediante:

$$V_{ha,j} = \frac{V_{m,j}}{S_m}$$

Donde:
$V_{ha,j}$= volumen por hectárea de la especie j, en metros cúbicos por hectárea;
S_m= superficie muestreada, equivalente a 0.2000 ha.

Para estimar el volumen correspondiente a las 0.855907 has. sujetas a CUSTF se aplicó la siguiente expresión:

$$V_{CUSTF,j} = V_{ha,j}(S_{CUSTF})$$

Donde:
$V_{CUSTF,j}$= volumen estimado de la especie j en la superficie sujeta a CUSTF, en metros cúbicos;
S_{CUSTF}= superficie forestal solicitada para CUSTF, equivalente a 0.855907 ha.

De manera equivalente, el factor de expansión de la superficie muestreada a la superficie total sujeta a CUSTF fue:

$$FE = \frac{S_{CUSTF}}{S_m}$$

$$FE = \frac{0.855907}{0.2000} = 4.279535$$

Por lo tanto:

$$V_{CUSTF,j} = V_{m,j}(4.279535)$$

Los cálculos se efectuaron utilizando la totalidad de los decimales generados por la ecuación volumétrica. El redondeo a cuatro cifras decimales se aplicó únicamente en la presentación de los resultados finales.

Los ejemplares de *Attalea butyracea* se excluyeron de la aplicación de la ecuación TXVI_Ver y se cuantificaron separadamente mediante su abundancia, densidad y número estimado de individuos en la superficie sujeta a CUSTF.

III.4.1.6.1 ESPECIES ARBÓREAS CONSIDERADAS EN LA ESTIMACIÓN VOLUMÉTRICA

En los cinco sitios de muestreo se registraron **237 individuos arbóreos** con diámetro normal igual o mayor que 7.5 cm, correspondientes a siete especies y seis familias botánicas. Estos individuos constituyeron la base para la estimación del volumen de madera rollo total árbol con corteza.

La densidad por especie se calculó mediante:

$$D_j = \frac{N_{m,j}}{S_m}$$

Donde:
D_j= densidad de la especie j, en individuos por hectárea;
$N_{m,j}$= número de individuos de la especie $j$registrados en la muestra;
S_m= superficie muestreada, equivalente a 0.2000 ha.

El número estimado de individuos en la superficie sujeta a CUSTF se obtuvo mediante:

$$N_{CUSTF,j} = D_j(0.855907)$$

Cuadro 3.99 Abundancia y densidad de las especies arbóreas incluidas en la estimación volumétrica.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Individuos registrados	Densidad (ind/ha)	Individuos estimados en 0.855907 has.
Polygonaceae	*Coccoloba barbadensis*	Uvero	3	15	12.84
Moraceae	*Ficus aurea*	Amate	1	5	4.28
Malvaceae	*Guazuma ulmifolia*	Guácima	9	45	38.52
Fabaceae	*Pithecellobium insigne*	Guámuchil	220	1,100	941.50
Sapotaceae	*Sideroxylon celastrinum*	Coma	1	5	4.28
Bignoniaceae	*Tabebuia rosea*	Palo de rosa	2	10	8.56
Apocynaceae	*Tabernaemontana alba*	Cojón de toro	1	5	4.28
Total			**237**	**1,185**	**1,014.25**

La composición del estrato arbóreo estuvo ampliamente dominada por *Pithecellobium insigne*, especie que representó el 92.83 % de los individuos registrados y presentó una densidad estimada de 1,100 individuos por hectárea. Las seis especies restantes representaron conjuntamente el 7.17 % de la abundancia arbórea registrada.

III.4.1.6.2 ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN POR ESPECIE

El volumen individual se calculó mediante la ecuación TXVI_Ver del Primer Inventario Nacional Forestal 1961-1985 y posteriormente se integró por especie. El volumen registrado en las 0.2000 ha muestreadas se convirtió a volumen por hectárea y se proyectó a las 0.855907 ha sujetas a CUSTF mediante el factor de expansión de 4.279535.

El factor de expansión se obtuvo dividiendo la superficie total sujeta a CUSTF entre la superficie efectivamente muestreada, es decir, 0.855907 ha/0.2000 ha **= 4.279535**. Este factor representa el número de veces que la superficie inventariada está contenida en el área forestal total del proyecto; por lo tanto, el volumen acumulado por especie en los cinco sitios se multiplicó por 4.279535 para estimar su volumen correspondiente en las **0.855907** ha sujetas al cambio de uso del suelo.

Cuadro 3.100 Volumen de madera rollo total árbol con corteza por especie en la superficie sujeta a CUSTF.

Nombre científico	Individuos registrados	Volumen en la superficie muestreada (m^3)	Volumen por hectárea (m^3/ha)	Volumen estimado en 0.855907 ha (m^3)	Participación volumétrica (%)
Coccoloba barbadensis	3	0.3836	1.9181	1.6417	3.47
Ficus aurea	1	1.0133	5.0663	4.3363	9.17
Guazuma ulmifolia	9	0.2584	1.2922	1.1060	2.34
Pithecellobium insigne	220	9.2445	46.2223	39.5620	83.69
Sideroxylon celastrinum	1	0.0090	0.0449	0.0384	0.08
Tabebuia rosea	2	0.1282	0.6410	0.5486	1.16
Tabernaemontana alba	1	0.0094	0.0470	0.0402	0.09
Total	**237**	**11.0463**	**55.2317**	**47.2732**	**100.00**

Para la superficie de 0.855907 ha se estimó un volumen total de **47.2732 m^3** de madera rollo total árbol con corteza. La especie con mayor contribución fue *Pithecellobium insigne*, con **39.5620 m^3**, equivalentes al 83.69 % del volumen total. En segundo término se ubicó *Ficus aurea*, con **4.3363 m^3,** correspondiente al 9.17 %.

Las cinco especies restantes aportaron conjuntamente 3.3750 m^3, equivalentes al 7.14 % de las existencias volumétricas estimadas en la superficie sujeta a CUSTF.

III.4.1.6.3 CUANTIFICACIÓN DE ATTALEA BUTYRACEA

Los ejemplares de *Attalea butyracea* se cuantificaron de manera independiente, debido a que la ecuación TXVI_Ver no corresponde a la forma de crecimiento de las palmas. En los sitios de muestreo se registraron dos individuos, con diámetros de 36.4 y 62.3 cm y alturas totales de 13 y 11 m, respectivamente.

La densidad de la especie se calculó mediante:

$$D = \frac{2\ individuos}{0.2000\ ha} = 10\ individuos/ha$$

La abundancia estimada en la superficie sujeta a CUSTF fue:

$$\boldsymbol{N_{CUSTF} = (10\ individuos/ha)(0.855907\ ha) = 8.56\ individuos}$$

Cuadro 3.101 Abundancia estimada de *Attalea butyracea* en la superficie sujeta a CUSTF.

Nombre científico	Nombre común	Individuos registrados	Densidad (ind/ha)	Individuos estimados en 0.855 ha
Attalea butyracea	Corozo	2	10	8.56

Para la superficie sujeta a CUSTF se estima la presencia de aproximadamente **nueve individuos de *Attalea butyracea***. Esta especie se reporta en términos de abundancia y densidad, sin asignarle un volumen en metros cúbicos.

III.4.1.6.4 CUANTIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES VEGETALES NO INCORPORADOS AL CÁLCULO VOLUMÉTRICO

Los individuos pertenecientes al renuevo arbóreo, estrato arbustivo, herbáceo, bejucos, cactáceas, bromeliáceas y epífitas se cuantificaron en términos de abundancia y densidad. Para estos componentes se utilizaron las superficies de muestreo correspondientes a cada estrato.

En el interior de cada sitio de **400 m²** se estableció una unidad de **25 m²** para el registro del **renuevo arbóreo, arbustos y bejucos de talla menor**, así como una unidad de **4 m²** para el **estrato herbáceo**. Los ejemplares de talla mayor, las cactáceas, bromeliáceas y epífitas se registraron en la superficie completa de los sitios.

Cuadro 3.102 Superficie de muestreo y factores de expansión utilizados para los componentes no volumétricos.

Componente vegetal	Superficie por unidad (m²)	Número de unidades	Superficie total muestreada (m²)	Superficie muestreada (ha)	Factor de expansión a 0.855907 ha
Renuevo arbóreo, arbustos y bejucos de talla menor	25	5	125	0.0125	68.472560
Estrato herbáceo	4	5	20	0.0020	427.953500
Ejemplares de talla mayor, cactáceas, bromeliáceas y epífitas	400	5	2,000	0.2000	4.279535

La densidad de cada especie se obtuvo mediante:

$$D_j = \frac{N_{m,j}}{S_{m,j}}$$

Donde:
D_j= densidad de la especie j, en individuos por hectárea;
$N_{m,j}$= número de individuos registrados de la especie j;
$S_{m,j}$= superficie muestreada para el componente al que pertenece la especie, en hectáreas.

La abundancia estimada en las 0.855907 ha sujetas a CUSTF se calculó mediante:

$$N_{CUSTF,j} = D_j(0.855907)$$

De manera equivalente:

$$N_{CUSTF,j} = N_{m,j}\left(\frac{00.855907}{S_{m,j}}\right)$$

Los resultados se presentan separadamente por estrato y forma de crecimiento, de acuerdo con la superficie efectiva utilizada para su registro.

RENUEVO ARBÓREO

En las unidades de 25 m² se registraron 36 individuos correspondientes a cinco especies del renuevo arbóreo. La superficie total evaluada para este componente fue de 125 m², equivalente a 0.0125 ha.

Cuadro 3.103 Abundancia estimada del renuevo arbóreo en la superficie sujeta a CUSTF.

Nombre científico	Nombre común	Individuos registrados	Densidad (ind/ha)	Individuos estimados en 0.855907 ha
Coccoloba barbadensis	Uvero	3	240	205.42
Guazuma ulmifolia	Guácima	1	80	68.47
Pithecellobium insigne	Guámuchil	30	2,400	2,054.18
Sideroxylon celastrinum	Coma	1	80	68.47
Tabebuia rosea	Palo de rosa	1	80	68.47
Total		**36**	**2,880**	**2,465.01**

Para las 0.855907 ha sujetas a CUSTF se estimó una abundancia de aproximadamente 2,465 individuos de renuevo arbóreo. La especie dominante fue *Pithecellobium insigne*, con una densidad de 2,400 individuos por hectárea y una abundancia estimada de 2,054.18 individuos en la superficie forestal. Las especies restantes presentaron conjuntamente una densidad de 480 individuos por hectárea.

ESTRATO ARBUSTIVO

En el estrato arbustivo se registraron tres especies. Los individuos de talla menor fueron evaluados en las unidades de 25 m², mientras que los ejemplares de talla mayor se registraron en la superficie completa de los sitios de 400 m².

Cuadro 3.104 Abundancia estimada del estrato arbustivo en la superficie sujeta a CUSTF.

Nombre científico	Nombre común	Categoría de registro	Individuos registrados	Superficie muestreada (ha)	Densidad (ind/ha)	Individuos estimados en 0.855907 ha
Bonellia macrocarpa	Limoncillo	Talla menor	12	0.0125	960	821.67
Bonellia macrocarpa	Limoncillo	Talla mayor	2	0.2000	10	8.56
Ricinus communis	Higuerilla	Talla menor	1	0.0125	80	68.47
Vasconcellea cauliflora	Papaya cimarrona	Talla mayor	1	0.2000	5	4.28
Total			**16**		**1,055**	**902.98**

Para la superficie sujeta a CUSTF se estimó una densidad total de 1,055 individuos arbustivos por hectárea, equivalente a aproximadamente **903** individuos en las **0.855907 ha**. La especie con mayor abundancia fue *Bonellia macrocarpa*, con una densidad conjunta de 970 individuos por hectárea y una abundancia estimada de 830.23 individuos. Asimismo, se estimaron 68.47 individuos de *Ricinus communis* y 4.28 individuos de *Vasconcellea cauliflora*.

BEJUCOS Y TREPADORAS

Los bejucos y trepadoras de talla menor se registraron en las unidades de 25 m², mientras que los ejemplares de mayor desarrollo se contabilizaron en la superficie completa de los sitios de 400 m².

Cuadro 3.105 Abundancia estimada de bejucos y trepadoras en la superficie sujeta a CUSTF.

Nombre científico	Nombre común	Categoría de registro	Individuos registrados	Superficie muestreada (ha)	Densidad (ind/ha)	Individuos estimados en 0.855907 ha
Amphilophium paniculatum	Bejuco prieto	Talla menor	6	0.0125	480	410.84
Dalbergia brownei	Bejuco de estribo	Talla menor	12	0.0125	960	821.67
Dalbergia brownei	Bejuco de estribo	Talla mayor	8	0.2000	40	34.24
Paullinia fuscescens	Amarguillo	Talla menor	7	0.0125	560	479.31
Smilax mollis	Diente de perro	Talla menor	1	0.0125	80	68.47
Total			**34**		**2,120**	**1,814.52**

Para las 0.855907 ha sujetas a CUSTF se estimó una densidad de 2,120 individuos por hectárea, equivalente a aproximadamente **1,815 bejucos y trepadoras.** *Dalbergia brownei* presentó la mayor abundancia, con una densidad conjunta de 1,000 individuos por hectárea y una estimación de 855.91 individuos en la superficie forestal. Le siguieron *Paullinia fuscescens* y *Amphilophium paniculatum*, con 479.31 y 410.84 individuos estimados, respectivamente.

ESTRATO HERBÁCEO

El estrato herbáceo se evaluó mediante cinco unidades de 4 m², con una superficie total muestreada de 20 m², equivalente a 0.0020 ha. En estas unidades se registraron 16 individuos pertenecientes a dos especies.

Cuadro 3.106 Abundancia estimada del estrato herbáceo en la superficie sujeta a CUSTF.

Nombre científico	Nombre común	Individuos registrados	Densidad (ind/ha)	Individuos estimados en 0.855907 ha
Oplismenus hirtellus	Pasto de selva	4	2,000	1,711.81
Solanum tampicense	Lavaplatos	12	6,000	5,135.44
Total		**16**	**8,000**	**6,847.26**

Para las 0.855907 ha sujetas a CUSTF se estimó una abundancia aproximada de **6,847 individuos** herbáceos. *Solanum tampicense* fue la especie dominante, con una densidad de 6,000 individuos por hectárea y una abundancia estimada de 5,135.44 individuos; por su parte, *Oplismenus hirtellus* presentó una densidad de 2,000 individuos por hectárea y una estimación de 1,711.81 individuos.

CACTÁCEAS Y BROMELIÁCEAS

Las cactáceas y bromeliáceas se registraron en la superficie completa de los cinco sitios de 400 m², que en conjunto comprendieron 0.2000 ha. Se contabilizaron cinco individuos correspondientes a dos especies.

Cuadro 3.107 Abundancia estimada de cactáceas y bromeliáceas en la superficie sujeta a CUSTF.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Individuos registrados	Densidad (ind/ha)	Individuos estimados en 0.855907 ha
Cactaceae	Acanthocereus tetragonus	Nopal de cruz	3	15	12.84
Bromeliaceae	Bromelia pinguin	Piñuela	2	10	8.56
Total			**5**	**25**	**21.40**

Para las 0.855907 ha sujetas a CUSTF se estimó una abundancia aproximada de **21 individuos** de **cactáceas y bromeliáceas**, de los cuales 12.84 corresponden a Acanthocereus tetragonus y 8.56 a Bromelia pinguin.

EPÍFITAS

El componente epífito se evaluó en la superficie completa de los cinco sitios de 400 m², equivalente a una superficie total muestreada de 0.2000 ha. Se registraron 19 individuos de *Syngonium podophyllum*.

Cuadro 3.108 Abundancia estimada del componente epífito en la superficie sujeta a CUSTF.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Individuos registrados	Densidad (ind/ha)	Individuos estimados en 0.855907 ha
Araceae	*Syngonium podophyllum*	Lengua de vaca	19	95	81.31
Total			**19**	**95**	**81.31**

Para las 0.855907 ha sujetas a CUSTF se estimó una abundancia aproximada de **81 individuos** de *Syngonium podophyllum*. Este componente se reporta en términos de abundancia y densidad, sin asignarle un volumen en metros cúbicos.

III.4.1.6.5 RESUMEN DE LAS MATERIAS PRIMAS FORESTALES

La estimación se integró para el único predio del proyecto "Palma Real", considerando tanto las materias primas forestales maderables como la totalidad de los componentes vegetales no maderables registrados en las 0.855907 ha sujetas a CUSTF.

Cuadro 3.109 Resumen de las especies e individuos estimados por remover en el predio del proyecto.

Clasificación	Componente vegetal	Número de especies	Individuos estimados en 0.855907 ha	Volumen estimado (m^3)
Maderable	Estrato arbóreo con $DN \geq 7.5$cm	7	1,014.25	47.2732
Subtotal maderable		**7**	**1,014.25**	**47.2732**
No maderable	Palma (*Attalea butyracea*)	1	8.56	No aplica
No maderable	Renuevo arbóreo	5	2,465.01	No aplica
No maderable	Estrato arbustivo	3	902.98	No aplica
No maderable	Bejucos y trepadoras	4	1,814.52	No aplica
No maderable	Estrato herbáceo	2	6,847.26	No aplica
No maderable	Cactáceas y bromeliáceas	2	21.40	No aplica
No maderable	Epífitas	1	81.31	No aplica
Subtotal no maderable		**18**	**12,141.04**	**No aplica**
Total del predio	**Todos los componentes vegetales**	**20 especies únicas**	**13,155.29**	**47.2732**

Para la superficie sujeta a CUSTF se estimó la remoción de aproximadamente **13,155 individuos** vegetales, de los cuales 1,014.25 corresponden al componente arbóreo maderable y 12,141.04 a componentes no maderables. El volumen total estimado para el predio es de **47.2732 m³** de madera rollo total árbol con corteza.

En el inventario se registraron **20 especies diferentes**. Algunas de ellas estuvieron representadas en más de una categoría de desarrollo; específicamente, *Coccoloba*

barbadensis, *Guazuma ulmifolia*, *Pithecellobium insigne*, *Sideroxylon celastrinum* y *Tabebuia rosea* presentaron tanto individuos adultos como ejemplares en etapa de renuevo. Por esta razón, cada una de estas especies se contabilizó una sola vez para determinar la riqueza total, aunque sus individuos se incluyeron por separado en el componente vegetal correspondiente.

III.4.1.6.6 RESULTADO FINAL DE LA ESTIMACIÓN

Para el único predio del proyecto, con una superficie de **0.855907** ha sujeta a cambio de uso del suelo en terrenos forestales, se estimó la remoción de **47.2732 m³** de madera rollo total árbol con corteza.

El volumen estimado se encuentra distribuido entre siete especies arbóreas. *Pithecellobium insigne* concentra la mayor proporción, con **39.5620 m³,** seguida de *Ficus aurea*, con **4.3363 m³;** *Coccoloba barbadensis*, con **1.6417** m^3; *Guazuma ulmifolia*, con **1.1060** m^3; *Tabebuia rosea*, con **0.5486** m^3; *Tabernaemontana alba*, con **0.0402** m^3, y *Sideroxylon celastrinum*, con **0.0384** m^3.Los ejemplares de *Attalea butyracea* y los componentes correspondientes al renuevo arbóreo, estrato arbustivo, bejucos, herbáceas, cactáceas, bromeliáceas y epífitas fueron cuantificados en términos de abundancia y densidad, sin incorporarse al volumen total estimado. De esta manera, el volumen reportado corresponde exclusivamente al componente arbóreo susceptible de generar materias primas forestales expresables en metros cúbicos.

III.4.2 FAUNA

III.4.2.1 CONTEXTO Y DISTRIBUCIÓN DE LA FAUNA EN LA REGIÓN ECOLÓGICA

En el presente apartado se presentan los resultados del estudio faunístico realizado en la Subcuenca hidrológica El Tejar, delimitada para el proyecto inmobiliario de lotificación en el Municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, con el propósito de caracterizar la fauna silvestre presente en el área de estudio. El trabajo de campo comprendió la realización de muestreos dirigidos al registro de los principales grupos de vertebrados terrestres: anfibios, reptiles, aves y mamíferos, concentrando el esfuerzo en la zona periférica del proyecto y en ambientes comparables o directamente relacionados con el área sujeta a CUSTF.

El objetivo del estudio fue determinar la riqueza y abundancia de la fauna silvestre registrada en la zona de muestreo ubicada dentro de la Subcuenca Hidrológica,

establecer su composición taxonómica y caracterizar su distribución en los diferentes ambientes presentes, así como identificar las especies que presentan algún estatus de conservación de acuerdo con la normatividad ambiental aplicable. Los resultados obtenidos constituyen la base para valorar la importancia de la fauna silvestre presente en el área de estudio y aportar elementos para el análisis de los posibles efectos derivados de las actividades del proyecto.

III.4.2.1.1 RIQUEZA POTENCIAL DE LAS ESPECIES DE VERTEBRADOS TERRESTRES PARA LA SUBCUENCA HIDROLÓGICA EL TEJAR

Como parte de la caracterización de la fauna silvestre, se realizó una revisión de información bibliográfica y documental con el propósito de establecer un marco de referencia sobre la riqueza potencial de los diferentes grupos de vertebrados terrestres presentes en la región donde se localiza el proyecto. Esta revisión permitió contextualizar los registros obtenidos durante los trabajos de campo y evaluar la representatividad de la fauna registrada en relación con la diversidad reportada para escalas geográficas más amplias.

A nivel estatal, el estado de Veracruz se caracteriza por presentar una elevada diversidad de vertebrados, con una riqueza documentada de 122 especies de anfibios, 237 de reptiles, 765 de aves y 203 de mamíferos (Torres-Hernández et al., 2021; Lepage, 2026; SNIARN, 2025). Estos valores reflejan la alta diversidad faunística de la entidad y constituyen un referente general para el análisis de la composición de los vertebrados terrestres presentes en la región de estudio.

A escala municipal, para Boca del Río se documenta una riqueza de 340 especies de vertebrados, de las cuales 234 corresponden a aves, 33 a reptiles, 37 a mamíferos, 21 a peces y 15 a anfibios. Por su parte, en el municipio de Medellín de Bravo se reporta una riqueza de 237 especies, representadas por 180 aves, 23 reptiles, 20 mamíferos y 14 anfibios (Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, 2024).

Cuadro 3.110 Resumen del listado potencial obtenido para los distintos grupos faunísticos en el estado de Veracruz y Municipios de la zona metropolitana de Veracruz.

Grupo biológico	Especies en el estado de Veracruz	Especies en el Municipio de Boca del Río	Especies en el Municipio de Medellín de Bravo
Anfibios	122	15	14
Aves	765	234	180
Mamíferos	203	37	20
Reptiles	237	33	23
TOTALES	**1,327**	**319**	**237**

La información recopilada a escala estatal y municipal constituye un marco de referencia para aproximar la riqueza potencial de vertebrados terrestres en la Subcuenca hidrológica El Tejar. No obstante, estas cifras no implican que la totalidad de las especies reportadas se encuentren presentes dentro de la subcuenca o en el área específica del proyecto, debido a que su distribución está condicionada por factores como la disponibilidad y calidad del hábitat, el grado de perturbación, la conectividad del paisaje, los requerimientos ecológicos de cada especie y la escala espacial de las fuentes consultadas. En este sentido, los resultados de los muestreos de campo permiten precisar la composición y riqueza de la fauna efectivamente registrada dentro del área de estudio y establecer su relación con las condiciones ambientales presentes.

III.4.2.1.2 ESPECIES EN ESTATUS DE CONSERVACIÓN A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL

NOM-059-SEMARNAT-2010

Con la finalidad de identificar las especies de fauna silvestre registradas que presentan alguna categoría de riesgo a nivel nacional, se realizó una revisión bibliográfica y normativa de la NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental– Especies nativas de México de flora y fauna silvestres–Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. La revisión consistió en contrastar la identidad taxonómica de las especies registradas durante los trabajos de campo con el listado de especies incluidas en alguna categoría de riesgo conforme a esta Norma Oficial Mexicana.

Para cada especie se verificó su correspondencia taxonómica y, en su caso, la categoría de riesgo asignada a nivel nacional. De esta manera, fue posible identificar las especies registradas en el área de estudio que se encuentran sujetas a algún régimen de protección o consideración especial conforme al instrumento normativo. A continuación, se describen cada una de las categorías incluidas en esta norma:

- **Probablemente extinta en el medio silvestre (E)**. Aquella especie nativa de México cuyos ejemplares en vida libre dentro del territorio nacional han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueban, y de la cual se conoce la existencia de ejemplares vivos, en confinamiento o fuera del territorio mexicano.

- **En peligro de extinción (P)**. Aquellas especies cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido

drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.

- **Amenazada (A)**. Aquellas especies, o poblaciones de estas, que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazos, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.

- **Sujeta a protección especial (Pr)**. Aquellas especies o poblaciones que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.

LISTA ROJA DE LA IUCN

Para determinar el estatus de conservación de las especies registradas a escala internacional, se realizó una revisión de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Para ello, se verificó la identidad taxonómica de cada especie registrada durante los trabajos de campo y se consultó su categoría de conservación asignada en la Lista Roja, considerando la evaluación vigente para cada taxón.

La Lista Roja de la UICN constituye una herramienta de referencia para la evaluación del riesgo de extinción de las especies a escala global, mediante la aplicación de criterios estandarizados que consideran, entre otros aspectos, la distribución geográfica, el tamaño y tendencia de las poblaciones, así como las amenazas que afectan a los taxones evaluados. Las categorías permiten clasificar a las especies de acuerdo con su nivel de riesgo y comprenden las siguientes categorías:

- **Extinta (EX)**. Un taxón está Extinto cuando no hay duda razonable de que el último individuo ha muerto. Un taxón se presume Extinto cuando los estudios exhaustivos en el hábitat conocido y / o esperado, en momentos apropiados (diurnos, estacionales, anuales), a lo largo de su rango histórico no han logrado registrar un individuo.

- **Extinta en estado silvestre (EW)**. Un taxón está Extinto en la naturaleza cuando se sabe que solo sobrevive en cultivo, en cautiverio o como una

población (o poblaciones) naturalizada muy fuera del rango anterior. Se presume que un taxón está Extinto en estado salvaje cuando los censos exhaustivos en el hábitat conocido y / o esperado, en momentos apropiados (diurnos, estacionales, anuales), a lo largo de su rango histórico no han logrado registrar un individuo.

- **En peligro crítico (CR)**. Un taxón está en Peligro Crítico cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple con cualquiera de los criterios A a E para En Peligro Crítico (ver Sección V), y por lo tanto se considera que enfrenta un riesgo de extinción extremadamente alto en lo salvaje.

- **En peligro (EN)**. Un taxón está en peligro cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple con cualquiera de los criterios A a E para En peligro (ver Sección V) y, por lo tanto, se considera que enfrenta un riesgo muy alto de extinción en la naturaleza.

- **Vulnerable (VU)**. Un taxón es Vulnerable cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple con cualquiera de los criterios A a E para Vulnerable (ver Sección V) y, por lo tanto, se considera que enfrenta un alto riesgo de extinción en la naturaleza.

- **Casi amenazada (NT)**. Un taxón está Casi Amenazado cuando ha sido evaluado según los criterios, pero no califica para En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable ahora, pero está cerca de calificar o es probable que califique para una categoría amenazada en un futuro cercano.

- **Preocupación menor (LC)**. Un taxón es de Preocupación Menor cuando ha sido evaluado según los criterios y no califica como En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazado. En esta categoría se incluyen taxones amplios y abundantes.

CITES

Asimismo, se designó a cada especie una categoría respecto a CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres), acuerdo internacional concertado entre los gobiernos, el cual tiene por objetivo vigilar el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres para que no sean una amenaza para la supervivencia de las especies. Las especies se agrupan en los Apéndices según el grado de amenaza debido al comercio internacional, con un total de tres apéndices:

- **Apéndice I**. Incluye especies amenazadas de extinción que son o pueden ser afectadas por el comercio internacional. Su comercio está sujeto a las medidas de control más estrictas y solamente puede autorizarse bajo circunstancias excepcionales, conforme a las disposiciones de la Convención.

- **Apéndice II**. Incluye especies que no necesariamente se encuentran actualmente amenazadas de extinción, pero cuyo comercio debe estar sujeto a una regulación estricta para evitar que su aprovechamiento sea incompatible con su supervivencia. También comprende especies similares a otras incluidas en el Apéndice II, cuando su inclusión facilita el control del comercio.

- **Apéndice III**. Incluye especies que se encuentran sujetas a regulación dentro de la jurisdicción de alguna de las Partes, la cual solicita la cooperación de otros países para controlar su comercio internacional y prevenir o restringir su explotación.

III.4.2.2 MÉTODO DE MUESTREO Y EVALUACIÓN DE LA SUFICIENCIA DEL MUESTREO POR GRUPO FAUNÍSTICO EN LA REGIÓN ECOLÓGICA

III.4.2.2.1 DISEÑO DE MUESTREO

El trabajo de campo se realizó durante las temporadas seca y húmeda correspondientes al periodo comprendido del **21 marzo al 11 de abril de 2026**, y del **18 de julio al 07 de agosto de 2026**, respectivamente, con la finalidad de considerar posibles variaciones temporales en la composición y actividad de la fauna silvestre del área de estudio. Los métodos de muestreo fueron seleccionados y aplicados de manera diferenciada para cada grupo faunístico, considerando sus características biológicas y ecológicas, hábitos, patrones de actividad, comportamiento y requerimientos de hábitat, así como las metodologías y recomendaciones establecidas en la literatura especializada. La aplicación de estas técnicas permitió obtener información sobre la composición, riqueza, abundancia y distribución. La aplicación de estas técnicas permitió obtener información sobre la composición, riqueza, abundancia y distribución de la fauna detectada en la zona de muestreo, proporcionando elementos para caracterizar su relación con los ambientes directamente vinculados al proyecto.

La Subcuenca Hidrológica El Tejar constituye una unidad regional amplia y ambientalmente heterogénea; por ello, el trabajo de campo no se diseñó como un inventario exhaustivo de la fauna presente en toda su extensión. El esfuerzo de

muestreo se delimitó a la zona periférica del proyecto, seleccionando sitios cuyas condiciones de vegetación, estructura del hábitat y grado de modificación fueran comparables o estuvieran directamente relacionadas con el área sujeta a cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

En este sentido, se priorizaron sitios con vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (Vsa/SBC), por corresponder al tipo de vegetación presente en el área de CUSTF. Asimismo, se incluyeron sectores contiguos de pastizal cultivado como ambiente complementario, debido a que pueden ser utilizados temporalmente por la fauna para su desplazamiento, alimentación o tránsito entre áreas con cobertura vegetal. No se incorporaron otros hábitats localizados en sectores alejados de la subcuenca, debido a que presentan condiciones ambientales distintas y su inclusión habría incorporado registros de comunidades faunísticas sin una relación directa con el área evaluada. Por tanto, los resultados obtenidos caracterizan la fauna detectada en la zona de muestreo vinculada al proyecto y no deben interpretarse como un inventario de la totalidad de la Subcuenca Hidrológica El Tejar.



Imagen 3.59 Uso de suelo y vegetación presentes en la Subcuenca Hidrológica: A) y B) Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia; C) y D) Pastizal cultivado.

Una vez establecidos los sitios y métodos de muestreo, se realizaron los recorridos y actividades de campo de manera sistemática y estandarizada, con la finalidad de cumplir con los objetivos establecidos para cada técnica y generar información suficiente para la caracterización de la comunidad de vertebrados terrestres. Durante los muestreos se registró la especie observada o identificada mediante evidencia indirecta, el número de individuos, las coordenadas geográficas de inicio y término de cada transecto, así como el tipo y las principales características de la vegetación presente en cada sitio de muestreo

La información recopilada en campo permitió integrar una base de datos para el análisis posterior de la composición, riqueza, abundancia y distribución de las especies, así como para la evaluación de la suficiencia del esfuerzo de muestreo. En los apartados subsecuentes se describen los métodos y técnicas específicos empleados para el registro de cada grupo de vertebrados terrestres: anfibios, reptiles, mamíferos y aves.

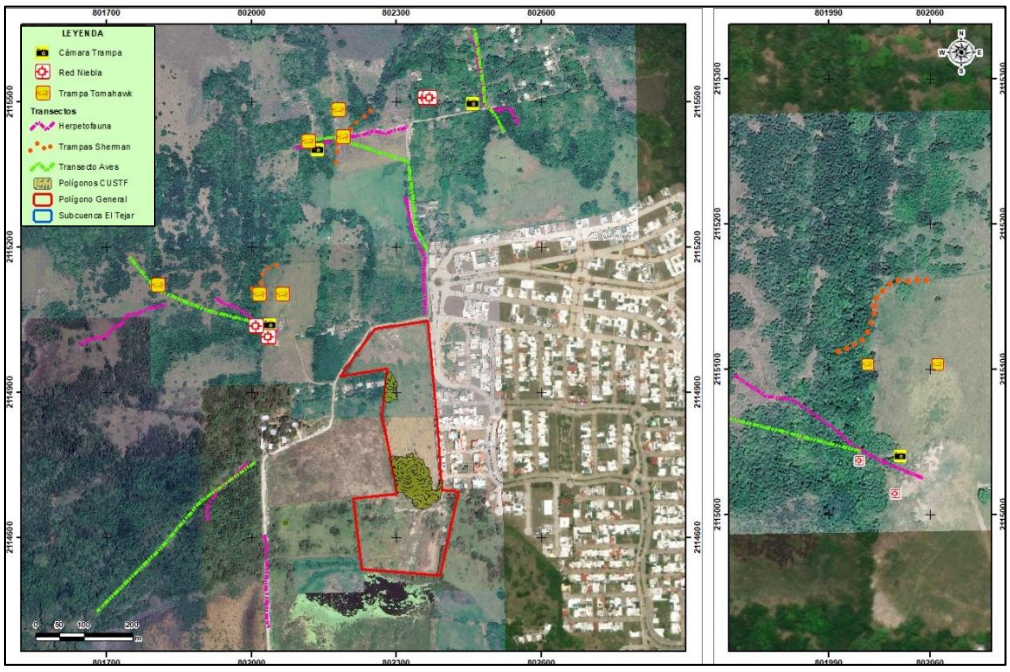


Imagen 3.60 Muestra los sitios dentro de la Subcuenca Hidrológica en los que se enfocó el trabajo de campo para el registro de la fauna.

III.4.2.2.2 MATERIALES Y EQUIPO DE CAMPO

Durante las jornadas de muestreo se utilizaron diferentes materiales y equipos, seleccionados de acuerdo con las características biológicas, los hábitos y los métodos de registro establecidos para cada grupo faunístico. Los principales equipos empleados fueron los siguientes:

- **Binoculares 10 × 42:** utilizados para la observación e identificación de aves y otros ejemplares localizados a distancia.
- **Trampas tipo Sherman:** empleadas para la captura temporal y el registro de mamíferos pequeños.
- **Trampas tipo Tomahawk:** utilizadas para la detección y captura temporal de mamíferos medianos.
- **Redes de niebla:** empleadas principalmente para la captura, identificación y posterior liberación de murciélagos.
- **Cámaras trampa:** instaladas como método complementario para detectar mamíferos medianos y grandes durante sus desplazamientos y periodos de actividad.
- **Equipo GPS:** utilizado para georreferenciar los sitios de muestreo, transectos, trampas, redes de niebla y registros de fauna mediante coordenadas UTM.
- **Guías de campo, claves de identificación y recursos especializados:** utilizados para apoyar la determinación taxonómica y corroborar la identidad de las especies registradas.
- **Equipo fotográfico:** empleado para documentar directamente en campo los ejemplares observados o capturados y generar evidencia de respaldo para su identificación.

La evidencia fotográfica se obtuvo mediante el uso de una **cámara Sony α6400, equipada con un lente Sony 55–210 mm**, y una **cámara Nikon D750, equipada con un lente Sigma 150–600 mm**. La combinación de estos equipos permitió documentar ejemplares ubicados a diferentes distancias y, cuando las condiciones de observación lo permitieron, registrar características morfológicas útiles para respaldar su identificación sin requerir una aproximación excesiva o la manipulación innecesaria de los organismos.

Los datos recabados fueron posteriormente organizados e integrados en la base de datos del estudio. Las fotografías se utilizaron como evidencia de los avistamientos y como apoyo para la identificación y verificación de las especies. Por tanto, las imágenes incorporadas en el Anexo fotográfico corresponden a registros obtenidos directamente durante los trabajos de campo realizados para el presente estudio.

III.4.2.2.3 ANFIBIOS Y REPTILES

BÚSQUEDA Y REGISTRO

Para la detección y registro de estos organismos, se aplicó el método de colecta oportunista mediante encuentros visuales (Gallina y López-González, 2011), que consistió en recorrer a pie transectos lineales de longitud variable, determinados por

las condiciones del terreno, esto en áreas con vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (Vsa/SBC) y pastizal cultivado. Para el avistamiento y registro de los ejemplares, se realizó una búsqueda minuciosa, poniendo especial atención en los microhábitats potenciales para las especies de estos grupos, tales como pequeñas charcas temporales formadas por las lluvias, sitios con acumulación de hojarasca y/o rocas, contrafuertes y oquedades en los árboles, debajo de troncos caídos y a través de la remoción de ramas y hojas.

Los recorridos se llevaron a cabo en un horario diurno de 08:00 a 14:00 horas y crepuscular/nocturno de 17:00 a 22:00 horas, esto con la finalidad de abarcar los principales picos de actividad de estas especies.

Cuadro 3.111 Ubicación de los transectos recorridos dentro del área de la subcuenca hidrológica.

Número de transecto	Tipo de vegetación	Coordenadas UTM Zona 14Q				Longitud (m)
		Punto inicial		Punto final		
		X	Y	X	Y	
1	Vsa/SBC/PC	802027	2114608	802037	2114415	198
2	Vsa/SBC	801998	2114757	801911	2114632	152
3	Vsa/SBC/PC	802055	2115024	801924	2115097	149
4	PC	801823	2115081	801640	2114997	200
5	Vsa/SBC/PC	802357	2115061	802316	2115304	247
6	Vsa/SBC/PC	802451	2115636	802549	2115452	210
7	Vsa/SBC/PC	802322	2115450	802087	2115403	241







Imagen 3.61 Recorridos en horario diurno y crespuscular/nocturno por los diferentes ambientes del área para la búsqueda y registro de anfibios y reptiles.

TOMA DE DATOS Y DETERMINACIÓN TAXONÓMICA

Así mismo, se recolectó información de cada ejemplar encontrado, como su geoposición en coordenadas UTM y evidencia fotográfica *in situ*. En ocasiones las condiciones de la vegetación y el comportamiento esquivo de estos animales no permitieron la toma de evidencia, pero se realizó el registro por observación directa. Algunos registros fueron por método indirecto, a través de las vocalizaciones que emiten los anuros ocultos entre los arbustos, desde las copas de los árboles o bien desde el interior de cuerpos de agua cubiertos por vegetación herbácea, así como mediante exuvias que dejan los reptiles después de su cambio de piel.



Imagen 3.62 Toma de evidencia fotográfica y recolección de información en sitio.

La determinación taxonómica de los organismos se realizó por experiencia del personal especialista y mediante el uso de claves dicotómicas, guías de campo y

libros especializados (Flores-Villela et al., 2004; Calderón-Mandujano et al., 2005; Faivovich et al., 2005; Cedeño-Vázquez et al., 2006; Liner, 2007; Pérez-Higareda et al., 2007 y Kohler, 2008 y 2010).

III.4.2.2.4 MAMÍFEROS

Debido a la diversidad de hábitos de los mamíferos, se emplearon diferentes métodos para el registro de especies. Se utilizaron técnicas de trampeo directo como; trampas tipo Sherman, Tomahawk, y redes de niebla, para los métodos indirectos se colocaron cámaras trampa (Fototrampeo) y se realizaron recorridos para el avistamiento y búsqueda de rastros (huellas, excretas, madrigueras y restos óseos; Medellín et al., 2007; Aranda-Sánchez, 2012; González-Romero, 2014; Hernández et al., 2015.

Cabe mencionar que cada individuo que se capturó y observó fue georreferenciado con coordenadas UTM. Cada individuo fue identificado in situ con experiencia del personal capacitado y con el apoyo de claves y guías especializadas para los mamíferos pequeños, medianos y grandes. Una vez identificados se fotografiaron y posteriormente fueron liberados en el mismo sitio de su captura.

Para el registro de los mamíferos pequeños se utilizaron 20 trampas tipo Sherman (7.6 x 8.9 x 22.5 cm), las cuales sirven para no dañar a los organismos capturados (Romero-Almaraz et al., 2007). Las trampas se colocaron dentro del área de estudio, colocando 10 trampas por transecto de acuerdo con el tamaño al área bajo estudio Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (Vsa/SBC). Estas fueron dispuestas sobre transectos de entre 90 y 150 metros aproximadamente, tomando coordenadas como punto inicial y final de cada transecto como se muestra en la tabla, con una separación entre cada trampa de entre 8 y 10 metros. Se utilizó como atrayente una mezcla de semillas de girasol, avena, agua y extracto de vainilla, siendo abiertas en un horario entre 16:00-18:00 h y revisadas por la mañana del día siguiente a partir de las 6:00 h.

Cuadro 3.112 Coordenadas de los transectos de las trampas tipo Sherman para el estudio de roedores dentro del área de estudio.

Transectos	Tipo de Vegetación	Coordenadas UTM zona 14Q			
		Punto Inicial		Punto Final	
		x	y	x	y
1	Vsa/SBC/Pastizal	802252	2115488	802173	2115378
2	Vsa/SBC	801996	2115112	802057	2115162



Imagen 3.63 Colocación de trampas tipo Sherman en el sitio de muestreo para la captura de mamíferos pequeños (roedores).

El registro de mamíferos medianos y grandes se realizaron mediante métodos directos e indirectos dentro del área de proyecto. Como métodos indirectos se hicieron recorridos aleatorios a pie dentro del área, con la finalidad de registrar y obtener evidencias de la presencia de mamíferos, mediante la búsqueda de excretas, huellas, restos óseos, madrigueras, rascaderas, entre otros (Aranda, 2012). Del mismo modo durante los recorridos se obtuvo el registro directo de los organismos. Los recorridos de búsqueda y observación se llevaron a cabo en horarios diurnos (7:00 a 14:00 horas) y crepusculares/nocturnos (18:00 a 23:00 horas).







Imagen 3.64 Búsqueda de rastros de excretas, huellas, restos óseos, madrigueras, rascaderas. Huella de mapache (*Procyon lotor*).

Como métodos directos, se colocaron seis trampas Tomahawk dispuestas sobre senderos naturales, previamente seleccionados dentro de la subcuenca. A cada trampa se le colocó un cebo como atrayente, las cuales fueron colocadas en un horario de 17:00 – 19:00 y revisadas por la mañana del día siguiente a partir de las 6:00 h. cada trampa fue georreferenciada con coordenadas UTM, como se muestra en la siguiente tabla.

Cuadro 3.113 Coordenadas de los puntos de muestreo de las trampas tipo Tomahawk para el estudio de mamíferos medianos dentro del área de la Subcuenca.

Puntos de muestreo	Tipo de Vegetación	Coordenadas UTM zona 14Q	
		X	Y
1	Vsa/SBC/Pastizal	802189	2115428
2	Vsa/SBC/Pastizal	802180	2115484
3	Vsa/SBC/Pastizal	801807	2115123
4	Vsa/SBC/Pastizal	802118	2115419
5	Vsa/SBC	802017	2115103
6	Vsa/SBC	802065	2115103




Imagen 3.65 Colocación de trampas tipo Tomahawk para mamíferos medianos en el área de la Subcuenca.

Por otro lado, se utilizó un método indirecto con el apoyo de cámaras trampas. Para el fototrampeo de fauna se colocaron en el área de estudio, un total de tres cámaras modelo Browning Trail®. Las cámaras trampa fueron instaladas en sitios donde se hallaron rastros de individuos (excretas, huellas o senderos), cada trampa fue sujetada a un tronco de árbol a una altura aproximada de 50 cm sobre el suelo con dirección Norte-Sur o viceversa, por último, fueron georreferenciada con el apoyo de un GPS, como se muestra en la siguiente tabla.

Cada cámara fue equipada con ocho baterías AA y una memoria de 16 GB, las cuales fueron programadas son los siguientes parámetros:(Hora y fecha; aspecto y zona de toma amplios; 20 megapíxeles para foto; intervalos de cinco segundos entre tomas; una ráfaga de 5 fotos por registro). Para maximizar el éxito de captura, se colocaron atrayentes olfativos a una distancia aproximada de dos metros frente a la cámara.

Cuadro 3.114 Coordenadas de los puntos de muestreo de las cámaras trampa para el estudio de fauna silvestre dentro del área de la subcuenca.

Puntos de muestreo	Tipo de Vegetación	Coordenadas UTM zona 14Q	
		x	y
Cam 1	Vsa/SBC	802039	2115040
Cam 2	Vsa/SBC	802457	2115497
Cam 3	Vsa/SBC/Pastizal	802138	2115401




Imagen 3.66 Colocación de cámara trampa para la captura de fauna silvestre.

Para el registro de murciélagos se utilizaron un total de cuatro redes de niebla de 9 x 2.5 m. Las redes fueron georreferenciadas con ayuda de un GPS y colocadas en sitios previamente seleccionados, que contarán con algunas características para la captura de murciélagos, tales como: caminos, senderos naturales, dentro de la vegetación y cuerpos de agua. Siendo abiertas durante un horario de 18:00 a 23:00 horas y revisadas cada 15 o 20 minutos dependiendo de la actividad de los organismos. Durante el día también se revisaron oquedades o grietas. (Bracamonte, 2018; Calderón-Patrón *et al*., 2013).

Cuadro 3.115 Coordenadas de los puntos de muestreo de las redes de niebla para el estudio de quirópteros en el área de la Subcuenca.

Puntos de muestreo	Tipo de Vegetación	Coordenadas UTM zona 14Q	
		X	Y
Cam 1	Vsa/SBC	802039	2115040
Cam 2	Vsa/SBC	802457	2115497
Cam 3	Vsa/SBC/Pastizal	802138	2115401




Imagen 3.67 Colocación de redes de niebla para la captura de quirópteros.

III.4.2.2.5 AVES

El muestreo de la avifauna dentro del área correspondiente a la subcuenca hidrológica se realizó mediante la metodología de transectos, estableciéndose un total de cuatro transectos distribuidos entre los diferentes tipos de vegetación presentes: vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (VSA/SBC) y pastizal cultivado (PC). La ubicación y delimitación de los transectos se estableció en función de las condiciones y configuración de la cobertura vegetal, procurando mantener la mayor separación posible entre ellos con el propósito de incrementar la independencia espacial de las unidades de muestreo y reducir la probabilidad de registrar a los mismos individuos en más de un transecto (Ralph *et al*., 1996).

Cuadro 3.116 Coordenadas de los transectos muestreados de aves y tipos de vegetación dentro del área de Subcuenca.

Número de transecto	Tipo de vegetación	Coordenadas UTM Zona 14Q			
		Punto inicial		Punto final	
		X	Y	X	Y
1	Vsa/SBC/Pastizal cultivado	802009	2114756	801681	2114447
2	Vsa/SBC/Pastizal cultivado	802522	2115436	802460	2115650
3	Vsa/SBC/Pastizal cultivado	802362	2115195	802129	2115419
4	Vsa/SBC/Pastizal cultivado	802012	2115043	801745	2115181

Durante el periodo de muestreo se realizaron recorridos de campo orientados a la detección y registro de la avifauna presente en el área de estudio. La identificación de los individuos se efectuó principalmente mediante observación directa, utilizando binoculares con aumento de 10 × 42, y a partir del reconocimiento de vocalizaciones. El esfuerzo de observación se distribuyó considerando los periodos de mayor actividad de las aves, correspondientes a las primeras cinco horas posteriores al amanecer y a las dos horas anteriores al anochecer. La selección de estos horarios se fundamentó en que durante dichos intervalos se incrementa la actividad de las especies, favoreciendo su detección visual y acústica (Ralph *et al.*, 1996).

Para la determinación de las especies se emplearon diferentes herramientas de apoyo, entre ellas las guías de identificación de Howell y Webb (1995), así como recursos especializados para el reconocimiento de vocalizaciones. Los registros obtenidos mediante evidencia acústica fueron sometidos a un proceso de corroboración utilizando Merlin Bird ID, herramienta desarrollada por el Cornell Lab of Ornithology, y la biblioteca de sonidos Xeno-canto. El empleo conjunto de estas herramientas permitió incrementar la confiabilidad en la asignación de las vocalizaciones a las especies correspondientes.

Finalmente, la determinación taxonómica de los organismos registrados fue contrastada con bases de datos y fuentes ornitológicas especializadas. Para este propósito se consultaron los criterios taxonómicos establecidos por la American Ornithological Society (AOS, 2025), el Cornell Lab of Ornithology (2024) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), mediante la plataforma Enciclovida (2024). La comparación entre estas fuentes permitió validar y estandarizar la identidad taxonómica de las especies, así como mantener una nomenclatura uniforme para la integración del inventario de avifauna.




Imagen 3.68 Registro de aves dentro de los diferentes tipos de vegetación en el área correspondiente a Subcuenca.

III.4.2.3 ANÁLISIS DE DATOS

III.4.2.3.1 SUFICIENCIA DE MUESTREO

Para evaluar la suficiencia y el esfuerzo de muestreo, se elaboró una curva de acumulación de especies empleando los números de Hill, a partir del orden q_0. Este enfoque permite estimar la diversidad de una comunidad biológica de forma más robusta, integrando tanto la riqueza de especies (q_0), la diversidad de Shannon (q_1) y la diversidad de Simpson (q_2), lo que proporciona una visión integral de la estructura y composición de las comunidades.

El análisis se desarrolló bajo un modelo no asintótico, basado en procedimientos de interpolación y extrapolación, los cuales permiten estimar la diversidad esperada a partir del tamaño de muestra obtenido y de la cobertura del muestreo, sin requerir que la curva alcance una asíntota completa. Este enfoque resulta particularmente útil en estudios de campo donde no siempre es posible registrar todas las especies presentes (Chao *et al.,* 2014).

Debido a que cada grupo faunístico fue evaluado mediante métodos y esfuerzos de muestreo diferentes, la suficiencia y cobertura del muestreo se analizaron por separado para anfibios, reptiles, mamíferos y aves. Los resultados correspondientes se presentan en los apartados específicos de cada grupo.

III.4.2.3.2 ABUNDANCIA RELATIVA

La abundancia relativa de las especies se calculó siguiendo la fórmula propuesta por Pettingill (1969), la cual relaciona el número de individuos de cada especie con el total de individuos registrados en el área de estudio:

$$AR_i = \frac{n_i}{N} \times 100$$

donde n_i representa el número de individuos de la especie i, y N el número total de individuos observados de todas las especies. Este indicador permitió determinar la dominancia relativa de las especies y analizar la estructura de la comunidad faunística dentro del área muestreada. Los cálculos se realizaron a partir de los registros obtenidos durante las visitas de campo, integrando tanto observaciones directas como evidencias indirectas de presencia de fauna. La abundancia relativa se agrupó en 5 categorías: abundante (90-100%), común (65-89%), moderadamente común (31-64%); escasa (10-30%) y rara (1-9%).

III.4.2.3.3 ÍNDICE DE DIVERSIDAD

El índice de Shannon expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Moreno, 2000).

$$H = -\sum_{i=1}^{n} pi(\ln pi)$$

Dónde:
H= Índice de Shannon
pi= Abundancia relativa de cada especie

De acuerdo con Margalef (1972) los rangos para este índice en cuanto a diversidad son:

- 0 – 2: Diversidad baja
- 2 – 3.5: Diversidad media
- >3.5 – 5: Diversidad alta

III.4.2.3.4 ÍNDICE DE DOMINANCIA

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes. Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como 1 – λ = pi ²

$$\lambda = \sum pi\ 2$$

donde: pi = abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra (Moreno, 2000).

III.4.2.3.5 CARACTERÍSTICAS DE LA FAUNA SILVESTRE REGISTRADA EN CAMPO

Además de los registros de presencia y abundancia de vertebrados terrestres obtenidos durante las visitas de campo en el área de proyecto, se identificaron diversas características ecológicas y biológicas relevantes de cada especie, las cuales facilitaron la interpretación de la estructura y composición de la fauna silvestre en el área de estudio. Estas características se detallan en las secciones posteriores.

SOCIABILIDAD

Para determinar el patrón de sociabilidad de las especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos registradas en el área de estudio, se realizó una revisión bibliográfica de información referente a su comportamiento social, organización espacial, formación de grupos, territorialidad y patrones de asociación intraespecífica (Duellman, W. E., & Trueb, L. 1994; Calderón-Mandujano et al., 2005; Ceballos y Oliva, 2005; Cornell Lab of Ornithology, 2026). Esta información se complementó con las observaciones obtenidas durante los trabajos de campo, considerando el número de individuos registrados, su disposición espacial y la presencia o ausencia de asociaciones entre individuos de una misma especie.

La clasificación de la sociabilidad se realizó considerando el patrón predominante de asociación de los individuos adultos, evitando inferir la organización social de una especie únicamente a partir del número de organismos observados durante una

jornada de muestreo. Esta consideración resulta particularmente importante debido a que la asociación entre individuos puede variar en función de la época del año, disponibilidad de recursos, actividad reproductiva, edad, sexo y condiciones ambientales. En consecuencia, una especie considerada predominantemente solitaria puede presentar agregaciones temporales durante determinadas actividades, especialmente durante la reproducción.

GREMIOS TRÓFICOS

Para la determinación de los gremios tróficos se empleó la clasificación general basada en la dieta propuesta para las especies de Norteamérica por González *et al.* (2014). Dicha clasificación fue adaptada a la fauna silvestre registrada en el presente estudio, resultando en la descripción de nueve gremios tróficos. Las interpretaciones y los datos generados en este apartado se fundamentaron en observaciones directas de la fauna en campo, complementadas con información documentada sobre la biología, ecología y comportamiento de las especies identificadas.

Cuadro 3.117 Descripción de los gremios tróficos.

Gremios	Descripción
Carnívoros	Su alimentación se basa en el consumo de la parte muscular de otros animales y es obtenido por medio de la caza.
Frugívoros	Su alimentación se basa en frutos.
Granívoros	Su alimentación se basa en granos o semillas
Herbívoros	Su alimentación se basa en partes vegetales de cualquier tipo.
Insectívoros	Su alimentación se basa en organismos invertebrados
Nectarívoros	Su alimentación se basa en el consumo de las secreciones florales conocido como néctar.
Carroñeros	Su alimentación se basa en el consumo de carne de cadáveres sin haber participado en su caza.
Hematófagos	Su alimentación se basa en el consumo de fluido sanguíneo de otros vertebrados.
Omnívoros	Su alimento es variable, puede consumir más de un tipo de alimento.

DISTRIBUCIÓN VERTICAL

Para determinar la distribución vertical de las especies, se realizó una revisión bibliográfica de información relacionada con sus hábitos de desplazamiento, alimentación, refugio, reproducción y utilización de los diferentes estratos de la vegetación y del suelo (Duellman, W. E., & Trueb, L. 1994; Calderón-Mandujano et al., 2005; Walther, 2002; Ceballos y Oliva, 2005). Esta información se complementó con

las observaciones obtenidas durante los trabajos de campo, considerando el estrato o nivel estructural en el que fueron observados los individuos y las características del hábitat en el que desarrollan sus actividades.

La distribución vertical se refiere al uso diferencial del espacio en sentido vertical por parte de las especies, considerando que los organismos pueden utilizar uno o varios estratos de acuerdo con sus requerimientos ecológicos. En ambientes terrestres, la estructura vertical de la vegetación genera diferentes condiciones de temperatura, humedad, disponibilidad de alimento, sitios de refugio y posibilidades de desplazamiento, por lo que constituye un componente importante de la organización espacial de las comunidades de vertebrados.

DISTRIBUCIÓN Y ENDEMISMOS DE LAS ESPECIES

El tipo de distribución de cada especie se determinó conforme a los criterios establecidos en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Dicho sistema clasifica la distribución de las especies en cuatro categorías, las cuales se delimitan con base en los límites político-administrativos del país. La designación del tipo de endemismo se efectuó siguiendo los lineamientos propuestos en la norma NOM-059-SEMARNAT-2010**.**

Cuadro 3.118 Descripción de las categorías para la designación de tipo de distribución.

Tipo de distribución	Abreviatura	Descripción
Nativa	N	Especie que se encuentra dentro de su área de distribución natural u original (histórica o actual) de acuerdo con su potencial de dispersión natural. La especie forma parte de las comunidades bióticas naturales del área.
Endémica	En	Especie que se encuentra restringida a una región. El término endémico es relativo y siempre se usa con referencia a la región.
Exótica	Ex	Especie introducida fuera de su área de distribución original.
Exótica-Invasora	Ex-In	Las especies exóticas se consideran invasoras cuando que se establecen, reproducen y dispersan sin control, causando daños al ecosistema, a las especies nativas, a la salud o a la economía.

III.4.2.4 RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS VERTEBRADOS TERRESTRES EN LA ZONA DE MUESTREO UBICADA DENTRO DE LA REGIÓN ECOLÓGICA

Durante el trabajo de campo, se logró el registró de 501 individuos, que representan un total de 69 especies de vertebrados terrestres, distribuidas en tres familias y cuatro especies de anfibios (79 individuos), ocho familias y nueve especies de reptiles (70 individuos), cinco familias y ocho especies de mamíferos, y 25 familias y 48 especies de aves (319 individuos).

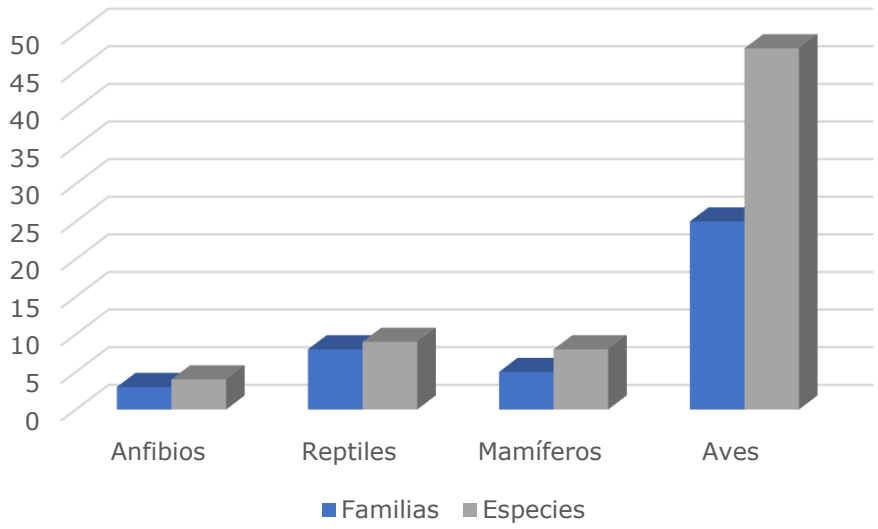


Imagen 3.69 Número de familias y especies de los vertebrados terrestres registrados en el área de la Subcuenca Hidrológica.

III.4.2.4.1 ANFIBIOS

ABUNDANCIA RELATIVA

Se registraron 79 individuos pertenecientes a cuatro especies de anfibios. La ranita de hojarasca (*Leptodactylus melanonotus*) presentó la mayor abundancia relativa, con 58 individuos, equivalentes a un índice de abundancia relativa (IAR) de 73.42%, ubicándose como una especie común. Le siguió la rana de árbol de ojos rojos (*Agalychnis callidryas*), con 17 individuos y un IAR=21.52%, considerada como una especie escasa. Por su parte, *Smilisca baudini* e *Hypopachus ustus* registraron dos individuos cada una, equivalente a un índice de abundancia relativa (IAR) de 2.53%, quedando clasificadas como especies raras.

Cuadro 3.119 Abundancia relativa de las especies de anfibios.

Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Valor IAR (%)	Abundancia relativa IAR
Anfibios				
Leptodactylus melanonotus	Ranita de hojarasca	58	73.42	Común
Agalychnis callidryas	Rana de árbol de ojos rojos	17	21.52	Escasa
Smilisca baudini	Rana arborícola mexicana	2	2.53	Rara
Hypopachus ustus	Sapo boca angosta huasteco	2	2.53	Rara

Categorías según su abundancia: abundante, 90 - 100%; común, 65 - 89%; moderadamente común, 31 - 64%; escasa 10-30 %; y rara, 1 - 9%.



Imagen 3.70 Individuo de *Leptodactylus melanonotus* encontrada en una charca temporal.

ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE LOS ANFIBIOS REGISTRADOS EN EL ÁREA DE LA SUBCUENCA

La comunidad de anfibios registrada durante el trabajo de campo estuvo conformada por **79 individuos** pertenecientes a **cuatro especies**. El índice de diversidad de Shannon-Wiener presentó un valor de H´=0.7626, en comparación con una diversidad máxima teórica de H´max=1.38. Esta relación refleja una baja diversidad relativa, asociada principalmente con la distribución desigual de los individuos entre las especies registradas. En particular, una de las especies concentró 58 individuos, lo que representa la mayor proporción de la abundancia total, seguida por una segunda especie con 17 individuos, mientras que las dos especies restantes presentaron únicamente dos individuos cada una.

Esta distribución se ve reflejada también en el índice de dominancia de Simpson (D=0.5813), cuyo valor indica una dominancia relativamente marcada dentro de la comunidad de anfibios. El resultado se relaciona con la elevada concentración de individuos en la especie más abundante (*Leptodactylus melanonotus*), mientras que el resto de las especies presentó una menor representación numérica. Por lo tanto, aunque se registró una riqueza de cuatro especies, la comunidad se caracteriza por una distribución poco uniforme de la abundancia, con predominio de una especie sobre las demás.

En conjunto, los valores obtenidos mediante los índices de Shannon-Wiener y Simpson permiten caracterizar a la comunidad de anfibios en el área de la Subcuenca hidrológica como una comunidad de baja diversidad y con marcada dominancia, cuya estructura está determinada principalmente por la elevada abundancia de una de las especies registradas.

Cuadro 3.120 Valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson para la comunidad de anfibios registrada en el área de estudio.

Grupo	Riqueza	Índice de Shannon-Wiener (H´)	H´max	Índice de Simpson (D)
Anfibios	4	0.7626	1.38	0.5813

Índice de Shannon-Wiener (H´): 0 – 2, Diversidad baja, 2 – 3.5: Diversidad media, >3.5 – 5: Diversidad alta.
Índice de Simpson: toma valores de entre 0 y 1 en los cuales 0 representa a todas las especies igualmente distribuidas y 1 donde solo domina una especie.

SUFICIENCIA DE MUESTREO

En relación con la suficiencia del muestreo, se registró una riqueza observada de cuatro especies de anfibios, mientras que la estimación de riqueza presentó un intervalo de confianza comprendido entre 3.2 y 4.8 especies. La riqueza observada se encuentra dentro de este intervalo, lo que indica una adecuada correspondencia entre el número de especies registradas y la riqueza esperada bajo las condiciones del muestreo realizado.

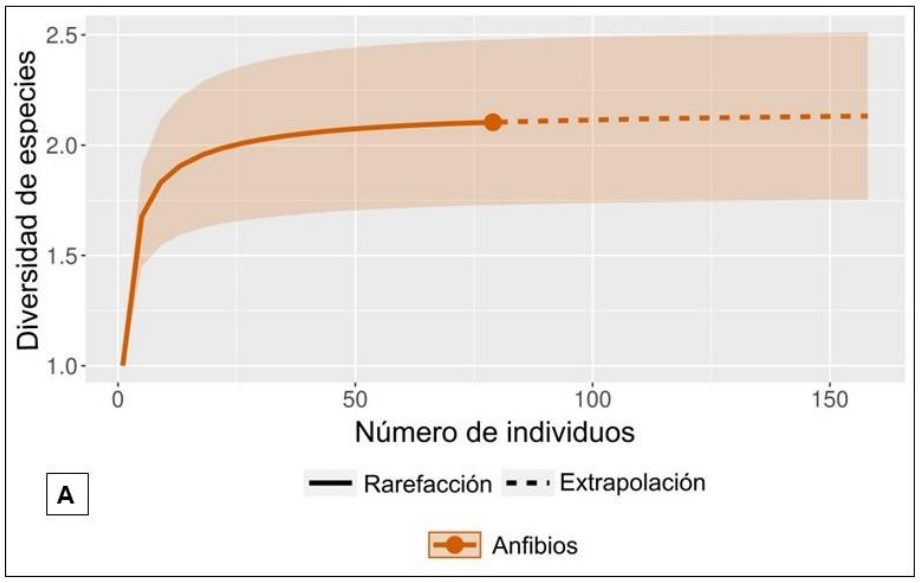
Por otra parte, la cobertura del muestreo presentó un valor de SC=1, con un intervalo de confianza comprendido entre 0.984 y 1. Este resultado representa una cobertura extremadamente alta de la comunidad muestreada, indicando que el esfuerzo realizado permitió representar prácticamente la totalidad de la diversidad basada en los individuos registrados. La estrecha amplitud del intervalo de confianza refuerza la precisión de esta estimación.

En conjunto, los resultados de riqueza estimada y cobertura de muestreo indican que el esfuerzo realizado en campo fue suficiente y altamente representativo para caracterizar la comunidad de anfibios presente en el área de la Subcuenca. Si bien no debemos descartar la presencia de alguna especie adicional, sobre todo las que presentan baja abundancia o detectabilidad reducida y/o hábitos crípticos, los resultados obtenidos sugieren que la probabilidad de incrementar sustancialmente la riqueza registrada mediante un esfuerzo adicional sería relativamente baja. Por lo tanto, la información generada proporciona una base adecuada para la caracterización de la comunidad de anfibios en las condiciones actuales del área evaluada.

Cuadro 3.121 Estimadores de riqueza y cobertura del muestreo para la comunidad de anfibios.

Grupo	Diversidad	Diversidad de especies			Cobertura de muestreo		
		Observada	LCL	UCL	SC	LCL	UCL
Anfibios	Riqueza de especies (q0)	4	3.2	4.8	1	0.984	1

LCL nivel de confianza inferior, UCL nivel de confianza superior, SC cobertura del muestreo



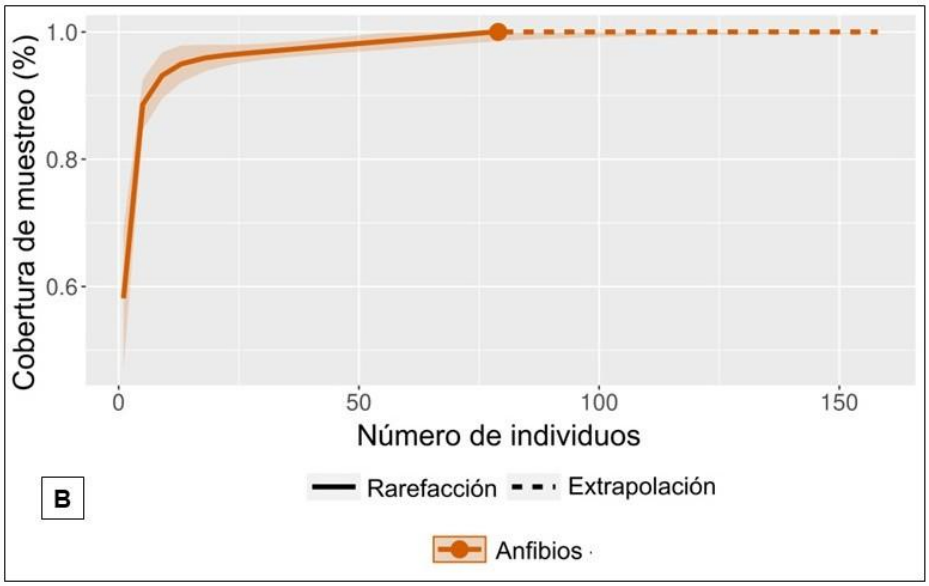


Imagen 3.71 Curvas de acumulación de especies: A) Diversidad de especies; B) Cobertura de muestreo.

SOCIABILIDAD

Los anfibios registrados en el área de estudio presentaron predominantemente hábitos solitarios, aunque algunas especies pueden formar agregaciones temporales durante el periodo reproductivo. Este patrón es frecuente entre los anuros, cuyos individuos suelen desarrollar de manera independiente actividades como alimentación, desplazamiento y refugio, mientras que durante la temporada reproductiva pueden concentrarse temporalmente en cuerpos de agua, depresiones del terreno o sitios con acumulación de humedad que reúnen las condiciones necesarias para la reproducción. Estas concentraciones no representan necesariamente la formación de grupos sociales permanentes, sino una respuesta asociada principalmente a la reproducción y a la disponibilidad temporal de sitios adecuados.

En el caso de *Leptodactylus melanonotus*, la mayoría de los individuos fueron registrados vocalizando y concentrados en sitios de reproducción asociados con charcas temporales, localizadas al interior de áreas con vegetación arbórea y en zonas bajas de pastizal sujetas a inundación temporal. Este comportamiento corresponde a una agregación reproductiva temporal, en la que los individuos se concentran durante periodos favorables para la reproducción. En contraste, un individuo fue observado de manera aislada y relativamente alejado de estos sitios, lo que evidencia que fuera de los periodos de concentración reproductiva la especie puede presentar un comportamiento predominantemente solitario.

Los individuos de *Agalychnis callidryas* fueron detectados mediante observación directa y por sus vocalizaciones, principalmente sobre las ramas de los árboles al interior de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (Vsa/SBC). La presencia simultánea de varios individuos vocalizando corresponde a una concentración reproductiva temporal, característica de los anuros que utilizan vocalizaciones para atraer parejas y establecer interacciones reproductivas. Fuera de este contexto, los individuos presentan hábitos predominantemente solitarios y utilizan la vegetación de manera independiente.

Por su parte, *Smilisca baudini* presenta un patrón de sociabilidad predominantemente solitario, con capacidad para formar agregaciones temporales durante la época reproductiva. Durante la temporada de lluvias, los individuos pueden concentrarse alrededor de cuerpos de agua temporales o permanentes, donde los machos establecen coros reproductivos. Estas concentraciones corresponden a agrupaciones asociadas con la reproducción y no a estructuras sociales permanentes. Durante el trabajo de campo, únicamente se registró un individuo juvenil, observado sobre una hoja, por lo que el registro obtenido no evidenció directamente la formación de agregaciones reproductivas en el área.

Finalmente, *Hypopachus ustus* presenta hábitos predominantemente solitarios y de actividad asociada al suelo, permaneciendo generalmente disperso durante gran parte de su ciclo de actividad. Después de eventos de precipitación, puede incrementar notablemente su actividad y desplazarse hacia sitios con acumulación temporal de agua para reproducirse, donde puede formar agregaciones reproductivas de carácter temporal. En el área de estudio se registraron dos individuos sobre un sendero, localizado al interior de un pequeño fragmento de Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia y rodeado por áreas de pastizal cultivado. Los registros obtenidos durante el muestreo fueron independientes y no evidenciaron la formación de una agregación reproductiva.

Los registros obtenidos permiten caracterizar a la comunidad de anfibios del área de estudio como predominantemente solitaria, con la capacidad de algunas especies para formar agregaciones temporales asociadas principalmente con la reproducción y la disponibilidad de cuerpos de agua durante la temporada de lluvias. Esta condición responde a características propias de la biología reproductiva de los anuros y no necesariamente implica un comportamiento gregario permanente.

Cuadro 3.122 Sociabilidad de las especies de anfibios.

Nombre científico	Nombre común	Sociabilidad
Anfibios		
Leptodactylus melanonotus	Ranita de hojarasca	Solitaria
Agalychnis callidryas	Rana de árbol de ojos rojos	Solitaria
Smilisca baudini	Rana arborícola mexicana	Solitaria
Hypopachus ustus	Sapo boca angosta huasteco	Solitaria

GREMIOS TRÓFICOS

Con base en los hábitos alimenticios de las especies de anfibios registradas en el área de estudio, se identificó un único gremio trófico, correspondiente al de los **insectívoros**, integrado por la totalidad de las especies registradas: *Leptodactylus melanonotus, Agalychnis callidryas, Smilisca baudini* e *Hypopachus ustus*. Este patrón es consistente con la dieta predominante de los anuros, cuyos adultos consumen principalmente insectos, artrópodos terrestres y otros invertebrados de pequeño tamaño.

En el caso de *Leptodactylus melanonotus*, su dieta está constituida principalmente por insectos y otros invertebrados terrestres, entre los que se encuentran coleópteros, ortópteros, hormigas, termitas, arañas y larvas de insectos. Estos recursos son obtenidos principalmente sobre el suelo y entre la hojarasca, donde la especie desarrolla buena parte de sus actividades de alimentación. Su presencia en ambientes con vegetación secundaria, pastizales y sitios con humedad temporal le permite aprovechar una amplia variedad de recursos alimenticios asociados con estos ambientes.

Por su parte, *Agalychnis callidryas* y *Smilisca baudini* presentan una dieta predominantemente insectívora, basada principalmente en insectos y otros artrópodos asociados con la vegetación. Entre las presas potenciales se encuentran dípteros, lepidópteros, ortópteros, coleópteros y arañas. Sus hábitos asociados a la vegetación les permiten aprovechar los recursos disponibles en diferentes estratos, particularmente durante sus periodos de actividad nocturna.

Finalmente, *Hypopachus ustus* presenta una alimentación basada principalmente en pequeños insectos y otros artrópodos presentes en el suelo, con especial aprovechamiento de hormigas y termitas. Sus hábitos asociados al suelo y su actividad superficial, particularmente después de eventos de precipitación, le permiten acceder a recursos tróficos disponibles en la hojarasca y en las capas superficiales del suelo.

Las especies de anfibios registradas se ubicaron dentro del **gremio trófico** de los **insectívoros**, por lo que constituyen un componente importante de las redes alimentarias del área de estudio. Su actividad alimentaria contribuye al consumo y regulación de poblaciones de insectos y otros pequeños invertebrados, mientras que, a su vez, los propios anfibios representan un recurso alimenticio para diversos depredadores, entre ellos reptiles, aves y mamíferos. De esta manera, participan en el flujo de energía y en las interacciones tróficas que caracterizan a los ambientes presentes en el área evaluada.

Cuadro 3.123 Gremio alimenticio de las especies de anfibios registradas en la Subcuenca Hidrológica.

Nombre científico	Nombre común	Gremio alimenticio
Anfibios		
Leptodactylus melanonotus	Ranita de hojarasca	Insectívoro
Agalychnis callidryas	Rana de árbol de ojos rojos	Insectívoro
Smilisca baudini	Rana arborícola mexicana	Insectívoro
Hypopachus ustus	Sapo boca angosta huasteco	Insectívoro

DISTRIBUCIÓN VERTICAL

El trabajo de campo evidenció el aprovechamiento de dos estratos principales de la vegetación y del suelo: el terrestre y el arbóreo. De las cuatro especies de anfibios registradas, dos presentaron hábitos predominantemente terrestres (50%), correspondientes a *Leptodactylus melanonotus* e *Hypopachus ustus*, mientras que las dos restantes presentaron hábitos arborícolas (50%), correspondientes a *Agalychnis callidryas* y *Smilisca baudini*. Esta distribución refleja el uso de los diferentes microhábitats disponibles en el área de estudio, representados principalmente por Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (Vsa/SBC) y Pastizal cultivado.

Las especies de hábitos terrestres fueron registradas principalmente sobre **el suelo, en senderos, áreas con presencia de hojarasca y sitios con acumulación temporal de agua**, donde las condiciones de humedad y disponibilidad de refugios proporcionan sitios adecuados para desarrollar actividades de alimentación, desplazamiento y reproducción. Por su parte, las especies de hábitos arborícolas fueron observadas utilizando la vegetación secundaria, principalmente sobre arbustos, ramas bajas y hojas, así como en la vegetación próxima a los cuerpos de agua temporales, donde encuentran condiciones apropiadas para el refugio, descanso y reproducción.

En conjunto, los resultados muestran que los anfibios registrados utilizan diferentes componentes verticales del hábitat, aprovechando tanto los recursos disponibles en el estrato terrestre como aquellos presentes en la vegetación arbustiva y arbórea. Esta diferenciación en el uso del espacio permite reconocer una diversidad de estrategias de ocupación del hábitat dentro del área evaluada, aun considerando que se trata de ambientes con cierto grado de modificación y predominio de vegetación secundaria y pastizal cultivado.

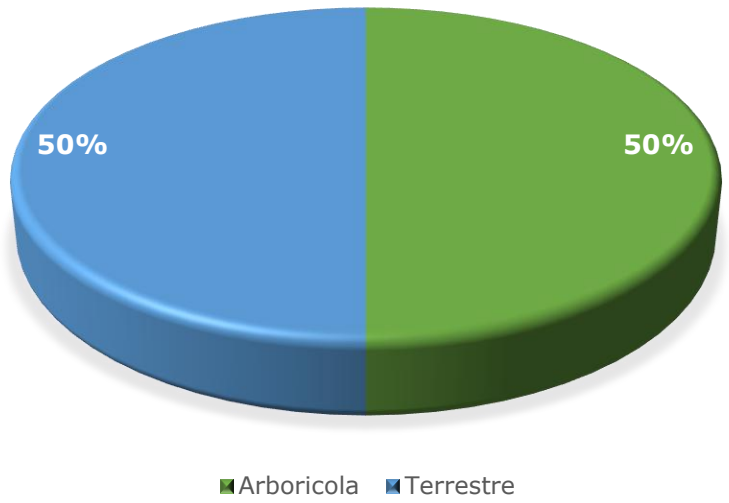


Imagen 3.72 Porcentaje de especies de anfibios registradas de acuerdo al estrato en el que fueron encontrados.

Cuadro 3.124 Distribución vertical de las especies de anfibios en el área de estudio.

Nombre científico	Nombre común	Distribución vertical
Anfibios		
Leptodactylus melanonotus	Ranita de hojarasca	Terrestre
Agalychnis callidryas	Rana de árbol de ojos rojos	Arborícola
Smilisca baudini	Rana arborícola mexicana	Arborícola
Hypopachus ustus	Sapo boca angosta huasteco	Terrestre

ESTADO DE CONSERVACIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN ANFIBIOS REGISTRADOS PARA LA SUBCUENCA HIDROLÓGICA

La revisión de la NOM-059-SEMARNAT-2010 permitió determinar que, de las especies de anfibios registradas en el área de estudio, únicamente una se encuentra incluida dentro de alguna categoría de riesgo. Se trata del sapo de boca angosta huasteco (*Hypopachus ustus*), incluido en la categoría de Sujeta a protección especial (Pr). Por

su parte, de acuerdo con la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), la totalidad de las especies registradas se encuentra clasificada en la categoría de Preocupación menor (LC). En cuanto a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), la rana de árbol de ojos rojos (*Agalychnis callidryas*) se encuentra incluida en el Apéndice II, lo que implica que su comercio internacional se encuentra sujeto a regulación y control.

Nota taxonómica. *Hypopachus ustus* es el nombre actualmente aceptado para esta especie, anteriormente conocida como *Gastrophryne usta*. El cambio se derivó de estudios taxonómicos que sustentaron su transferencia al género *Hypopachus* (Streicher et al., 2012). Por lo anterior, en el presente estudio se emplea la nomenclatura *Hypopachus ustus*.

Cuadro 3.125 Estado de conservación nacional e internacional y distribución de anfibios.

Nombre científico	Nombre común	NOM-059	IUCN	CITES
Leptodactylus melanonotus	Ranita de hojarasca		LC	
Agalychnis callidryas	Rana de árbol de ojos rojos		LC	Apéndice II
Smilisca baudini	Rana arborícola mexicana		LC	
Hypopachus ustus	Sapo boca angosta huasteco	Pr	LC	

NOM-059-SEMARNAT-2010: Pr – Sujeta a protección especial; **IUCN**: LC – Least concern (Preocupación menor); **CITES**: Apéndice II - Incluye especies no necesariamente amenazadas de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse para evitar que así sea. También incluye especies que necesitan regularse por su similitud con otras. El comercio internacional se permite, pero bajo ciertos requisitos.



Imagen 3.73 Rana arborícola de ojos rojos (Agalychnis callidryas), especie incluida en el Apéndice II de CITES.

III.4.2.4.2 REPTILES

ABUNDANCIA RELATIVA

Para este grupo se registraron **70 individuos** pertenecientes a nueve especies. La lagartija espinosa de vientre rosado (*Sceloporus variabilis*) presentó la mayor abundancia relativa, con 35 individuos, equivalentes a un índice de abundancia relativa (IAR) de 50%, por lo que fue la única especie clasificada como moderadamente común, de acuerdo con los criterios establecidos para el análisis. Por su parte, la iguana de cola espinosa del Golfo *Ctenosaura acanthura* presentó 12 registros, correspondientes a un IAR de 17.14%, por lo que fue clasificada como escasa. Las siete especies restantes presentaron una menor representación en términos de abundancia, con registros que oscilaron entre uno y seis individuos y valores de IAR comprendidos entre 1.43% y 8.57%, por lo que fueron clasificadas como raras de acuerdo con los criterios empleados.

Cuadro 3.126 Abundancia relativa de las especies de reptiles registradas en la Subcuenca Hidrológica.

Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Valor IAR (%)	Abundancia relativa IAR
Basiliscus vittatus	Toloque rayado	6	8.57	Rara
Anolis sericeus	Abaniquillo sedoso	4	5.71	Rara
Hemidactylus frenatus	Geco casero común	3	4.29	Rara
Ctenosaura acanthura	Iguana de cola espinosa del Golfo	12	17.14	Escasa
Iguana iguana	Iguana verde	5	7.14	Rara
Sceloporus variabilis	Lagartija espinosa vientre rosado	35	50	Moderadamente común
Aspidoscelis guttatus	Ticuiliche mexicano	3	4.29	Rara
Boa imperator	Mazacuata	1	1.43	Rara
Leptophis mexicanus	Culebra perico mexicana	1	1.43	Rara

Categorías según su abundancia: abundante, 90 - 100%; común, 65 - 89%; moderadamente común, 31 - 64%; escasa 10-30 %; y rara, 1 - 9%.

ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE LOS REPTILES REGISTRADOS EN EL ÁREA DE LA SUBCUENCA HIDROLÓGICA

La comunidad de reptiles registrada en el área de estudio estuvo representada por nueve especies, cuya distribución de abundancias presentó diferencias entre las especies. El índice de diversidad de Shannon-Wiener presentó un valor de H´=1.66, mientras que la diversidad máxima teórica fue de H´max=2.19. La relación entre ambos valores indica que la comunidad presenta una diversidad relativamente alta, aunque sin alcanzar el máximo esperado bajo una distribución completamente uniforme de los individuos entre las especies. Esta diferencia se relaciona con la existencia de especies con mayor representación numérica y otras con abundancias menores.

Por otra parte, el índice de dominancia de Simpson (D=0.289) presentó un valor relativamente bajo, lo que indica una baja dominancia dentro de la comunidad de reptiles. Esto sugiere que, si bien existen diferencias en la abundancia de las especies, no se observa una concentración excesiva de los individuos en una sola especie o en un reducido número de especies.

En conjunto, los valores obtenidos mediante los índices de Shannon-Wiener y Simpson permiten caracterizar a la comunidad de reptiles como una comunidad con diversidad relativamente alta y baja dominancia, donde las abundancias se encuentran distribuidas de manera relativamente equilibrada entre las especies registradas. Estos resultados complementan la información de riqueza y abundancia obtenida durante los muestreos y permiten describir la estructura de la comunidad de reptiles presente en la Subcuenca Hidrológica.

Cuadro 3.127 Valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson para la comunidad de reptiles registrada en el área de estudio.

Grupo	Riqueza	Índice de Shannon-Wiener (H´)	H´max	Índice de Simpson (D)
Reptiles	9	1.66	2.19	0.289

Índice de Shannon-Wiener (H´): 0 – 2, Diversidad baja, 2 – 3.5: Diversidad media, >3.5 – 5: Diversidad alta.
Índice de Simpson: toma valores de entre 0 y 1 en los cuales 0 representa a todas las especies igualmente distribuidas y 1 donde solo domina una especie.

SUFICIENCIA DE MUESTREO

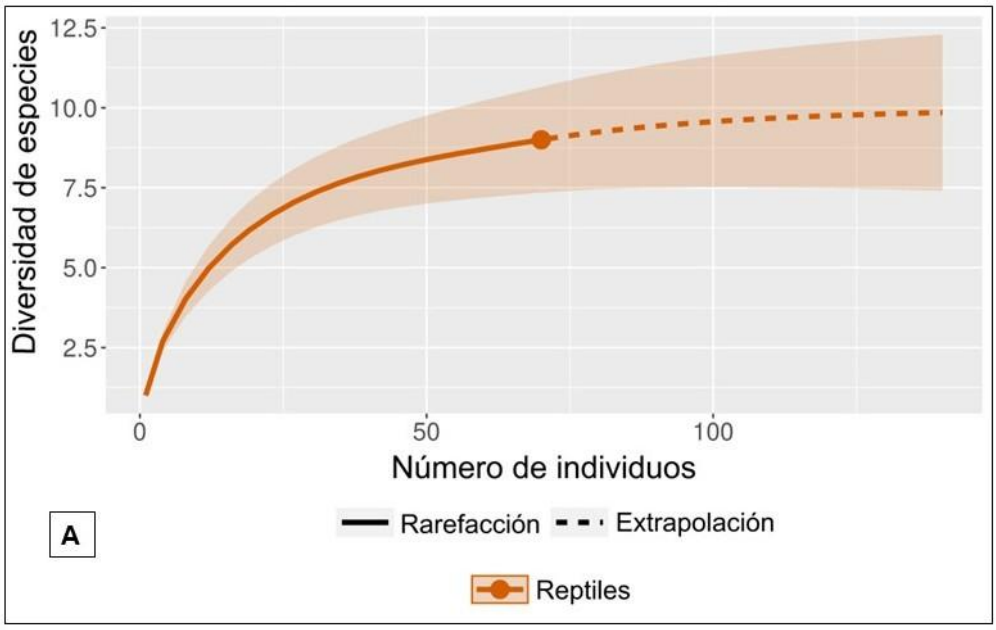
En el caso de los reptiles, se obtuvo una riqueza observada de nueve especies, mientras que los estimadores de riqueza situaron el intervalo de confianza entre 7.45 y 10.55 especies (LCL=7.45; UCL=10.55). El valor observado se encuentra dentro de este intervalo, lo que indica que la riqueza registrada durante el trabajo de campo **es consistente con la riqueza esperada** para el área de estudio y que no se evidencia una subestimación importante del número de especies presentes.

De manera complementaria, la cobertura de muestreo alcanzó un valor de SC=0.972, con límites de confianza de 0.942 y 1.000. Esto significa que el muestreo permitió representar aproximadamente el **97.2%** de la cobertura de la comunidad de reptiles, mientras que el límite inferior (94.2%) continúa indicando una representación elevada aún bajo el escenario más conservador. En términos ecológicos, estos resultados sugieren que la mayoría de las especies y, particularmente, de los individuos pertenecientes a las especies más frecuentes de la comunidad fueron adecuadamente representados durante el muestreo.

En conjunto, la riqueza observada y los valores de cobertura obtenidos indican que el esfuerzo de muestreo realizado fue adecuado para caracterizar la comunidad de reptiles presente en el área de estudio. Si bien no puede descartarse completamente la presencia de especies de baja abundancia o con hábitos crípticos que no hayan sido detectadas, la elevada cobertura de muestreo reduce considerablemente la probabilidad de que existan componentes importantes de la comunidad que hayan quedado fuera del inventario. Por lo tanto, los resultados obtenidos proporcionan una base robusta para la caracterización de la riqueza y composición de reptiles del área evaluada.

Cuadro 3.128 Estimadores de riqueza y cobertura del muestreo para la comunidad de reptiles.

Grupo	Diversidad	Diversidad de especies			Cobertura de muestreo		
		Observada	LCL	UCL	SC	LCL	UCL
Reptiles	Riqueza de especies (q0)	9	7.45	10.55	0.972	0.942	1



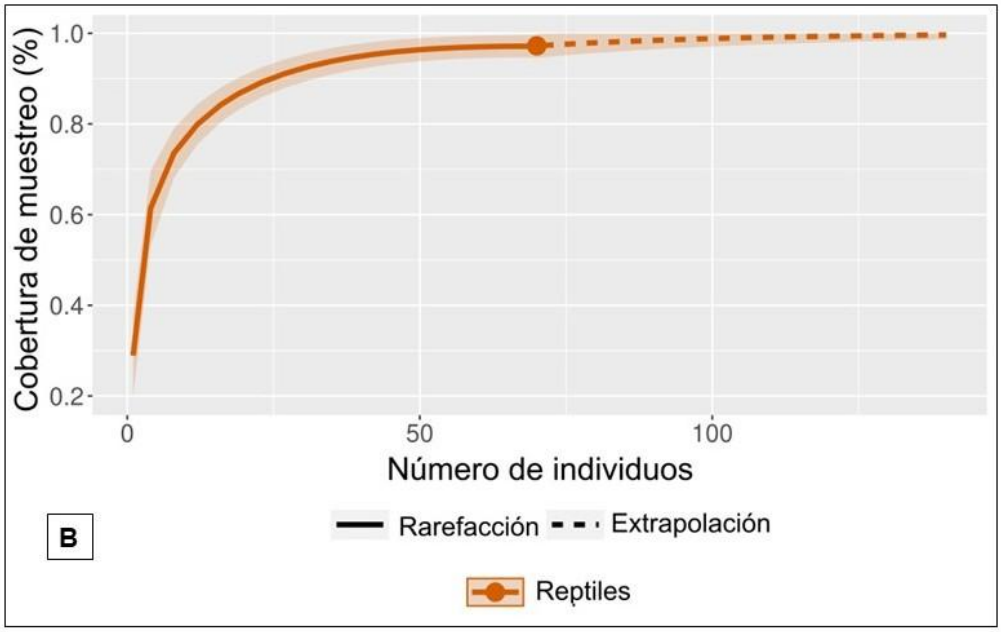


Imagen 3.74 Curvas de acumulación de especies: A) Diversidad de especies; B) Cobertura de muestreo.

SOCIABILIDAD

La comunidad de reptiles registrada en el área de estudio se caracterizó por un marcado predominio de especies con comportamiento predominantemente solitario y territorial, representadas por ocho especies: *Basiliscus vittatus*, *Anolis sericeus*, *Ctenosaura acanthura*, *Iguana iguana*, *Sceloporus variabilis*, *Aspidoscelis guttatus*, *Boa imperator* y *Leptophis mexicanus*, las cuales representan el 89 % de las especies registradas. En estas especies, la interacción entre individuos ocurre principalmente durante la temporada reproductiva y, en algunos casos, en situaciones relacionadas con el establecimiento, mantenimiento y defensa de territorios. Durante el resto del ciclo anual, los individuos desarrollan de manera predominantemente independiente actividades como la alimentación, termorregulación, desplazamiento y búsqueda de refugio.

En contraste, *Hemidactylus frenatus* representó el 11 % de las especies registradas y se caracteriza por presentar un comportamiento de tipo gregario, asociado con la tendencia de varios individuos a utilizar simultáneamente sitios que ofrecen condiciones favorables para el refugio, termorregulación y alimentación, particularmente en estructuras y superficies verticales. No obstante, durante el trabajo de campo los dos individuos de esta especie registrados en el área de estudio fueron observados de manera aislada, por lo que no se documentó directamente la formación de agrupaciones. En este sentido, su clasificación como especie de

comportamiento gregario se sustenta en los patrones de sociabilidad conocidos para la especie y no necesariamente en la observación de agrupaciones durante el muestreo.

En términos generales, el predominio de especies solitarias y territoriales es congruente con la biología de buena parte de los reptiles registrados, cuyos requerimientos espaciales y actividades de alimentación y termorregulación suelen desarrollarse de manera individual. La presencia de *Hemidactylus frenatus* como especie con capacidad de utilizar espacios compartidos evidencia, sin embargo, cierta variación en las estrategias de sociabilidad dentro de la comunidad de reptiles del área de estudio.

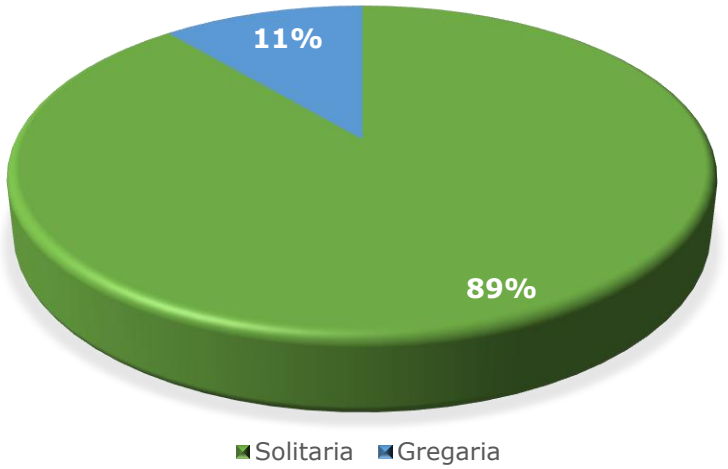


Imagen 3.75 Porcentaje de especies de reptiles registrados de acuerdo con su comportamiento social

Cuadro 3.129 Sociabilidad en las especies de reptiles

Nombre científico	Nombre común	Sociabilidad
Reptiles		
Basiliscus vittatus	Toloque rayado	Solitaria
Anolis sericeus	Abaniquillo sedoso	Solitaria
Hemidactylus frenatus	Geco casero comùn	Gregaria
Ctenosaura acanthura	Iguana de cola espinosa del Golfo	Solitaria
Iguana iguana	Iguana verde	Solitaria
Sceloporus variabilis	Lagartija espinosa vientre rosado	Solitaria
Aspidoscelis guttatus	Ticuiliche mexicano	Solitaria
Boa imperator	Mazacuata	Solitaria
Leptophis mexicanus	Culebra perico mexicana	Solitaria

GREMIOS TRÓFICOS

Con base en los hábitos alimenticios de los reptiles registrados en el área de estudio, se identificaron cuatro gremios tróficos: insectívoros, omnívoros, frugívoros y carnívoros. El gremio de los **insectívoros** fue el mejor representado, con cuatro especies (*Anolis sericeus*, *Hemidactylus frenatus*, *Sceloporus variabilis* y *Aspidoscelis guttatus*), equivalentes al 45% de los taxa registrados. El gremio de los **omnívoros** estuvo representado por dos especies (*Basiliscus vittatus* y *Ctenosaura acanthura*), correspondientes al 22% de la comunidad. Por su parte, el gremio de los **frugívoros** estuvo representado por una especie, *Iguana iguana*, equivalente al 11%, mientras que el gremio de los **carnívoros** estuvo conformado por *Boa imperator* y *Leptophis mexicanus*, que en conjunto representaron el 22% de las especies registradas.

Las especies insectívoras consumen principalmente artrópodos y otros invertebrados de pequeño tamaño, entre los que se encuentran coleópteros, himenópteros, ortópteros, hemípteros, dípteros, arañas y otros grupos. *Anolis sericeus* captura sus presas principalmente sobre troncos, ramas y follaje de la vegetación, mientras que *Hemidactylus frenatus* aprovecha diversos artrópodos presentes en superficies verticales y otros sitios de refugio, incluyendo aquellos atraídos por fuentes de iluminación artificial. Por su parte, *Sceloporus variabilis* y *Aspidoscelis guttatus* realizan actividades de forrajeo principalmente sobre el suelo, entre la vegetación herbácea y la hojarasca, donde encuentran una diversidad de pequeños invertebrados. En conjunto, estas especies contribuyen al control natural de las poblaciones de artrópodos presentes en el área de estudio.

El gremio de los omnívoros estuvo conformado por *Basiliscus vittatus* y *Ctenosaura acanthura*, especies que presentan una dieta amplia y flexible, incorporando recursos tanto de origen animal como vegetal. Los componentes animales de su dieta incluyen principalmente insectos y otros invertebrados, mientras que los recursos vegetales pueden comprender hojas, brotes, flores y frutos. Esta amplitud en el uso de recursos alimenticios les permite aprovechar diferentes fuentes disponibles en el ambiente y constituye una estrategia que puede favorecer su permanencia en sitios con variaciones temporales en la disponibilidad de alimento.

El gremio frugívoro estuvo representado por *Iguana iguana*, especie cuya alimentación incluye principalmente materia vegetal, particularmente hojas, flores, brotes y frutos. El consumo de frutos permite que esta especie participe potencialmente en procesos de dispersión de semillas, contribuyendo con ello a la regeneración natural y dinámica de las comunidades vegetales. En el contexto del área de estudio, la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia

representa una fuente potencial de recursos vegetales que puede ser aprovechada por esta especie.

Finalmente, el gremio de los carnívoros estuvo representado por *Boa imperator* y *Leptophis mexicanus*. Ambas especies dependen del consumo de presas animales y desempeñan funciones de depredación dentro de la comunidad. *Boa imperator* presenta una dieta constituida por diferentes tipos de vertebrados, mientras que *Leptophis mexicanus* se alimenta principalmente de pequeños vertebrados, incluyendo lagartijas y anfibios. La presencia de estas especies evidencia la existencia de relaciones depredador-presa y contribuye al funcionamiento de los niveles tróficos superiores dentro de la comunidad de reptiles del área de estudio.

En términos generales, el predominio del gremio insectívoro, que concentró el 45% de las especies registradas, indica que una proporción importante de la comunidad de reptiles depende de los artrópodos como principal fuente de alimento. Esta condición resulta congruente con la presencia de vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia y pastizal cultivado, ambientes que ofrecen diversos microhábitats y recursos para las comunidades de invertebrados. La presencia complementaria de especies omnívoras, frugívoras y carnívoras evidencia, a su vez, el aprovechamiento de diferentes recursos alimenticios y una estructura trófica relativamente diversa dentro de la comunidad de reptiles registrada en el área de estudio.

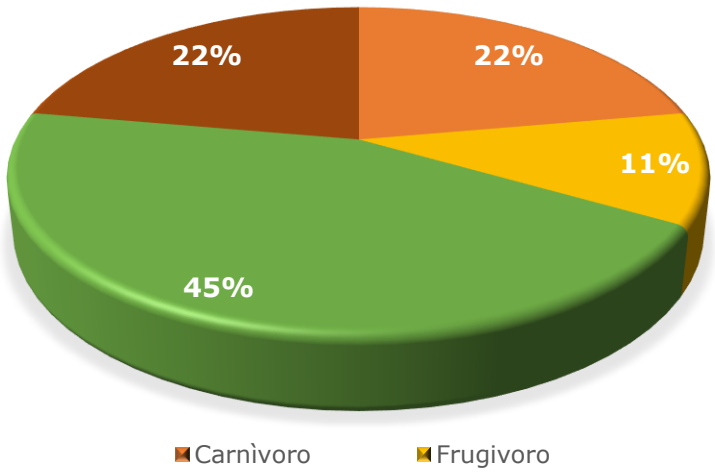


Imagen 3.76 Porcentaje de especies de reptiles por gremio trófico

Cuadro 3.130 Especies de reptiles registradas en el área de la Subcuenca, de acuerdo con su gremio trófico.

Nombre científico	Nombre común	Gremio alimenticio
Reptiles		
Basiliscus vittatus	Toloque rayado	Omnívoro
Anolis sericeus	Abaniquillo sedoso	Insectívoro
Hemidactylus frenatus	Geco casero comùn	Insectívoro
Ctenosaura acanthura	Iguana de cola espinosa del Golfo	Omnívoro
Iguana iguana	Iguana verde	Frugívoro
Sceloporus variabilis	Lagartija espinosa vientre rosado	Insectívoro
Aspidoscelis guttatus	Ticuiliche mexicano	Insectívoro
Boa imperator	Mazacuata	Carnívoro
Leptophis mexicanus	Culebra perico mexicana	Carnívoro

DISTRIBUCIÓN VERTICAL

La distribución vertical de los reptiles registrados durante el trabajo de campo evidenció el aprovechamiento de tres estratos principales: **terrestre, arborícola y semiarborícola.** El estrato arborícola presentó la mayor representación, con cuatro especies: *Anolis sericeus*, *Hemidactylus frenatus*, *Iguana iguana* y *Leptophis mexicanus*. El estrato terrestre estuvo integrado por *Sceloporus variabilis*, *Aspidoscelis guttatus* y *Boa imperator*, mientras que *Ctenosaura acanthura* y *Basiliscus vittatus* fueron consideradas especies semiarborícolas, debido a que utilizan tanto el sustrato terrestre como la vegetación para realizar diferentes actividades.

Las especies de hábitos terrestres fueron registradas principalmente sobre el suelo, entre la **hojarasca**, la **cobertura herbácea** y los **espacios abiertos del pastizal cultivado**, así como en senderos aprovechando el efecto de borde y claros presentes dentro de la vegetación secundaria de selva baja caducifolia. Estos ambientes proporcionan espacios adecuados para el desplazamiento, forrajeo, termorregulación y búsqueda de refugio.

Por su parte, las especies arborícolas aprovecharon principalmente la vegetación secundaria, utilizando arbustos, árboles de porte bajo, troncos, ramas y follaje como sitios de desplazamiento, alimentación, descanso y refugio. En el caso de *Ctenosaura acanthura* y *Basiliscus vittatus*, se observó un uso combinado de los estratos terrestre y arbustivo, al aprovechar tanto la superficie del suelo como troncos, ramas bajas y otros elementos de la vegetación, comportamiento que corresponde con su condición semiarborícola.

En conjunto, los resultados muestran que, aun cuando el área de estudio se encuentra constituida principalmente por vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia y pastizal cultivado, la estructura y heterogeneidad de estos ambientes generan diferentes condiciones de ocupación vertical. La presencia de especies terrestres, arborícolas y semiarbóreas evidencia el aprovechamiento de los distintos microhábitats disponibles, mientras que los senderos y espacios abiertos complementan la oferta de sitios utilizados para el desplazamiento, alimentación y termorregulación de la comunidad de reptiles registrada.

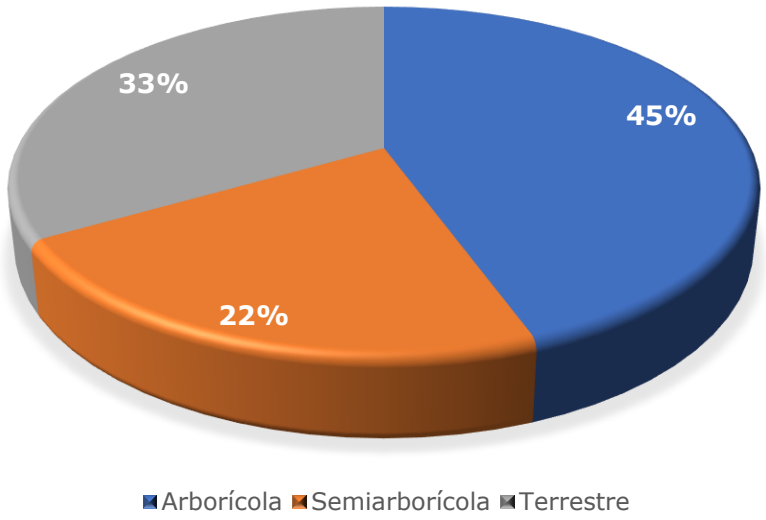


Imagen 3.77 Distribución porcentual de las especies de reptiles de acuerdo con su estrato de ocupación en el área de la Subcuenca.

Cuadro 3.131 Especies registradas de reptiles de acuerdo a su distribución vertical

Nombre científico	Nombre común	Distribución vertical
Reptiles		
Basiliscus vittatus	Toloque rayado	Semiarborícola
Anolis sericeus	Abaniquillo sedoso	Arborícola
Hemidactylus frenatus	Geco casero común	Arborícola
Ctenosaura acanthura	Iguana de cola espinosa del Golfo	Semiarborícola
Iguana iguana	Iguana verde	Arborícola
Sceloporus variabilis	Lagartija espinosa vientre rosado	Terrestre
Aspidoscelis guttatus	Ticuiliche mexicano	Terrestre
Boa imperator	Mazacuata	Terrestre
Leptophis mexicanus	Culebra perico mexicana	Arborícola

ESTADO DE CONSERVACIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN LOS REPTILES REGISTRADOS EN LA REGIÓN ECOLÓGICA

De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, durante los trabajos de campo se registraron cuatro especies de reptiles incluidas en alguna categoría de riesgo: *Ctenosaura acanthura* e *Iguana iguana*, clasificadas como Sujetas a protección especial (Pr), y *Boa imperator* y *Leptophis mexicanus*, clasificadas como Amenazadas (A). Por su parte, de acuerdo con la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), las nueve especies de reptiles registradas en el área de estudio se encuentran clasificadas en la categoría de Preocupación menor (LC, Least Concern).

En cuanto a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), *Iguana iguana* y *Boa imperator* se encuentran incluidas en el Apéndice II, mientras que *Ctenosaura acanthura* está comprendida en la inclusión de *Ctenosaura* spp. dentro del mismo Apéndice. En este último caso, la inclusión corresponde al nivel de género, por lo que comprende a las especies pertenecientes a dicho taxón. La inclusión en el Apéndice II implica que el comercio internacional de ejemplares de estas especies debe estar sujeto a controles que permitan asegurar que dicho aprovechamiento no represente una amenaza para su supervivencia.

Con respecto a su distribución geográfica, *Ctenosaura acanthura* y *Aspidoscelis guttatus* son especies endémicas de México, por lo que su distribución natural se encuentra restringida al territorio nacional. Esta condición incrementa la relevancia de su registro dentro del área de estudio, particularmente en el contexto de la evaluación ambiental, debido a que las poblaciones de especies endémicas dependen exclusivamente de los hábitats disponibles dentro de su área de distribución natural. Por ello, aun cuando alguna de estas especies no se encuentre necesariamente dentro de una categoría de riesgo a escala global, su presencia debe ser considerada dentro de las medidas de prevención, mitigación y manejo propuestas para el proyecto.

Nota taxonómica. La especie tradicionalmente identificada en México como *Boa constrictor* ha sido objeto de revisiones taxonómicas. Históricamente, las poblaciones de México y Centroamérica fueron consideradas como parte de la especie *Boa constrictor*, particularmente bajo la combinación *Boa constrictor imperator*. Sin embargo, análisis filogenéticos basados en marcadores moleculares sustentaron la diferenciación de este linaje y su reconocimiento como especie independiente, *Boa imperator* Daudin, 1803 (Reynolds et al., 2014). Estudios posteriores han respaldado esta separación y reconocen como *B. imperator* a las poblaciones distribuidas en México y Centroamérica.

Cuadro 3.132 Estado de conservación nacional e internacional y distribución de reptiles.

Nombre científico	Nombre común	NOM-059	IUCN	CITES	Distribución
Basiliscus vittatus	Toloque rayado	—	LC	—	N
Anolis sericeus	Abaniquillo sedoso	—	LC	—	N
Hemidactylus frenatus	Geco casero común	—	LC	—	Ex-In
Ctenosaura acanthura	Iguana de cola espinosa del Golfo	Pr	LC	Apéndice II	En
Iguana iguana	Iguana verde	Pr	LC	Apéndice II	N
Sceloporus variabilis	Lagartija espinosa vientre rosado	—	LC	—	N
Aspidoscelis guttatus	Ticuiliche mexicano	—	LC	—	En
Boa imperator	Mazacuata	A	LC	Apéndice II	N
Leptophis mexicanus	Culebra perico mexicana	A	LC	—	N

NOM-059-SEMARNAT-2010: Pr – Sujeta a protección especial; **IUCN**: LC – Least concern (Preocupación menor); **CITES**: Apéndice II - Incluye especies no necesariamente amenazadas de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse para evitar que así sea. También incluye especies que necesitan regularse por su similitud con otras. El comercio internacional se permite, pero bajo ciertos requisitos.
Distribución: N = Nativa; En = Endémica de México; Ex-In = Exótica-invasora.



Imagen 3.78 Individuo de *Boa imperator* registrado en la Región Ecológica, especie Amenazada (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

III.4.2.4.3 MAMÍFEROS

Mediante el uso de cámaras trampa no se obtuvieron registros fotográficos de mamíferos durante el periodo de muestreo. Este resultado **no** debe interpretarse como evidencia de la ausencia de este grupo en el área evaluada, debido a que la probabilidad de detección mediante fototrampeo puede estar influida por la abundancia, movilidad y horarios de actividad de las especies, así como por el uso de rutas de desplazamiento que no coincidan con el campo de detección de las cámaras. Por tanto, este resultado indica únicamente que no hubo detecciones mediante dicha técnica durante su periodo de operación. La presencia de mamíferos en la zona **fue documentada** mediante los demás métodos aplicados, incluidos la observación directa, la búsqueda de huellas y otros rastros, las trampas de captura y las redes de niebla.

ABUNDANCIA RELATIVA

Para el grupo de mamíferos se obtuvo una riqueza de ocho especies con un total de 33 registros, la especie con mayor abundancia relativa, con trece registros, con un índice de abundancia relativa (IAR) de 39.39% fue el Murciélago frutero de Jamaica (*Artibeus jamaicensis*), siendo una especie moderadamente común de acuerdo con el porcentaje obtenido, seguido de la especie de murciélago *Artibeus lituratus* con un porcentaje de 27.27%, sin embargo, por su porcentaje fue una especie escasa. Las seis especies restantes presentaron un valor de índice de abundancia relativa menor al 9%, las cuales fueron categorizadas como especies raras. En cuanto al uso de suelo y vegetación, se obtuvo un registro de huella de la especie *Procyon lotor* (mapache) para pastizal cultivado, las especies restantes fueron registradas para la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (Vsa/SBC).

Cuadro 3.133 Abundancia relativa de las especies de mamíferos registradas en el área de la Subcuenca Hidrológica.

Especie	Nombre común	Abundancia	Valor IAR (%)	Abundancia Relativa (IAR)
Artibeus jamaicensis	Murciélago frutero de Jamaica	13	39.39	Moderadamente común
Artibeus lituratus	Murciélago frutero gigante	9	27.27	Escasa
Rhogeessa tumida	Murciélago de ala amarilla	1	3.03	Rara
Sturnira hondurensis	Murciélago de charreteras mayor	2	6.06	Rara
Didelphis marsupialis	Tlacuache tropical	1	3.03	Rara
Philander vossi	Tlacuache cuatro ojos	1	3.03	Rara

Especie	Nombre común	Abundancia	Valor IAR (%)	Abundancia Relativa (IAR)
Procyon lotor	Mapache	3	9.09	Rara
Sciurus aureogaster	Ardilla vientre rojo	3	9.09	Rara

Categorías según su abundancia: abundante, 90 - 100%; común, 65 - 89%; moderadamente común, 31 - 64%; escasa 10-30 %; y rara, 1 - 9%.

Cuadro 3.134 Especies y número de individuos registrados en el área de la Subcuenca Hidrológica.

Especie	Nombre común	USV	
		Vsa/SBC	Pastizal C.
Orden Quiróptera			
Artibeus jamaicensis	Murciélago frutero de Jamaica	13	-
Artibeus lituratus	Murciélago frutero gigante	9	-
Rhogeessa tumida	Murciélago de ala amarilla	1	-
Sturnira hondurensis	Murciélago de charreteras mayor	2	-
Orden Didelphimorphia			
Didelphis marsupialis	Tlacuache tropical	1	
Philander vossi	Tlacuache cuatro ojos	1	-
Orden Carnívora			
Procyon lotor	Mapache	2	1
Orden Rodentia			
Sciurus aureogaster	Ardilla vientre rojo	3	-

ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE LOS MAMÍFEROS REGISTRADOS EN EL ÁREA DE PROYECTO

Durante los muestreos realizados para la caracterización de la mastofauna en el área de la Subcuenca, se registraron un total de **33 individuos** pertenecientes a **8 especies**. Con base en la riqueza específica y la abundancia relativa de las especies registradas, se estimaron los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H´) y Simpson, con la finalidad de evaluar la estructura y distribución de la comunidad de mamíferos presente en el área de proyecto.

El Índice de Shannon-Wiener presentó un valor de H´=1.751. De acuerdo con los criterios establecidos, este valor se encuentra dentro del intervalo de 0 a 2, correspondiente a una diversidad baja. El resultado obtenido, al presentar un valor no cercano al máximo de diversidad calculado para las especies registradas (H´máx=2.07), Lo anterior indica que las especies registradas se encuentran representadas de forma no uniforme dentro del muestreo. Esta falta de uniformidad

también se refleja en el índice de dominancia de Simpson, que obtuvo un valor de 0.2292 e indica la predominancia de algunas especies de mamíferos dentro del área. Por lo tanto, la comunidad de mamíferos registrada no presenta una estructura relativamente equilibrada.

En conjunto, los resultados de ambos índices indican que la comunidad de mamíferos registrada en el área estudiada presenta una diversidad baja, y con una dominancia de algunas especies, con una distribución no homogénea de los individuos entre las especies.

Cuadro 3.135 Valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson para la comunidad de mamíferos registrada en el área de la Subcuenca Hidrológica.

Grupo	Riqueza	Índice de Shannon-Wiener (H´)	H´max	Índice de Simpson (D)
Mamíferos	8	1.751	2.07	0.2292

Índice de Shannon-Wiener (H´): 0 – 2, Diversidad baja, 2 – 3.5: Diversidad media, >3.5 – 5: Diversidad alta.
Índice de Simpson: toma valores de entre 0 y 1 en los cuales 0 representa a todas las especies igualmente distribuidas y 1 donde solo domina una especie.

SUFICIENCIA DE MUESTREO

Para verificar la suficiencia o esfuerzo de muestreo empleado para el grupo de mamíferos, se elaboró una curva de acumulación de especies, mediante los números de Hill, a partir del orden q^0, a través de estimaciones de diversidad bajo un enfoque no-asintótico basado en la interpolación y extrapolación, respecto al tamaño de la muestra y cobertura del muestreo. De acuerdo con los resultados en la curva de acumulación se obtuvo un valor observado de 8 especies, con un nivel de confianza inferior de 5.4 y un superior de 10.6 y con una cobertura de muestreo de 82%, lo cual fue apropiado para el registro de las especies que potencialmente se encuentran en el sitio de Subcuenca.

Cuadro 3.136 Estimadores de riqueza y cobertura del muestreo para la comunidad de mamíferos.

Grupo	Diversidad	Diversidad de especies			Cobertura de muestreo		
		Observada	LCL	UCL	SC	LCL	UCL
Mamíferos	Riqueza de especies (q0)	8	5.4	10.6	0.911	0.821	1

Nota: LCL nivel de confianza inferior, UCL nivel de confianza superior, SC cobertura del muestreo

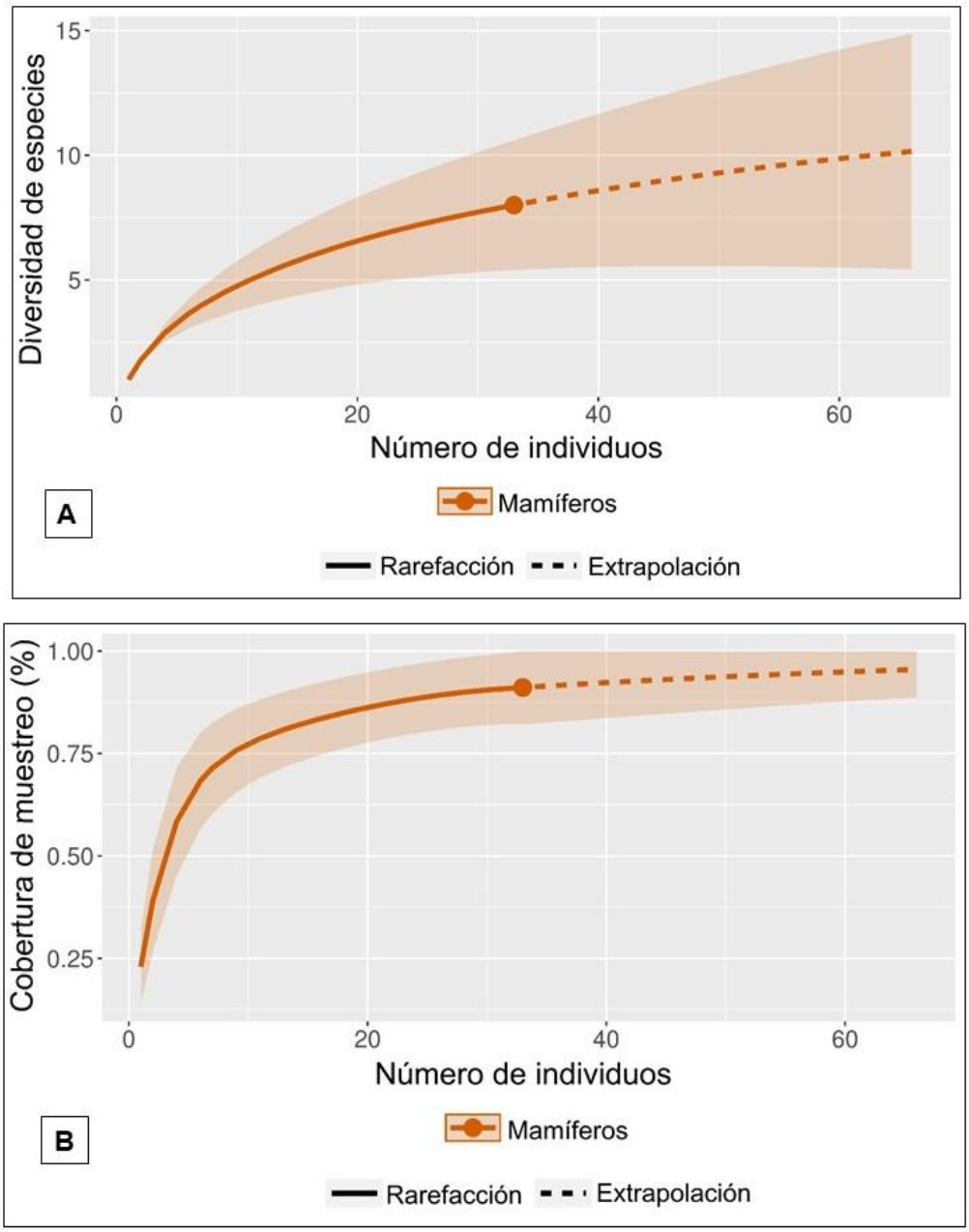


Imagen 3.79 Curva de acumulación: A) Diversidad de especies; B) Cobertura de muestreo.

SOCIABILIDAD

De acuerdo con el patrón de desplazamiento y organización social de las especies registradas, se establecieron tres categorías: solitario, correspondiente a aquellas especies en las que se observa un solo individuo; pareja, para las especies que presentan desplazamiento en pareja, independientemente de la época reproductiva; y gregaria, para aquellas especies que presentan una conformación de grupos de tres o más individuos. De acuerdo a lo encontrado en el área de estudio las especies

como, *Rhogeessa tumida, Didelphis marsupialis, Philander vossi*, *Procyon lotor* y *Sciurus aureogaster* se clasifican dentro de la categoría solitaria (63%), debido a que presentan predominantemente desplazamientos y actividades de manera individual.

Finalmente, *Artibeus jamaicensis*, *Artibeus lituratus* y *Sturnira hondurensis* se clasifican como especies gregarias (37%), debido a su capacidad para conformar agrupaciones de tres o más individuos, particularmente en actividades relacionadas con la alimentación, refugio y desplazamiento. En conjunto, las especies registradas presentan diferentes grados de asociación social, desde hábitos predominantemente solitarios hasta la formación de agrupaciones, lo que refleja la diversidad de estrategias de desplazamiento y organización social presentes en la comunidad de mamíferos registrada en el área de estudio.

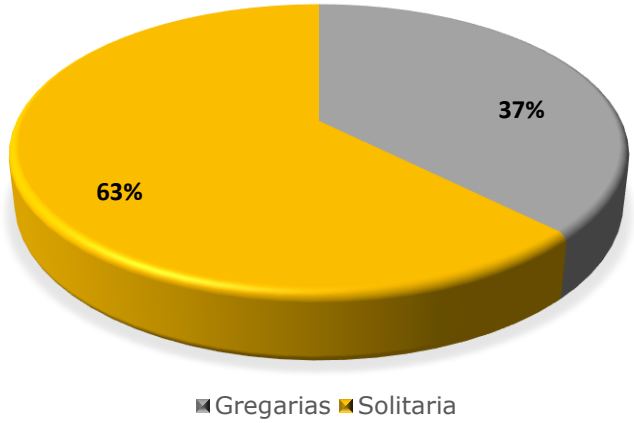


Imagen 3.80 Porcentaje de especies de mamíferos registrados de acuerdo con su comportamiento social.

GREMIOS TRÓFICOS

Para el grupo de los mamíferos, los gremios tróficos identificados fueron: el gremio frugívoro, insectívoro y omnívoro. De esta forma se puede ver que el gremio con mayor representación fue el de los omnívoros con un 50%, después con un 37% los frugívoros y el gremio con menor representación fue el de los insectívoros con un 13%.

La identificación de gremios tróficos fue realizada a través del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) por CONABIO, así como de literatura y bases de datos especializados en el grupo faunístico y específico para las especies registradas (Ceballos & Oliva, 2005; Aranda, 2012; Álvarez *et al*., 2015; Mammal Diversity Database, 2021).

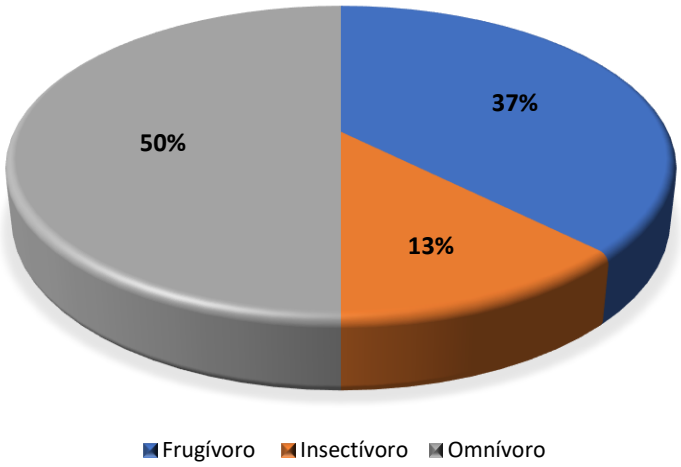


Imagen 3.81 Gremios tróficos identificados durante el muestreo de mamíferos registrados en la región ecológica.

DISTRIBUCIÓN VERTICAL

La distribución vertical de las especies de mamíferos registradas se determinó con base en el estrato de la vegetación en el que desarrollan principalmente sus actividades de desplazamiento, alimentación, refugio y descanso. Bajo este enfoque, se reconoció una diferenciación en el uso vertical del hábitat, con especies asociadas principalmente al estrato de sotobosque, al terrestre y al estrato arbóreo. Las especies como; *Philander vossi*, *Procyon lotor* y *Didelphis marsupialis,* están relacionadas principalmente con el estrato terrestre y la vegetación cercana al suelo, donde realizan principalmente actividades de desplazamiento y búsqueda de alimento. Para el caso de la ardilla de vientre rojo (*Sciurus aureogaster)* presenta una mayor asociación con el estrato arbóreo, ya que utiliza principalmente troncos, ramas y las copas de los árboles para su desplazamiento, alimentación y refugio. Por su parte, las especies de murciélagos registradas, *Artibeus jamaicensis*, *Artibeus lituratus*, *Sturnira hondurensis* y *Rhogeessa tumida* presentan una distribución predominantemente asociada con los estratos superiores de la vegetación, debido a sus hábitos de vuelo y al aprovechamiento de recursos disponibles en el dosel y estratos intermedios, incluyendo frutos, flores, néctar e insectos.

Cuadro 3.137 Distribución vertical de las especies de mamíferos dentro del área de la Región Ecológica.

Nombre científico	Nombre común	Distribución vertical
Artibeus jamaicensis	Murciélago frutero de Jamaica	Sotobosque
Artibeus lituratus	Murciélago frutero gigante	Sotobosque

Rhogeessa tumida	Murciélago de ala amarilla	Sotobosque
Sturnira hondurensis	Murciélago de charreteras mayor	Sotobosque
Didelphis marsupialis	Tlacuache tropical	Terrestre
Philander vossi	Tlacuache cuatro ojos	Terrestre
Procyon lotor	Mapache	Terrestre
Sciurus aureogaster	Ardilla vientre rojo	Arbóreo

En conjunto, las especies registradas presentan una distribución vertical diferenciada, evidenciando el aprovechamiento de distintos componentes estructurales de la vegetación. De las especies el 50% fueron en el estrato del sotobosque, el 37% se distribuyó en el estrato terrestre y, por último, el estrato arbóreo. Esta diferenciación en el uso del espacio permite la coexistencia de especies con distintos requerimientos ecológicos y contribuye a la utilización integral de los recursos disponibles dentro del área de estudio.

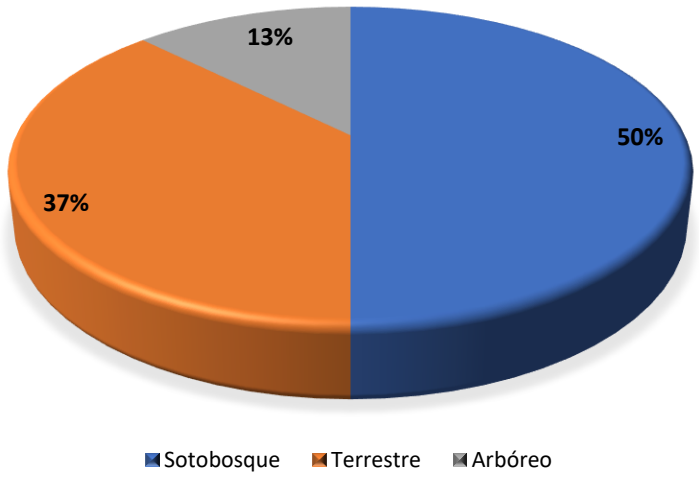


Imagen 3.82 Porcentaje de especies de mamíferos registradas de acuerdo al estrato en el que fueron encontrados.

ESTADO DE CONSERVACIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN MAMÍFEROS REGISTRADOS DENTRO DEL ÁREA DE LA SUBCUENCA.

De acuerdo con la clasificación del estado de conservación nacional designada por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, dentro del registro de especies de mamíferos no se encontró ninguna especie registrada en alguna categoría de riesgo. En lo que respecta a CITES, ninguna especie se encuentra dentro de un apéndice dentro de la convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora. Por último, de acuerdo con la Lista Roja de la IUCN, no se identificaron especies incluidas en alguna categoría de amenaza global.

Cuadro 3.138 Estatus de conservación nacional e internacional de las especies de mamíferos dentro del área de estudio.

Nombre científico	Nombre común	NOM-059	IUCN	CITES
Artibeus jamaicensis	Murciélago frutero de Jamaica	-	-	-
Artibeus lituratus	Murciélago frutero gigante	-	-	-
Rhogeessa tumida	Murciélago de ala amarilla	-	-	-
Sturnira hondurensis	Murciélago de charreteras mayor	-	-	-
Didelphis marsupialis	Tlacuache tropical	-	-	-
Philander vossi	Tlacuache cuatro ojos	-	-	-
Procyon lotor	Mapache	-	-	-
Sciurus aureogaster	Ardilla vientre rojo	-	-	-

III.4.2.4.4 AVES

ABUNDANCIA RELATIVA

Durante el muestreo se registró un total de **319 individuos**, correspondientes **a 25 familias y 48 especies de aves**. Cabe mencionar que la especie *S. decaocto* fue considerada dentro de la comunidad de aves debido a la presencia estable que esta especie mantiene en la zona, a pesar de que está catalogada como exótica-invasora, existen varios estudios científicos que nombran a la especie como residente, así lo presenta Martínez-Gómez *et al.,* (2016), pues mantiene una presencia estable dentro del área de estudio y utiliza la zona para desarrollar procesos biológicos, como la reproducción. La composición de la comunidad avifaunística presentó diferencias entre los tipos de vegetación evaluados. La mayor riqueza específica se registró en la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, donde se identificaron 34 especies y 161 individuos. En contraste, el área correspondiente a pastizal cultivado presentó una riqueza menor, con 27 especies, aunque registró una abundancia de 158 individuos.

Estos resultados indican que la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia presentó una mayor diversidad de especies y una abundancia ligeramente superior respecto al pastizal cultivado. La diferencia en la riqueza específica podría estar relacionada con las características estructurales de cada tipo de vegetación, particularmente con la disponibilidad y heterogeneidad de recursos que pueden favorecer la presencia de un mayor número de especies de aves.

Cuadro 3.139 Especies y número de individuos por tipo de vegetación dentro del área de estudio.

Nombre científico	Nombre común	Uso de suelo y vegetación	
		Vsa/SBC	PC
Dendrocygna autumnalis	Pijije alas blancas	5	10
Cairina moschata	Pato real		4
Ortalis vetula	Chachalaca oriental	5	
Streptopelia decaocto	Paloma de collar turca		4
Patagioenas flavirostris	Paloma morada	7	
Columbina inca	Tortolita cola larga	3	10
Columbina talpacoti	Tortolita canela	3	
Leptotila verreauxi	Paloma arroyera	5	
Crotophaga sulcirostris	Garrapatero pijuy	27	
Amazilia yucatanensis	Colibrí vientre canelo	4	
Aramus guarauna	Carrao		4
Aramides albiventris	Rascón nuca canela	3	
Jacana spinosa	Jacana norteña		5
Nannopterum brasilianum	Cormorán neotropical		3
Eudocimus albus	Ibis blanco		33
Egretta tricolor	Garza tricolor		1
Ardea alba	Garza blanca		6
Ardea ibis	Garza ganadera occidental		4
Tigrisoma mexicanum	Garza tigre mexicana	1	
Butorides virescens	Garcita verde		3
Coragyps atratus	Zopilote común	5	
Rupornis magnirostris	Aguililla caminera	3	1
Glaucidium brasilianum	Tecolote bajeño	3	
Herpetotheres cachinnans	Halcón guaco		1
Trogon melanocephalus	Coa cabeza negra	5	
Momotus lessonii	Momoto corona Negra	2	
Melanerpes aurifrons	Carpintero cheje	9	3
Dryocopus lineatus	Carpintero lineado	1	
Cyanocorax morio	Chara pea	1	
Thamnophilus doliatus	Batará barrado	4	
Pachyramphus aglaiae	Cabezón degollado	5	2
Megarynchus pitangua	Luis pico grueso	1	
Pitangus sulphuratus	Luis bienteveo	6	6
Myiozetetes similis	Luisito Común	5	3
Tyrannus melancholicus	Tirano pirirí	2	9
Myiarchus tuberculifer	Papamoscas triste	1	
Campylorhynchus zonatus	Matraca tropical	6	

Nombre científico	Nombre común	Uso de suelo y vegetación	
		Vsa/SBC	PC
Pheugopedius maculipectus	Saltapared moteado	3	2
Turdus grayi	Mirlo café	7	
Icterus gularis	Calandria dorso negro mayor	5	2
Molothrus aeneus	Tordo ojos rojos		5
Dives dives	Tordo cantor	2	5
Quiscalus mexicanus	Zanate mayor	6	10
Cardinalis cardinalis	Cardenal rojo		1
Volatinia jacarina	Semillero brincador		2
Sporophila morelleti	Semillero de collar	4	19
Saltator atriceps	Saltador cabeza negra	4	
Saltator grandis	Saltador gris mesoamericano	8	

Dentro del área de estudio, *Eudocimus albus* fue la especie con mayor número de individuos registrados, con un total de 33 organismos, equivalente al 10.34 % de la abundancia total de la comunidad avifaunística. En segundo lugar, se ubicó *Crotophaga sulcirostris*, con 27 individuos y una abundancia relativa de 8.46 %, mientras que *Sporophila morelleti* ocupó el tercer lugar, con 23 individuos, correspondientes al 7.21 %.

En conjunto, estas tres especies concentraron los mayores valores de abundancia relativa registrados durante el muestreo, lo que evidencia una mayor representatividad numérica de dichas especies dentro de la comunidad de aves evaluada en el área de la subcuenca. La predominancia de estas especies puede estar asociada con su capacidad para aprovechar las condiciones y recursos disponibles en los diferentes ambientes presentes dentro del área de estudio.

En el extremo opuesto, las especies con menor representación dentro de la comunidad avifaunística fueron aquellas que registraron únicamente un individuo durante el periodo de muestreo, correspondiendo a una abundancia relativa de 0.31 % para cada especie. Este grupo estuvo integrado por la Garza tigre (*Tigrisoma mexicanum*), el Papamoscas triste (*Myiarchus tuberculifer*), el Luis pico grueso (*Megarynchus pitangua*), el Halcón guaco (*Herpetotheres cachinnans*), la Garza tricolor (*Egretta tricolor*), el Carpintero lineado (*Dryocopus lineatus*), la Chara pea (*Cyanocorax morio*) y el Cardenal rojo (*Cardinalis cardinalis*).

La baja frecuencia de registro de estas especies refleja una participación reducida en términos de abundancia dentro del conjunto de aves documentado. Sin embargo, estos valores no necesariamente indican una baja importancia ecológica.

Cuadro 3.140 Abundancia relativa en la comunidad de aves dentro del área de estudio.

Nombre científico	Nombre común	Valor IAR (%)	Abundancia relativa (IAR)
Amazilia yucatanensis	Colibrí vientre canelo	1.25	Rara
Aramides albiventris	Rascón nuca canela	0.94	Rara
Aramus guarauna	Carrao	1.25	Rara
Ardea alba	Garza blanca	1.88	Rara
Ardea ibis	Garza ganadera occidental	1.25	Rara
Butorides virescens	Garcita verde	0.94	Rara
Cairina moschata	Pato real	1.25	Rara
Campylorhynchus zonatus	Matraca tropical	1.88	Rara
Cardinalis cardinalis	Cardenal rojo	0.31	Rara
Columbina inca	Tortolita cola larga	4.08	Rara
Columbina talpacoti	Tortolita canela	0.94	Rara
Coragyps atratus	Zopilote común	1.57	Rara
Crotophaga sulcirostris	Garrapatero pijuy	8.46	Rara
Cyanocorax morio	Chara pea	0.31	Rara
Dendrocygna autumnalis	Pijije alas blancas	4.7	Rara
Dives dives	Tordo cantor	2.19	Rara
Dryocopus lineatus	Carpintero lineado	0.31	Rara
Egretta tricolor	Garza tricolor	0.31	Rara
Eudocimus albus	Ibis blanco	10.34	Escasa
Glaucidium brasilianum	Tecolote bajeño	0.94	Rara
Herpetotheres cachinnans	Halcón guaco	0.31	Rara
Icterus gularis	Calandria dorso negro mayor	2.19	Rara
Jacana spinosa	Jacana norteña	1.57	Rara
Leptotila verreauxi	Paloma arroyera	1.57	Rara
Megarynchus pitangua	Luis pico grueso	0.31	Rara
Melanerpes aurifrons	Carpintero cheje	3.76	Rara
Molothrus aeneus	Tordo ojos rojos	1.57	Rara
Momotus lessonii	Momoto corona negra	0.63	Rara
Myiarchus tuberculifer	Papamoscas triste	0.31	Rara
Myiozetetes similis	Luisito común	2.51	Rara
Nannopterum brasilianum	Cormorán neotropical	0.94	Rara
Ortalis vetula	Chachalaca oriental	1.57	Rara
Pachyramphus aglaiae	Cabezón degollado	2.19	Rara
Patagioenas flavirostris	Paloma morada	2.19	Rara
Pheugopedius maculipectus	Saltapared moteado	1.57	Rara
Pitangus sulphuratus	Luis bienteveo	3.76	Rara
Quiscalus mexicanus	Zanate mayor	5.02	Rara

Nombre científico	Nombre común	Valor IAR (%)	Abundancia relativa (IAR)
Rupornis magnirostris	Aguililla caminera	1.25	Rara
Saltator atriceps	Saltador cabeza negra	1.25	Rara
Saltator grandis	Saltador gris mesoamericano	2.51	Rara
Sporophila morelleti	Semillero de collar	7.21	Rara
Streptopelia decaocto	Paloma de collar turca	1.25	Rara
Thamnophilus doliatus	Batará barrado	1.25	Rara
Tigrisoma mexicanum	Garza tigre mexicana	0.31	Rara
Trogon melanocephalus	Coa cabeza negra	1.57	Rara
Turdus grayi	Mirlo café	2.19	Rara
Tyrannus melancholicus	Tirano pirirí	3.45	Rara
Volatinia jacarina	Semillero brincador	0.63	Rara



Imagen 3.83 Ibis blanco (*Eudocimus albus*) la especie con mayor abundancia. Garza tigre mexicana (*Tigrisoma mexicanum*) una de las especies con un único registro.

La elevada abundancia registrada para el Ibis blanco (*Eudocimus albus*) podría estar relacionada con las características del hábitat presentes en el área de estudio. Esta especie presenta una asociación importante con ambientes como planicies lodosas, bordes de cuerpos de agua y otros ambientes abiertos, como el pastizal cultivado, los cuales proporcionan condiciones favorables para su alimentación (Hingtgen et al., 1985; Cornell Lab of Ornithology, 2026).

El registro de 33 individuos de *E. albus*, equivalente al 10.34 % de la abundancia total registrada, podría estar asociado con la presencia de ambientes abiertos y recursos

hídricos dentro o en las inmediaciones del área de estudio. Esta condición podría explicar, al menos parcialmente, la predominancia de la especie dentro de la comunidad avifaunística registrada. Sin embargo, esta interpretación debe considerarse como una posible relación ecológica, ya que la abundancia de una especie también puede estar influenciada por factores como la disponibilidad de alimento, las condiciones hidrológicas, la estructura del paisaje y la detectabilidad durante los muestreos (Martínez-Vilalta et al., 2012).

ÍNDICES DE DIVERSIDAD EN AVES REGISTRADOS DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO

En el área de estudio se registró un total de 319 individuos correspondientes a 48 especies de aves. La diversidad de la comunidad, estimada mediante el índice de Shannon-Wiener (H'), alcanzó un valor de 3.578, mientras que la diversidad máxima teórica fue de 3.897. La proximidad entre ambos valores sugiere que la comunidad presenta una alta equidad en la distribución de los individuos entre las especies registradas, con una estructura relativamente homogénea en términos de abundancia.

El valor obtenido indica que, aunque algunas especies presentaron una mayor representación numérica, estas no concentran una proporción suficientemente elevada de individuos como para generar una marcada dominancia dentro de la comunidad. En este sentido, la combinación de una riqueza de 48 especies y una elevada equidad refleja una comunidad avifaunística con una distribución relativamente balanceada de sus abundancias, lo que puede estar relacionado con la heterogeneidad de las condiciones ambientales y la disponibilidad de diferentes recursos dentro del área de estudio.

Cuadro 3.141 Índices de diversidad para aves en el área de estudio.

Grupo	Riqueza	Índice de Shannon-Wiener (H')	H' Máx.	Índice de Simpson (D)
Aves	48	3.578	3.897	0.03

Nota: Índice de Shannon-Wiener (H´): 0 – 2: Diversidad baja, 2 – 3.5: Diversidad media, >3.5 – 5: Diversidad alta. Índice de Simpson, este índice toma valores de entre 0 y 1 en los cuales 0 representa a todas las especies igualmente distribuidas y 1 donde solo domina una especie.

Por otra parte, el índice de dominancia de Simpson (D) obtuvo un valor de 0.03, lo que indica una baja probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar dentro de la comunidad pertenezcan a una misma especie dominante. Este resultado refleja una baja concentración de individuos en las especies más abundantes y, por

consiguiente, una distribución relativamente uniforme de la abundancia entre las especies registradas.

SUFICIENCIA DE MUESTREO EN AVES DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO

Con el propósito de determinar en qué medida el esfuerzo de muestreo permitió representar la comunidad de aves del área de estudio, se emplearon curvas de acumulación de especies y de cobertura de la muestra, considerando los números de Hill de orden q_0, los cuales corresponden a la riqueza específica. El análisis se desarrolló mediante un enfoque no asintótico que incorpora procedimientos de interpolación y extrapolación, permitiendo valorar la riqueza esperada en función del tamaño de la muestra y de la cobertura alcanzada.

Los resultados mostraron un registro de 48 especies observadas, con un intervalo de confianza de 42.57 a 53.49 especies. Por otra parte, la cobertura de la muestra presentó un valor de 0.97, lo que indica que **el inventario** obtenido **representa** aproximadamente **el 97 %** de la cobertura estimada de la comunidad bajo el modelo empleado.

En términos de representatividad, la elevada cobertura alcanzada indica que el esfuerzo de muestreo fue suficiente para obtener una caracterización confiable de la riqueza específica registrada durante el periodo de estudio. La posibilidad de incorporar nuevas especies mediante un mayor esfuerzo de muestreo no puede descartarse, particularmente aquellas con bajas abundancias, distribución restringida o menor probabilidad de detección; sin embargo, su eventual incorporación tendría una contribución limitada respecto al conjunto de especies ya documentadas. Por lo tanto, los resultados obtenidos proporcionan un nivel adecuado de confianza para interpretar la composición y riqueza de la comunidad avifaunística evaluada.

Cuadro 3.142 Estimaciones de diversidad bajo un enfoque no-asintótico.

Grupo	Diversidad	Diversidad de especies			Cobertura de muestreo		
		Observadas	LCL	UCL	SC	LCL	UCL
Aves	Riqueza de especies (q^0) ALTA	48	42.57	53.49	0.97	0.95	0.99

Nota: LCL nivel de confianza inferior, UCL nivel de confianza superior, SC cobertura del muestreo.

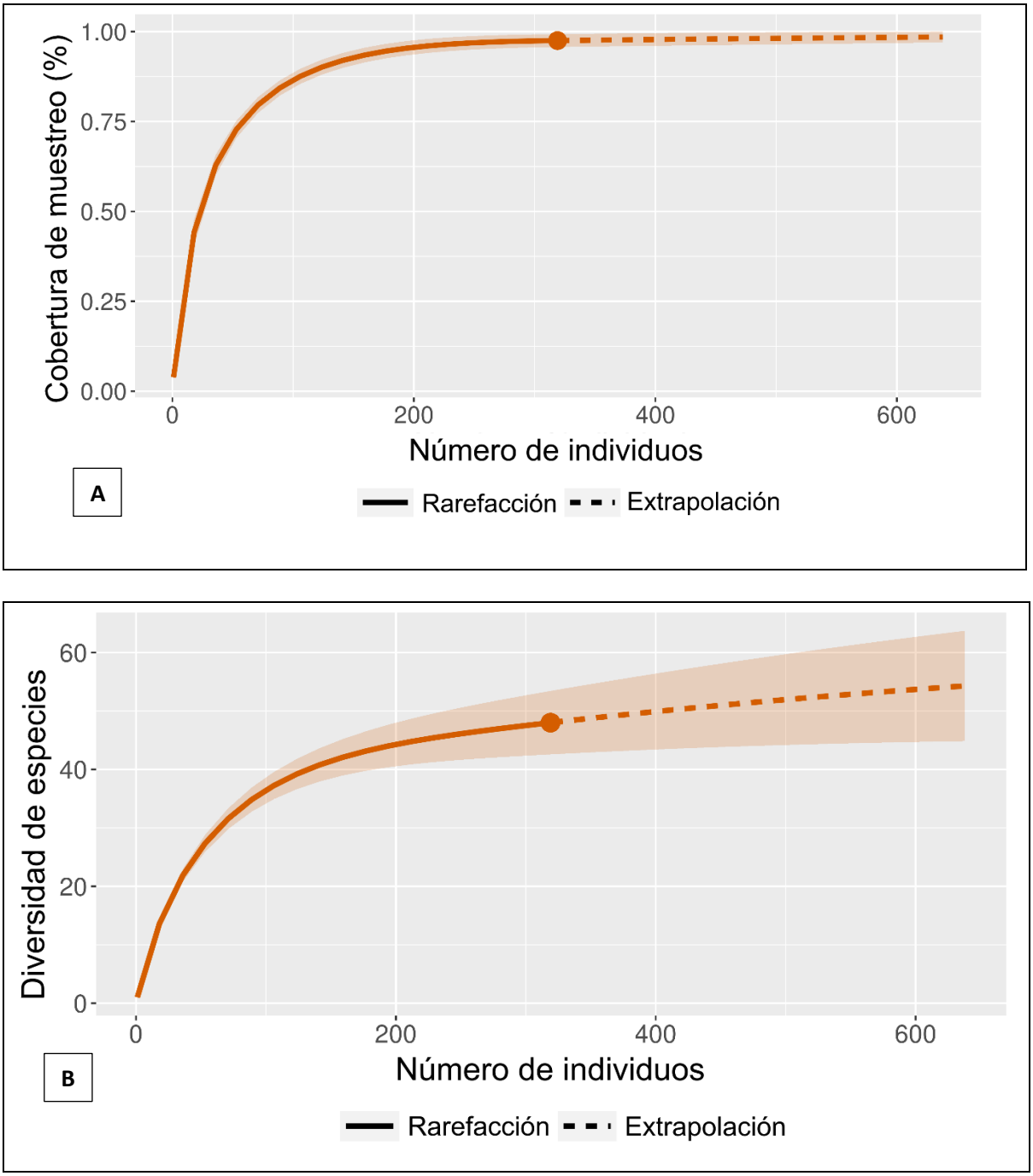


Imagen 3.84 A) Cobertura de muestreo B) Curva de acumulación de especies.

SOCIABILIDAD

Como parte de la caracterización ecológica de la avifauna, se registraron aspectos relacionados con el comportamiento social de las especies, considerando su tendencia a presentarse de manera solitaria, en pareja o formando agrupaciones gregarias. De las 48 especies registradas, 24 especies (50%) presentaron

predominantemente hábitos solitarios, constituyendo la categoría mejor representada; 20 especies (42%) fueron clasificadas como gregarias, mientras que cuatro especies (8%) mostraron una tendencia a presentarse principalmente en pareja.

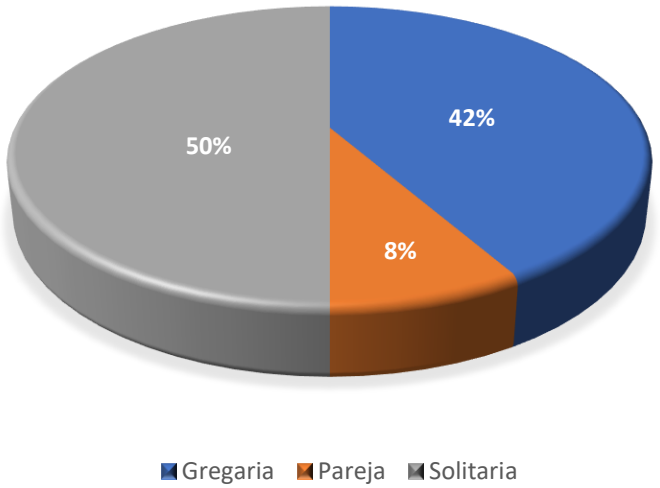


Imagen 3.85 Sociabilidad de la avifauna en el área de estudio.

La clasificación de las especies de acuerdo con su grado de sociabilidad debe interpretarse como una condición flexible y susceptible de cambios temporales, debido a que la organización social de las aves puede modificarse en función de las condiciones ambientales y de sus requerimientos biológicos. Factores como el periodo reproductivo, los movimientos migratorios, la disponibilidad y distribución espacial de los recursos alimentarios, así como las estrategias de forrajeo y las respuestas ante el riesgo de depredación, pueden influir directamente en el tamaño y composición de los grupos.

En este sentido, una misma especie puede presentar diferentes patrones de agrupamiento a lo largo del año. Durante la época reproductiva es frecuente que algunas especies adopten comportamientos solitarios o se mantengan principalmente en pareja, mientras que durante los periodos no reproductivos pueden incrementar su tendencia a formar grupos, particularmente cuando las condiciones favorecen la concentración de recursos o proporcionan ventajas relacionadas con la búsqueda de alimento y la protección frente a depredadores (Stevenson et al., 2019).

GREMIOS TRÓFICOS EN AVES DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO

La comunidad avifaunística registrada en el área de la subcuenca presentó una composición trófica diversa, representada por ocho gremios alimenticios. Entre ellos, el gremio de las especies **omnívoras** fue el más representativo, al comprender el 37 % del total de especies registradas. Esta proporción indica que una parte importante de la comunidad está constituida por especies capaces de incorporar diferentes tipos de recursos alimentarios en su dieta. La predominancia del gremio omnívoro podría reflejar la disponibilidad de una variedad de recursos tróficos dentro del área de estudio y la capacidad de determinadas especies para aprovechar los recursos presentes en los diferentes tipos de vegetación evaluados.

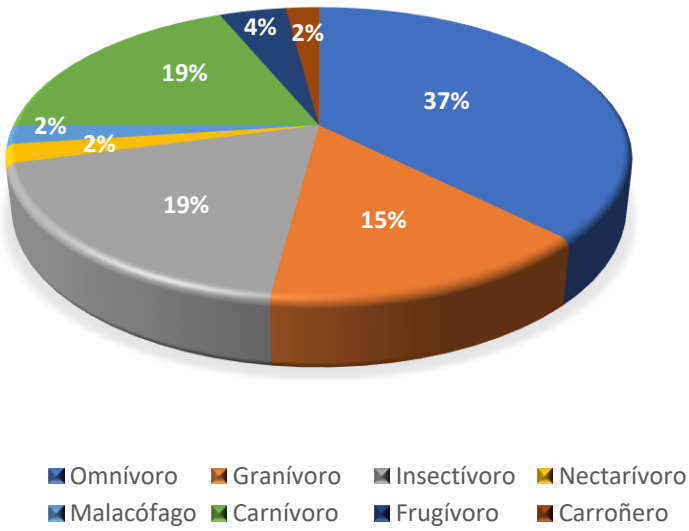


Imagen 3.86 Gremios tróficos en la comunidad de aves dentro de estudio.

En contraste, los gremios con menor representación dentro de la comunidad de aves correspondieron a los **nectarívoros, carroñeros y malacófagos**, ambos con una representación del **2 % del total** de especies registradas. El gremio malacófago estuvo representado por *Aramus guarauna*, especie cuya alimentación se encuentra estrechamente asociada con la disponibilidad de **moluscos**, particularmente **caracoles acuáticos** (Sandoval y García-Reynoza, 2019).

El gremio de los **nectarívoros** estuvo representado por el Colibrí vientre canelo (*Amazilia yucatanensis*), cuya alimentación se encuentra estrechamente vinculada con la disponibilidad de recursos florales. Debido a sus requerimientos energéticos y a su dependencia del néctar como fuente importante de alimento, la distribución y abundancia de las plantas con flores pueden influir en el uso que esta especie realiza de los diferentes tipos de vegetación (Medina-van Berkum et al., 2016).

En el presente estudio, *A. yucatanensis* estuvo representada por cuatro individuos, lo que representa una baja abundancia dentro de la comunidad avifaunística. Este resultado podría estar relacionado con una disponibilidad limitada o una distribución poco favorable de los recursos florales durante el periodo de muestreo. Asimismo, la baja frecuencia de registro podría estar influenciada por factores como la temporalidad de la floración, los patrones de movimiento de la especie y su detectabilidad durante los recorridos.

DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LA COMUNIDAD DE AVES DENTRO DEL ESTUDIO

La caracterización de la distribución vertical de la avifauna permite evaluar el uso diferencial de los estratos y componentes estructurales de la vegetación, proporcionando información complementaria a los parámetros convencionales de riqueza y abundancia. La estratificación vertical constituye un componente relevante en la organización de las comunidades de aves, debido a que las especies pueden presentar diferencias en el uso del espacio vertical en función de sus requerimientos de alimentación, refugio, desplazamiento y otras características ecológicas (Walther, 2002; Chmel et al., 2016). Asimismo, la estructura y disponibilidad del follaje pueden relacionarse con variaciones en la riqueza, abundancia y diversidad de las aves entre diferentes estratos de la vegetación. En este sentido, considerar la dimensión vertical permite obtener una caracterización más integral del uso del hábitat por parte de la comunidad de aves registrada en el área de estudio (Basham et al., 2023).

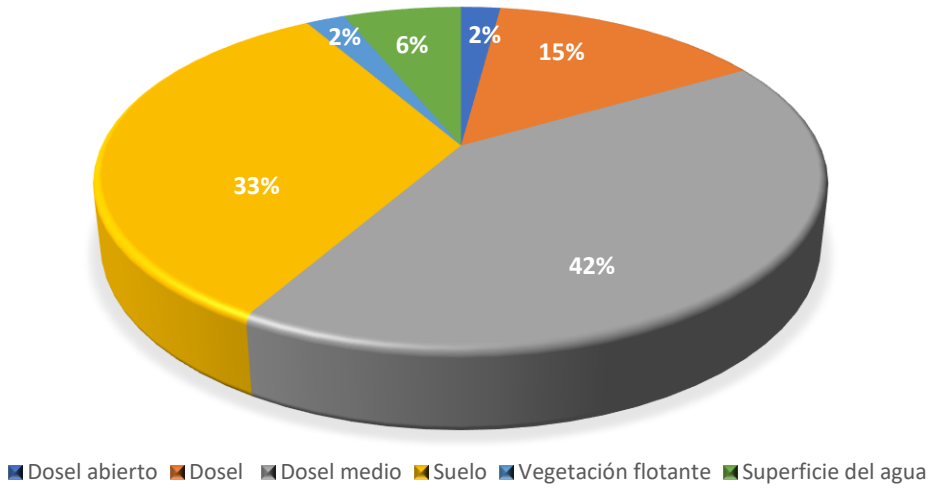


Imagen 3.87 Distribución vertical de las aves dentro del área de estudio

ESTADO DE CONSERVACIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN LA AVIFAUNA DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO

De acuerdo con la clasificación de las especies de flora y fauna silvestres en alguna categoría de riesgo establecida en la NOM-059-SEMARNAT-2010, dentro de la comunidad de aves registrada en el área de estudio se identificaron **tres especies incluidas** en alguna categoría de riesgo: el **Pato real** (*Cairina moschata*) en la categoría de **Peligro de extinción (P),** el **Carrao** (*Aramus guarauna*) como especie **Amenazada (A)** y la **Garza tigre mexicana** (*Tigrisoma mexicanum*) en la categoría como **Sujeta a protección especial (Pr).**

Respecto al estado de conservación a nivel internacional, de acuerdo con la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2026), las 48 especies de aves registradas en el área de estudio se encuentran clasificadas en la categoría Preocupación Menor (LC). Esta categoría corresponde a especies que, con base en la información disponible y los criterios de evaluación de la IUCN, no cumplen actualmente con los criterios establecidos para ser consideradas dentro de alguna de las categorías de mayor riesgo de extinción.

Por otra parte, de acuerdo con la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2026), se identificaron seis especies incluidas en el **Apéndice II:** el Colibrí vientre canelo (*Amazilia yucatanensis*), el Aguililla caminera (*Rupornis magnirostris*), el Tecolote bajeño (*Glaucidium brasilianum*) y el Halcón guaco (*Herpetotheres cachinnans*), Asimismo, el Pijije alas blancas (*Dendrocygna autumnalis*) y el Pato real (*Cairina moschata*) se encuentran incluidos en el **Apéndice III.**

La inclusión de estas especies en los apéndices de CITES corresponde a mecanismos de regulación y control del comercio internacional de especímenes de fauna silvestre, por lo que su presencia en dichos apéndices no debe interpretarse, por sí misma, como evidencia de que las especies se encuentren amenazadas o en riesgo de extinción a nivel internacional.

Cuadro 3.143 Estado de conservación de las especies según la NOM-059-SEMARNAT-2010, IUCN y CITES

Nombre científico	Nombre común	NOM -059	IUCN	CITES	Distribución
Dendrocygna autumnalis	Pijije alas blancas		LC	Apéndice III	N
Cairina moschata	Pato Real	P	LC	Apéndice III	N

Nombre científico	Nombre común	NOM -059	IUCN	CITES	Distribución
Ortalis vetula	Chachalaca oriental		LC		N
Streptopelia decaocto	Paloma de collar turca		LC		Ex-In
Patagioenas flavirostris	Paloma morada		LC		N
Columbina inca	Tortolita Cola Larga		LC		N
Columbina talpacoti	Tortolita Canela		LC		N
Leptotila verreauxi	Paloma Arroyera		LC		N
Crotophaga sulcirostris	Garrapatero pijuy		LC		N
Amazilia yucatanensis	Colibrí Vientre Canelo		LC	Apéndice II	
Aramus guarauna	Carrao	A	LC		N
Aramides albiventris	Rascón nuca canela		LC		N
Jacana spinosa	Jacana norteña		LC		N
Nannopterum brasilianum	Cormorán neotropical		LC		N
Eudocimus albus	Ibis blanco		LC		N
Egretta tricolor	Garza Tricolor		LC		N
Ardea alba	Garza blanca		LC		N
Ardea ibis	Garza ganadera occidental		LC		Ex-In
Tigrisoma mexicanum	Garza Tigre Mexicana	Pr	LC		N
Butorides virescens	Garcita verde		LC		N
Coragyps atratus	Zopilote común		LC		N
Rupornis magnirostris	Aguililla caminera		LC	Apéndice II	N
Glaucidium brasilianum	Tecolote bajeño		LC	Apéndice II	N
Herpetotheres cachinnans	Halcón Guaco		LC	Apéndice II	N
Trogon melanocephalus	Coa Cabeza Negra		LC		N
Momotus lessonii	Momoto Corona Negra		LC		N
Melanerpes aurifrons	Carpintero cheje		LC		N
Dryocopus lineatus	Carpintero Lineado		LC		N
Cyanocorax morio	Chara Pea		LC		N
Thamnophilus doliatus	Batará Barrado		LC		N

Nombre científico	Nombre común	NOM -059	IUCN	CITES	Distribución
Pachyramphus aglaiae	Cabezón Degollado		LC		N
Megarynchus pitangua	Luis Pico Grueso		LC		N
Pitangus sulphuratus	Luis bienteveo		LC		N
Myiozetetes similis	Luisito Común		LC		N
Tyrannus melancholicus	Tirano piriri		LC		N
Myiarchus tuberculifer	Papamoscas Triste		LC		N
Campylorhynchus zonatus	Matraca Tropical		LC		N
Pheugopedius maculipectus	Saltapared Moteado		LC		N
Turdus grayi	Mirlo café		LC		N
Icterus gularis	Calandria dorso negro mayor		LC		N
Molothrus aeneus	Tordo Ojos Rojos		LC		N
Dives dives	Tordo cantor		LC		N
Quiscalus mexicanus	Zanate mayor		LC		N
Cardinalis cardinalis	Cardenal Rojo		LC		N
Volatinia jacarina	Semillero Brincador		LC		N
Sporophila morelleti	Semillero de collar		LC		N
Saltator atriceps	Saltador cabeza negra		LC		N
Saltator grandis	Saltador gris mesoamericano		LC		N

NOM-059-SEMARNAT-2010: Pr – Sujeta a protección especial; IUCN: LC – Least concern (Preocupación menor); CITES: Apéndice II - Incluye especies no necesariamente amenazadas de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse para evitar que así sea. También incluye especies que necesitan regularse por su similitud con otras. El comercio internacional se permite, pero bajo ciertos requisitos.
Distribución: N = Nativa; En = Endémica de México; Ex-In = Exótica-invasora.

III.4.2.5 CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS DE FAUNA EN LA REGIÓN ECOLÓGICA

III.4.2.5.1 ANFIBIOS Y REPTILES

La caracterización de la herpetofauna realizada en la Subcuenca Hidrológica El Tejar, permitió registrar una comunidad conformada por especies de anfibios y reptiles con diferentes estrategias de ocupación del espacio, alimentación y uso de los recursos

disponibles. Los resultados obtenidos ponen en evidencia que, a pesar de que el área presenta cierto grado de perturbación derivando en la presencia de vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, pastizal cultivado, persisten condiciones ambientales capaces de sostener una comunidad representativa de herpetofauna.

En el caso de los anfibios, se registraron cuatro especies, con representación tanto de hábitos terrestres como arborícolas. Esta composición evidencia el aprovechamiento de diferentes microhábitats presentes en el área, particularmente aquellos asociados con la cobertura vegetal, la hojarasca y sitios con condiciones de humedad favorables. La presencia de especies arborícolas como *Agalychnis callidryas* y *Smilisca baudini*, junto con especies terrestres como *Leptodactylus melanonotus* e *Hypopachus ustus*, refleja la disponibilidad de diferentes estratos y condiciones microambientales dentro de la vegetación secundaria y las áreas abiertas. Asimismo, los valores obtenidos para la suficiencia del muestreo indican que el esfuerzo realizado permitió representar adecuadamente la comunidad de anfibios presente en el área evaluada.

Para el grupo de los reptiles, se registraron nueve especies, correspondientes a diferentes estrategias de ocupación vertical, desde especies predominantemente terrestres hasta especies arborícolas y semiarborícolas. El predominio del gremio insectívoro evidencia la importancia de los artrópodos como recurso alimenticio dentro del área de estudio, mientras que la presencia de especies omnívoras, frugívoras y carnívoras demuestra un aprovechamiento diversificado de los recursos disponibles. La elevada cobertura de muestreo obtenida para este grupo indica que el inventario alcanzó una representación alta de la comunidad y que la probabilidad de que exista un número considerable de especies no detectadas durante el muestreo es baja.

En conjunto, la comunidad de anfibios y reptiles registrada presenta una composición funcionalmente diversa, con especies que utilizan diferentes estratos de la vegetación y distintos recursos alimenticios. La vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia constituye un componente fundamental para la disponibilidad de refugios, sitios de alimentación y áreas de termorregulación, mientras que el pastizal cultivado y los espacios abiertos asociados con los senderos aportan otros microhábitats que son utilizados por determinadas especies. Esta heterogeneidad, aun cuando se desarrolla en un ambiente con cierto grado de perturbación, permite la coexistencia de especies con requerimientos ecológicos diferenciados.

Finalmente, aunque los resultados obtenidos permiten considerar que el esfuerzo de muestreo fue adecuado para caracterizar la comunidad de anfibios y reptiles en el

área de la Subcuenca, la presencia de especies de hábitos crípticos, baja abundancia o actividad temporal implica que no puede descartarse completamente la ocurrencia de más especies. En este sentido, los resultados deben interpretarse como una representación de la comunidad detectable bajo las condiciones y periodo en que se efectuaron los trabajos de campo, y constituyen una base técnica adecuada para establecer las medidas de prevención, mitigación y manejo de fauna silvestre correspondientes al proyecto.

III.4.2.5.2 MAMÍFEROS

La comunidad de mamíferos registrada en el área de estudio presentó una riqueza de 8 especies y 33 registros, con una diversidad baja (H´ = 1.751) y dominancia de algunas especies, principalmente *Artibeus jamaicensis*. La cobertura de muestreo del 82% indica un esfuerzo adecuado para caracterizar la mastofauna presente. La comunidad mostró una composición funcional diversa, con predominio de especies omnívoras (50%) y una mayor asociación con el estrato de sotobosque (50%), seguida del terrestre y arbóreo. Asimismo, se identificaron principalmente especies de hábitos solitarios (63%), evidenciando diferentes estrategias de uso del hábitat y organización social. Finalmente, ninguna de las especies registradas se encuentra incluida en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 ni en los apéndices de CITES; asimismo, no se identificaron especies incluidas en categorías de amenaza global conforme a la Lista Roja de la IUCN. En conjunto, los resultados reflejan una comunidad con baja diversidad y distribución no uniforme, pero con aprovechamiento diferenciado de los recursos y estratos de la vegetación presentes en el área.

III.4.2.5.3 AVES

La comunidad de aves registrada en el área de estudio presentó una alta diversidad (H' = 3.578) y baja dominancia (D = 0.03), lo que refleja una distribución relativamente equitativa de las abundancias y la ausencia de una marcada dominancia por parte de una o pocas especies. Aunque algunas especies alcanzaron abundancias de hasta 33 individuos, las abundancias relativas mostraron una distribución comparativamente homogénea entre las especies que integraron la comunidad.

La cobertura del muestreo, estimada en 97%, indica que el esfuerzo realizado permitió caracterizar de manera adecuada una proporción importante de la comunidad de aves presente durante el periodo de estudio. Sin embargo, el porcentaje restante sugiere la posible presencia de especies adicionales de baja detectabilidad, ocurrencia ocasional o temporal, por lo que un incremento en el esfuerzo de muestreo podría incorporar nuevos registros sin modificar necesariamente los principales patrones ecológicos observados.

En cuanto a la estructura trófica, el gremio omnívoro fue el mejor representado, concentrando el 37% de las especies registradas. La predominancia de este gremio puede relacionarse con la presencia de especies con hábitos alimentarios generalistas y capacidad para aprovechar una amplia variedad de recursos.

Respecto al estado de conservación, se identificaron tres especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010: una en la categoría En peligro de extinción (P), una como Amenazada (A) y otra Sujeta a protección especial (Pr), Asimismo, se registraron seis especies incluidas en los Apéndices II y III de CITES. La inclusión de estas especies en dichos apéndices corresponde a mecanismos de regulación y control del comercio internacional, por lo que su presencia en dichos apéndices no debe interpretarse, por sí misma, como evidencia de que las especies se encuentren amenazadas o en riesgo de extinción a nivel internacional. Por su parte, todas las especies registradas se encuentran clasificadas como de Preocupación Menor (LC) conforme a la IUCN.

Evidencia fotográfica de las especies de vertebrados terrestres registradas en la Región Ecológica.

Anfibios



Leptodactylus melanonotus **(Ranita de hojarasca)**



Agalychnis callidryas **(Rana de árbol de ojos rojos)**



Smilisca baudini **(Rana arborícola mexicana)**



Hypopachus ustus **(Sapo boca angosta huasteco)**

Reptiles



Basiluscus vittatus **(Toloque rayado)**



Anolis sericeus **(Abaniquillo sedoso)**



Ctenosaura acanthura **(Iguana de cola espinosa del Golfo)**



Iguana iguana **(Iguana verde)**



Sceloporus variabilis **(Lagartija espinosa vientre rosado)**



Aspidoscelis guttatus **(Ticuiliche mexicano)**



***Boa imperator* (Mazacuata)**



***Leptophis mexicanus* (Culebra perico mexicana)**

Mamíferos



Murciélago frutero gigante (*Artibeus lituratus)*



Murciélago frutero de Jamaica *(Artibeus jamaicensis)*



Murciélago de charreteras mayor *(Sturnira hondurensis)*



Murciélago de ala amarilla *(Rhogeessa tumida)*



Tlacuache Tropical *(Didelphis marsupialis)*



Tlacuache cuatro ojos *(Philander vossi*)





Mapache (*Procyon lotor*)

Aves



Pato real
(*Cairina moschata*)



Colibrí vientre canelo
(*Amazilia yucatanensis*)



Garza tigre mexicana
(*Tigrisoma mexicanum*)



Zopilote común
(*Coragyps atratus*)



Tirano pirirí
(*Tyrannus melancholicus*)



Tortolita cola larga
(*Columbina inca*)



Saltapared moteado
(*Pheugopedius maculipectus*)



Trogon cabeza negra
(*Trogon melanocephalus*)



Chachalaca oriental
(*Ortalis vetula*)



Jacana norteña
(*Jacana spinosa*)

Con base en la evidencia analizada, se concluye que el CUSTF producirá una afectación directa y localizada sobre el componente flora, pero no comprometerá la riqueza, composición ni continuidad regional de las especies registradas en la VSa/SBC de la RE. En este sentido, la afectación resulta ambientalmente manejable y compatible con la conservación regional del ecosistema de referencia.

Con base en la evidencia analizada, se concluye que el CUSTF producirá una afectación directa y localizada sobre el componente flora, pero no comprometerá la riqueza, composición ni continuidad regional de las especies registradas en la VSa/SBC de la RE. En este sentido, la afectación resulta ambientalmente manejable y compatible con la conservación regional del ecosistema de referencia.

III.4.2.6 CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA EN EL ÁREA DEL PROYECTO

La caracterización de la fauna silvestre del Área del Proyecto (AP) se realizó a partir de los registros obtenidos durante los trabajos de campo, con el propósito de identificar la composición y presencia de los principales grupos de vertebrados terrestres asociados a las condiciones actuales del sitio. El análisis se enfocó en **anfibios, reptiles, aves y mamíferos**, considerando las características de cobertura y uso del suelo presentes en el predio, conformado principalmente por **pastizal cultivado y dos fragmentos de Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC)** correspondientes a las superficies propuestas para CUSTF.

Los resultados obtenidos en el AP se interpretan en relación con el contexto faunístico previamente caracterizado para la **Región Ecológica (RE)**, particularmente con las especies cuya distribución potencial comprende el municipio de Medellín de Bravo y las áreas ambientalmente comparables. Esta referencia regional permite valorar si las especies registradas en el proyecto corresponden a elementos faunísticos representativos del entorno y establecer posteriormente su relación con las condiciones de conservación y transformación del hábitat.

La presencia y abundancia de las especies registradas se encuentran condicionadas por las características actuales del sitio, su grado de perturbación, disponibilidad de recursos, movilidad y comportamiento de los organismos, así como por las condiciones particulares existentes durante el periodo de muestreo. En consecuencia, los registros obtenidos representan la fauna efectivamente detectable durante los trabajos de campo, mientras que la ausencia de determinadas especies potenciales no debe interpretarse por sí misma como evidencia de ausencia absoluta en el área.

A partir de los registros obtenidos se presenta a continuación la **composición faunística del Área del Proyecto**, seguida del análisis de riqueza, abundancia, diversidad y representatividad de los grupos estudiados, así como de la identificación de las especies que presentan algún criterio de protección o conservación a nivel nacional e internacional.

III.4.2.7 MÉTODO DE MUESTREO Y EVALUACIÓN DE LA SUFICIENCIA DEL MUESTREO POR GRUPO FAUNÍSTICO EN EL ÁREA DEL PROYECTO

III.4.2.7.1 DISEÑO DE MUESTREO

El trabajo de campo se realizó durante dos temporadas, correspondientes al **periodo seco (21 de marzo–11 de abril de 2026)** y al **periodo de lluvias (18 de julio–7 de agosto de 2026)**. El diseño de muestreo consideró los ciclos biológicos, patrones de actividad, requerimientos de hábitat y condiciones ambientales del área, apoyándose en el análisis de imágenes satelitales, modelo digital de elevación y cartografía de uso de suelo y vegetación.

La selección de los sitios para el establecimiento de transectos y colocación de trampas se realizó con base en las características de la vegetación y las condiciones del terreno, con la finalidad de obtener una muestra representativa de los diferentes ambientes presentes dentro del área del proyecto. Para ello, se se establecieron

transectos y sitios de trampeo en áreas representadas por Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (Vsa/SBC) que corresponden al CUSTF y de igual forma se realizó en el resto del predio representado por Pastizal cultivado.

Debido a la movilidad de la fauna silvestre y a que los límites de distribución y desplazamiento de los organismos no necesariamente coinciden con la delimitación administrativa de la superficie sujeta a cambio de uso de suelo, el muestreo comprendió tanto la Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (correspondiente a la superficie de CUSTF) como áreas contiguas de pastizal cultivado presentes dentro del predio. La inclusión de este ambiente complementario tuvo como finalidad registrar especies que pudieran utilizar temporalmente la superficie de CUSTF como zona de desplazamiento, descanso, refugio, alimentación o tránsito entre ambientes. Por esta razón, los resultados se presentan diferenciando los registros obtenidos en la superficie de CUSTF, los correspondientes al pastizal cultivado y, cuando procede, los valores integrados para el área total evaluada.



Imagen 3.88 Uso de suelo y vegetación presentes en el área de proyecto: A) y B) Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia; C) y D) Pastizal cultivado.

Una vez hecho esto, se llevaron a cabo los muestreos de manera sistemática, con la finalidad de cumplir los objetivos de cada método y analizar la información con suficiencia estadística. Durante los muestreos se llevó a cabo el registro de las especies, coordenada de inicio y coordenada final de cada transecto, tipo y características de la vegetación y número de individuos observados o escuchados. En los apartados subsecuentes, se presentan los métodos específicos para cada grupo de vertebrados (anfibios, reptiles, mamíferos y aves).

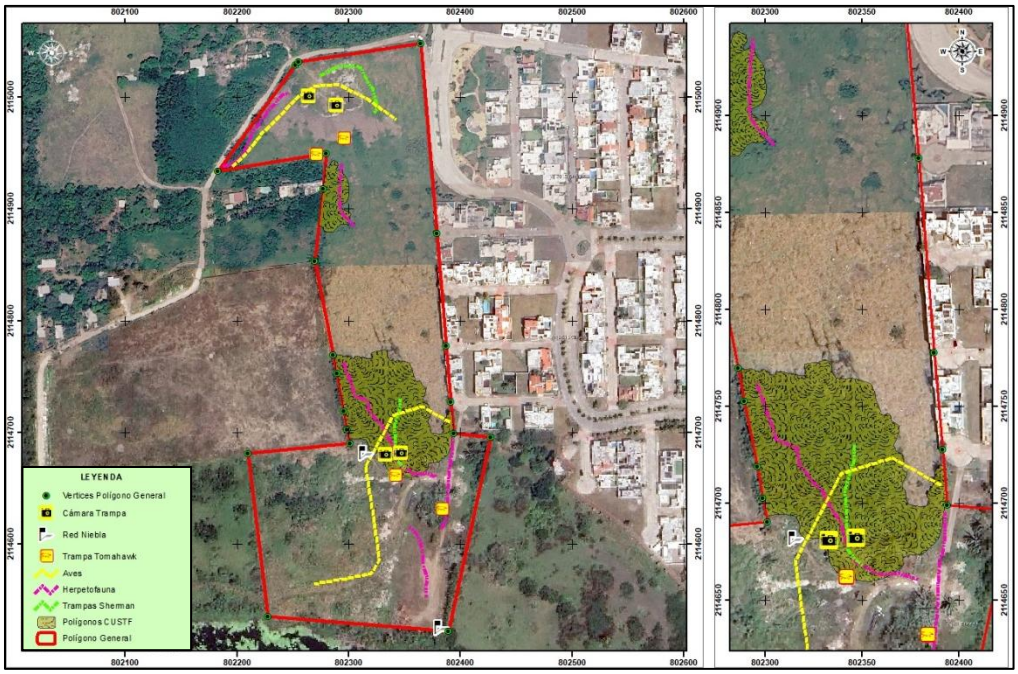


Imagen 3.89 Muestra el área de proyecto y los sitios en los que se enfocó el muestreo para el registro de la fauna (transectos y puntos de trampeo).

III.4.2.7.2 ANFIBIOS Y REPTILES

BÚSQUEDA Y REGISTRO

Para la detección y registro de estos organismos, se aplicó el método de colecta oportunista mediante encuentros visuales (Gallina y López-González, 2011), que consistió en recorrer a pie transectos lineales de longitud variable, determinados por las condiciones del terreno, esto en áreas con vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (Vsa/SBC) y pastizal cultivado. Para el avistamiento y registro de los ejemplares, se realizó una búsqueda minuciosa, poniendo especial atención en los microhábitats potenciales para las especies de estos grupos, tales como pequeñas charcas temporales formadas por las lluvias, sitios con acumulación de hojarasca y/o rocas, contrafuertes y oquedades en los árboles, debajo de troncos caídos y a través de la remoción de ramas y hojas.

Los recorridos se llevaron a cabo en un horario diurno de 08:00 a 14:00 horas y crepuscular/nocturno de 17:00 a 22:00 horas, esto con la finalidad de abarcar los principales picos de actividad de estas especies.

Cuadro 3.144 Ubicación de los transectos recorridos dentro del área de proyecto.

Número de transecto	Tipo de vegetación	Coordenadas UTM Zona 14Q				Longitud (m)
		Punto inicial		Punto final		
		X	Y	X	Y	
1	VSSB/PC	802397	2114713	802383	2114613	104
2	VSSB	802379	2114661	802295	2114761	131
3	PC	802354	2114617	802369	2114553	67
4	PC	802187	2114938	802246	2115003	97
5	Vsa/SBC/PC	802304	2114884	802293	2114939	57

Vsa/SBC – Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia; PC – Pastizal cultivado



Imagen 3.90 Recorridos en horario diurno y crespucular/nocturno por los diferentes tipos de vegetaciòn para la bùsqueda y registro de anfibios y reptiles

TOMA DE DATOS Y DETERMINACIÓN TAXONÓMICA

Así mismo, se recolectó información de cada ejemplar encontrado, como su geoposición en coordenadas UTM y evidencia fotográfica *in situ*. En ocasiones las condiciones de la vegetación y el comportamiento esquivo de estos animales no permitieron la toma de evidencia, pero se realizó el registro por observación directa. Algunos registros fueron por método indirecto, a través de las vocalizaciones que emiten los anuros ocultos entre los arbustos, desde las copas de los árboles o bien desde el interior de cuerpos de agua cubiertos por vegetación herbácea, así como mediante exuvias que dejan los reptiles después de su cambio de piel.

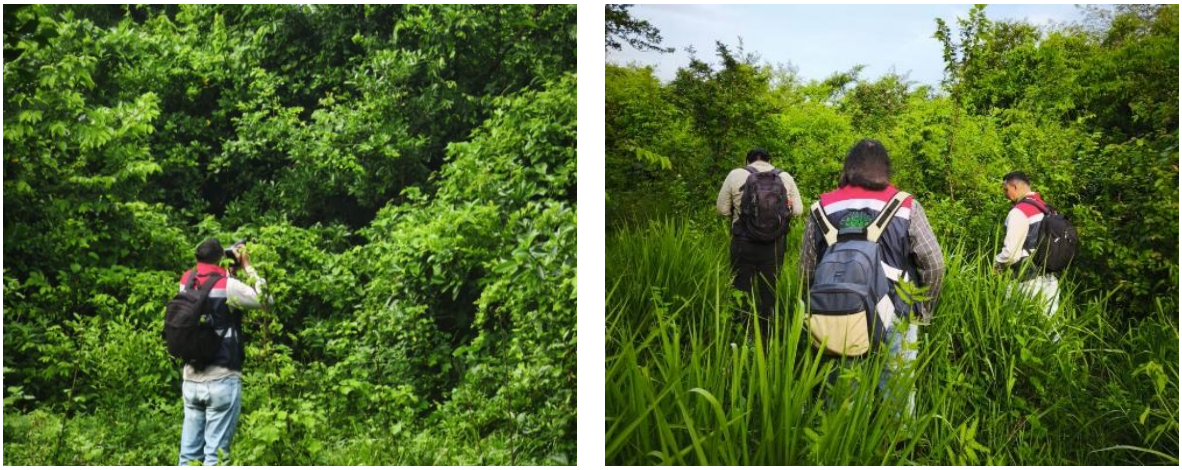


Imagen 3.91 Toma de evidencia fotográfica y recolección de información en sitio.

La determinación taxonómica de los organismos, se realizó por experiencia del personal especialista y mediante el uso de claves dicotómicas, guías de campo y libros especializados (Flores-Villela et al., 2004; Calderón-Mandujano et al., 2005; Faivovich et al., 2005; Cedeño-Vázquez et al., 2006; Liner, 2007; Pérez-Higareda et al., 2007 y Kohler, 2008 y 2010).

III.4.2.7.3 MAMÍFEROS

Debido a la diversidad de hábitos de los mamíferos, se emplearon diferentes métodos para el registro de especies. Se utilizaron técnicas de trampeo directo como; trampas tipo Sherman, Tomahawk, y redes de niebla, para los métodos indirectos se colocaron cámaras trampa (Fototrampeo) y se realizaron recorridos para el avistamiento y búsqueda de rastros (huellas, excretas, madrigueras y restos óseos; Medellín et al., 2007; Aranda-Sánchez, 2012; González-Romero, 2014; Hernández et al., 2015)

Cabe mencionar que cada individuo que se capturó y observó fue georreferenciado con coordenadas UTM. Cada individuo fue identificado in situ con experiencia del personal capacitado y con el apoyo de claves y guías especializadas para los mamíferos pequeños, medianos y grandes. Una vez identificados se fotografiaron y posteriormente fueron liberados en el mismo sitio de su captura.

Para el registro de los mamíferos pequeños se utilizaron 20 trampas tipo Sherman (7.6 x 8.9 x 22.5 cm), las cuales sirven para no dañar a los organismos capturados (Romero-Almaraz et al., 2007). Las trampas se colocaron dentro del área de estudio, colocando 10 trampas por transecto de acuerdo con el tamaño al área bajo estudio Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (Vsa/SBC) y Pastizal cultivado. Estas fueron dispuestas sobre transectos de entre 50 y 100 metros aproximadamente, tomando coordenadas como punto inicial y final de cada transecto como se muestra en la tabla, con una separación entre cada trampa de entre 8 y 10 metros. Se utilizó como atrayente una mezcla de semillas de girasol, avena, agua y extracto de vainilla, siendo abiertas en un horario entre 16:00-18:00 h y revisadas por la mañana del día siguiente a partir de las 6:00 h.

Cuadro 3.145 Coordenadas de los transectos donde fueron colocadas las trampas tipo Sherman para el estudio de roedores dentro del área de estudio.

Transectos	Tipo de Vegetación	Coordenadas UTM zona 14Q				Longitud (m)
		Punto Inicial		Punto Final		
		x	y	x	y	
1	Vsa/SBC	802345	2114730	802351	2114668	66
2	PC	802323	2114986	802274	2115019	98

Vsa/SBC – Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia; PC – Pastizal cultivado



Imagen 3.92 Colocación de trampas tipo Sherman para mamíferos pequeños (roedores).

El registro de mamíferos medianos y grandes se realizaron mediante métodos directos e indirectos dentro del área de proyecto. Como métodos indirectos se hicieron recorridos aleatorios a pie dentro del área, con la finalidad de registrar y obtener evidencias de la presencia de mamíferos, mediante la búsqueda de excretas, huellas, restos óseos, madrigueras, rascaderas, entre otros (Aranda, 2012). Del mismo modo durante los recorridos se obtuvo el registro directo de los organismos. Los recorridos de búsqueda y observación se llevaron a cabo en horarios diurnos (7:00 a 14:00 horas) y crepusculares/nocturnos (18:00 a 23:00 horas).



Imagen 3.93 Búsqueda de rastros como excretas, huellas, restos óseos, madrigueras, rascaderas. Huella de mapache (Procyon lotor).

Como métodos directos, se colocaron cinco trampas Tomahawk dispuestas sobre senderos naturales, previamente seleccionados dentro del área de CUSTF. A cada trampa se le colocó un cebo como atrayente, las cuales fueron colocadas en un horario de 17:00 – 19:00 y revisadas por la mañana del día siguiente a partir de las 6:00 h. cada trampa fue georreferenciada con coordenadas UTM, como se muestra en la siguiente tabla.

Cuadro 3.146 Coordenadas de los puntos de muestreo de las trampas tipo Tomahawk para el estudio de mamíferos medianos dentro del área de CUSTF.

Puntos de muestreo	Tipo de Vegetación	Coordenadas UTM zona 14Q	
		X	Y
1	Vsa/SBC	802347	2114682
2	Vsa/SBC	802333	2114681
3	PC	802264	2115001
4	Pastizal	802289	2114993




Imagen 3.94 Colocación de trampas tipo Tomahawk para mamíferos medianos en vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia y pastizal cultivado.

Por otro lado, se utilizó un método indirecto con el apoyo de cámaras trampas. Para el fototrampeo de fauna se colocaron en el área de estudio, un total de dos cámaras modelo Browning Trail®. Las cámaras trampa fueron instaladas en sitios donde se hallaron rastros de individuos (excretas, huellas o senderos), cada trampa fue sujetada a un tronco de árbol a una altura aproximada de 50 cm sobre el suelo con dirección Norte-Sur o viceversa, por último, fueron georreferenciada con el apoyo de un GPS.

Cada cámara fue equipada con ocho baterías AA y una memoria de 16 GB, las cuales fueron programadas son los siguientes parámetros:(Hora y fecha; aspecto y zona de toma amplios; 20 megapíxeles para foto; intervalos de cinco segundos entre tomas; una ráfaga de 5 fotos por registro). Para maximizar el éxito de captura, se colocaron atrayentes olfativos a una distancia aproximada de dos metros frente a la cámara.

Cuadro 3.147 Coordenadas de los puntos de muestreo de las cámaras trampa para el estudio de fauna silvestre dentro del área de CUSTF.

Puntos de muestreo	Tipo de Vegetación	Coordenadas UTM zona 14Q	
		X	Y
Cam 1	Vsa/SBC	802316	2114682
Cam 2	Vsa/SBC	802383	2114526



Imagen 3.95 Colocación de cámara trampa para el registro fotográfico de fauna silvestre.

Para el registro de murciélagos se utilizaron un total de cuatro redes de niebla de 9 x 2.5 m. Las redes fueron georreferenciadas con ayuda de un GPS y colocadas en sitios previamente seleccionados, que contarán con algunas características para la captura de murciélagos, tales como: caminos, senderos naturales, dentro de la vegetación y cuerpos de agua. Siendo abiertas durante un horario de 18:00 a 23:00 horas y revisadas cada 15 o 20 minutos dependiendo de la actividad de los organismos. Durante el día también se revisaron oquedades o grietas. (Bracamonte, 2018; Calderón-Patrón *et al*., 2013).

Cuadro 3.148 Coordenadas de los puntos de muestreo de las redes de niebla para el estudio de quirópteros dentro del área de CUSTF.

Puntos de muestreo	Tipo de Vegetación	Coordenadas UTM zona 14Q	
		X	Y
Red 1	Vsa/SBC/PC	802342	2114662
Red 2	Vsa/SBC/PC	802384	2114632
Red 3	PC	802296	2114963
Red 4	PC	802271	2114949



Imagen 3.96 Colocación de redes de niebla para la captura de quirópteros.

III.4.2.7.4 AVES

El registro de las aves dentro del predio, se realizó mediante la metodología de transectos llevando a cabo registros en las áreas representadas por vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (Vsa/SBC) y pastizal cultivado (PC). La longitud de los transectos estuvo determinada por la cobertura y accesibilidad a los fragmentos de vegetación, así como por las condiciones del terreno, procurando establecer la mayor distancia posible entre unidades de muestreo, conforme a los criterios establecidos en la metodología (Ralph *et al.,* 1996). Durante los recorridos de campo se efectuó el registro de individuos mediante observación directa, con apoyo de binoculares de 10 × 42, y mediante la detección e identificación de vocalizaciones. El esfuerzo de muestreo se concentró durante las primeras cinco horas posteriores al amanecer y las últimas dos horas previas al anochecer, periodos que corresponden a intervalos de elevada actividad de la avifauna y que, por tanto, favorecen la detección, observación e identificación de las especies presentes en el área de estudio (Ralph *et al.*, 1996).

Las especies registradas se identificaron con apoyo de guías de campo especializadas como la guía de Howell y Webb (1995) y herramientas de identificación acústica. Los registros obtenidos mediante vocalizaciones fueron corroborados mediante la plataforma Merlin Bird ID, desarrollada por el Cornell Lab of Ornithology (eBird, 2024), así como mediante la biblioteca de sonidos de Xeno-canto.

La nomenclatura y clasificación taxonómica de las especies registradas fueron verificadas mediante fuentes especializadas y bases de datos de referencia, incluyendo la American Ornithological Society (AOS, 2025), el Cornell Lab of Ornithology (2024) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la

Biodiversidad (CONABIO), a través de la plataforma Enciclovida (2024). Estas fuentes permitieron homologar la determinación taxonómica de los registros y mantener consistencia en la nomenclatura empleada para el listado de especies.

Cuadro 3.149 Coordenadas de los transectos muestreados de fauna dentro del área de proyecto.

Número de transecto	Tipo de vegetación	Coordenadas UTM Zona 14Q				Longitud (m)
		Punto inicial		Punto final		
		X	Y	X	Y	
1	Vsa/SBC/PC	802398	2114707	802268	2114563	267
2	Vsa/SBC/PC	802311	2114994	802356	2114892	294



Imagen 3.97 Registro de aves dentro de los diferentes tipos de vegetación en el área de proyecto

III.4.2.8 ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis de datos se efectuaron las se emplearon los **mismos procedimientos, índices y criterios de cálculo descritos previamente en el apartado correspondiente a la caracterización de la fauna de la Región Ecológica**. En ese sentido, no se reproducen nuevamente las fórmulas y fundamentos metodológicos de cada índice, toda vez que su aplicación y procedimiento de cálculo son equivalentes para ambas escalas de análisis.

Los resultados obtenidos mediante los trabajos de campo se procesaron utilizando los índices y parámetros previamente establecidos, considerando la riqueza específica, abundancia, diversidad y equitatividad, así como los análisis complementarios empleados para valorar la representatividad de los registros. De esta manera, los valores obtenidos para el Área del Proyecto pueden ser comparados

directamente con los resultados regionales, manteniendo criterios metodológicos homogéneos.

La presentación de los resultados se realiza diferenciando, cuando corresponde, los registros obtenidos en las superficies de CUSTF y pastizal cultivado, así como los valores integrados para el área total evaluada. Esta diferenciación permite identificar posibles variaciones en la composición y estructura de la fauna asociadas a las condiciones particulares de cada ambiente y, posteriormente, valorar la representatividad de las especies registradas dentro del contexto faunístico regional.

Cuadro 3.150 Métodos empleados para la evaluación de la fauna silvestre

Parámetro evaluado	Método / herramienta empleada	Finalidad del análisis
Suficiencia del muestreo	Curvas de acumulación de especies mediante **números de Hill (q_0, q_1 y q_2)**, utilizando el programa **iNEXT**, bajo procedimientos de interpolación y extrapolación.	Evaluar la representatividad del esfuerzo de muestreo y estimar la diversidad esperada a partir del tamaño de muestra y la cobertura obtenida.
Abundancia relativa	Relación entre el número de individuos registrados de cada especie y el número total de individuos observados, conforme a **Pettingill (1969)**.	Determinar la importancia relativa de las especies dentro de la comunidad y clasificarlas como **abundantes, comunes, moderadamente comunes, escasas o raras**.
Diversidad	**Índice de Shannon-Wiener (H')**, calculado mediante **PAST**.	Evaluar la diversidad y uniformidad de la comunidad considerando la riqueza y abundancia relativa de las especies.
Dominancia	**Índice de Simpson**, calculado mediante **PAST**, considerando la abundancia proporcional de las especies.	Determinar el grado de dominancia y la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie.

III.4.2.8.1 CARACTERÍSTICAS DE LA FAUNA SILVESTRE REGISTRADA EN CAMPO

Para complementar la caracterización de las especies de vertebrados terrestres registradas en el Área del Proyecto, se consideraron atributos ecológicos relacionados con su sociabilidad, gremio trófico, distribución vertical, tipo de distribución y condición de endemismo. Estos atributos fueron determinados mediante la integración de la información bibliográfica disponible con las observaciones obtenidas durante los trabajos de campo.

Los criterios y procedimientos empleados para la clasificación de estos atributos fueron descritos previamente en el apartado de caracterización de la fauna de la Región Ecológica, por lo que no se reproducen nuevamente sus definiciones, categorías y fundamentos metodológicos. Para el Área del Proyecto se aplicaron los mismos criterios de clasificación, permitiendo mantener la homogeneidad metodológica y comparabilidad entre la escala regional y la escala local.

En particular, la sociabilidad se determinó considerando los patrones de asociación de las especies; los gremios tróficos se asignaron de acuerdo con el tipo predominante de alimentación; y la distribución vertical se estableció con base en el uso de los diferentes estratos del hábitat. Asimismo, el tipo de distribución y el endemismo se determinaron conforme a los criterios de CONABIO/SNIB y NOM-059-SEMARNAT-2010, respectivamente.

En consecuencia, en este apartado se presentan únicamente los resultados obtenidos para las especies registradas dentro del Área del Proyecto, destacando aquellos atributos que permitan interpretar su composición ecológica y su relación con las condiciones actuales de los ambientes de VSa/SBC y pastizal cultivado.

Cuadro 3.151 Métodos empleados para la caracterización ecológica de la fauna registrada

Característica evaluada	Obtención de la información	Criterio de análisis
Sociabilidad	Revisión bibliográfica sobre comportamiento social, organización espacial, territorialidad y asociaciones intraespecíficas, complementada con observaciones de campo.	Se consideró el patrón predominante de asociación de los individuos adultos, evitando inferir la sociabilidad únicamente a partir del número de organismos observados durante el muestreo.
Gremio trófico	Revisión bibliográfica de la dieta y hábitos alimentarios de las especies, complementada con observaciones directas y registros de campo.	Clasificación conforme al esquema de González *et al.* (2014), adaptado a las especies registradas, considerando nueve gremios tróficos.
Distribución vertical	Revisión bibliográfica sobre hábitos de desplazamiento, alimentación, refugio y reproducción, complementada con observaciones del estrato donde fueron registrados los individuos.	Se determinó el uso de los diferentes estratos de la vegetación y del suelo por cada especie, considerando que una especie puede utilizar uno o varios niveles estructurales.
Distribución y endemismo	El tipo de distribución se determinó conforme a los criterios establecidos en el Sistema Nacional	Se determinó el tipo de distribución de cada especie conforme a los criterios establecidos por el SNIB.

	de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de CONABIO. La designación del tipo de endemismo se efectuó siguiendo los lineamientos propuestos en la norma NOM-059-SEMARNAT-2010.	

III.4.2.9 RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE LOS GRUPOS DE VERTEBRADOS TERRESTRES DENTRO DEL ÁREA DE PROYECTO

A partir de los registros obtenidos durante los muestreos de campo, se obtuvo un total de 255 individuos de 61 especies de vertebrados terrestres representantes de 40 familias; distribuidas por grupo faunístico en tres familias y cuatro especies de anfibios (23 individuos), siete familias y ocho especies de reptiles (54 individuos), cinco familias y 10 especies de mamíferos (26 individuos) y 25 familias y 39 especies de aves (152 individuos) (Figura x).

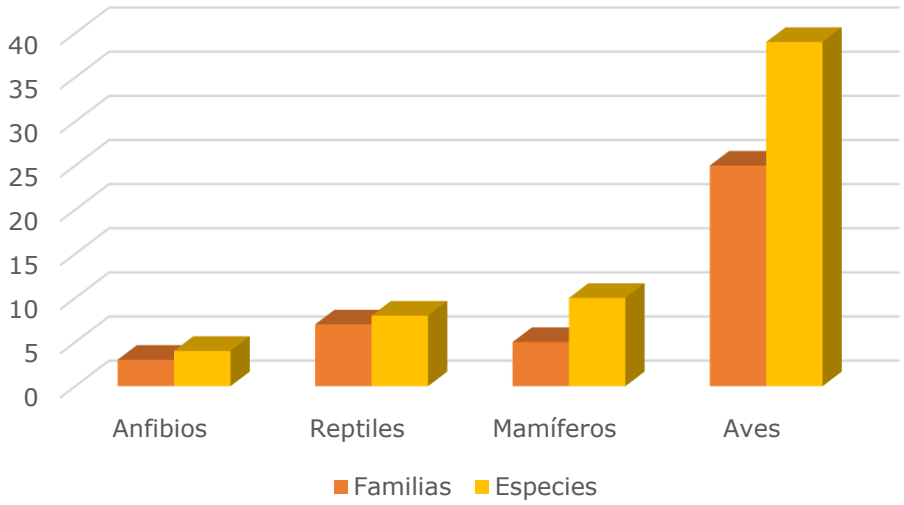


Imagen 3.98 Número de familias y especies de los vertebrados terrestres registrados dentro del área de proyecto.

III.4.2.9.1 ANFIBIOS

ABUNDANCIA RELATIVA

Se registraron 23 individuos pertenecientes a cuatro especies de anfibios. La ranita de hojarasca (*Leptodactylus melanonotus*) presentó la mayor abundancia relativa, con 15 individuos, equivalentes a un índice de abundancia relativa (IAR) de 65.22%,

ubicándose como una especie común. Le siguió la rana de árbol de ojos rojos (*Agalychnis callidryas*), con seis individuos y un IAR=26.09%, considerada como una especie escasa. Por su parte, *Scinax staufferi* e *Hypopachus ustus* presentaron un individuo cada una, equivalente a un índice de abundancia relativa (IAR) de 4.35%, quedando clasificadas como especies raras.

Cuadro 3.152 Abundancia relativa de las especies de anfibios.

Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Valor IAR (%)	Abundancia relativa IAR
Anfibios				
Leptodactylus melanonotus	Ranita de hojarasca	15	65.22	Común
Agalychnis callidryas	Rana de árbol de ojos rojos	6	26.09	Escasa
Scinax staufferi	Rana arborícola trompuda	1	4.35	Rara
Hypopachus ustus	Sapo boca angosta huasteco	1	4.35	Rara

Categorías según su abundancia: abundante, 90 - 100%; común, 65 - 89%; moderadamente común, 31 - 64%; escasa 10-30 %; y rara, 1 - 9%.

ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE LOS ANFIBIOS REGISTRADOS EN EL ÁREA DE PROYECTO

La abundancia y riqueza de este grupo estuvieron representadas por 23 individuos pertenecientes a cuatro especies. El índice de diversidad de Shannon-Wiener presentó un valor de H'=0.967, mientras que la diversidad máxima esperada para una comunidad con cuatro especies fue de H'max=1.386. La relación entre ambos valores indica que la diversidad observada representa aproximadamente el 70.4% de la diversidad máxima posible, lo que refleja una distribución relativamente equitativa, aunque con diferencias importantes en la abundancia de las especies.

En particular, una especie concentró 15 individuos (65.2% de la abundancia total), mientras que las restantes estuvieron representadas por seis, uno y un individuo, respectivamente. Esta distribución desigual se ve reflejada en el índice de dominancia de Simpson (D = 0.474), el cual evidencia una concentración considerable de la abundancia en una de las especies. En conjunto, los resultados indican que la estructura de la comunidad de anfibios, estuvo caracterizada por el predominio numérico de una especie y una representación considerablemente menor del resto de ellas.

Cuadro 3.153 Valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson para la comunidad de anfibios registrada en el área de estudio.

Grupo	Riqueza	Índice de Shannon-Wiener (H´)	H´max	Índice de Simpson (D)
Anfibios	4	0.967	1.386	0.474

Índice de Shannon-Wiener (H´): 0 – 2, Diversidad baja, 2 – 3.5: Diversidad media, >3.5 – 5: Diversidad alta.
Índice de Simpson: toma valores de entre 0 y 1 en los cuales 0 representa a todas las especies igualmente distribuidas y 1 donde solo domina una especie.

SUFICIENCIA DE MUESTREO

En relación con la suficiencia del muestreo, se registró una riqueza observada de cuatro especies de anfibios, valor que se encuentra dentro del intervalo de confianza de la riqueza estimada (LCL=2.9; UCL=5.1 especies). Esta correspondencia entre la riqueza observada y la estimada indica que el número de especies registradas se encuentra dentro del rango esperado para la comunidad bajo las condiciones de muestreo evaluadas. Asimismo, la cobertura del muestreo presentó un valor de SC=0.92, con un intervalo de confianza comprendido entre 0.883 y 0.958, lo que representa una cobertura estimada del 92% de la comunidad con base en los individuos registrados.

En conjunto, estos resultados indican que el esfuerzo de muestreo presentó una alta cobertura y una importante representatividad de la comunidad de anfibios presente en el área de estudio. El intervalo de confianza asociado a la cobertura, de 88.3 a 95.8%, refuerza esta estimación y sugiere que la proporción de la comunidad no representada por el muestreo es relativamente reducida. Por lo tanto, aunque no puede descartarse de manera absoluta la presencia de más especies, particularmente aquellas con baja abundancia, hábitos crípticos o menor probabilidad de detección, los resultados permiten considerar que el esfuerzo realizado fue suficiente para caracterizar de manera adecuada la comunidad de anfibios registrada en el área de estudio.

Cuadro 3.154 Estimadores de riqueza y cobertura del muestreo para la comunidad de anfibios.

Grupo	Diversidad	Diversidad de especies			Cobertura de muestreo		
		Observada	LCL	UCL	SC	LCL	UCL
Anfibios	Riqueza de especies (q0)	4	2.9	5.1	0.92	0.883	0.958

LCL nivel de confianza inferior, UCL nivel de confianza superior, SC cobertura del muestreo

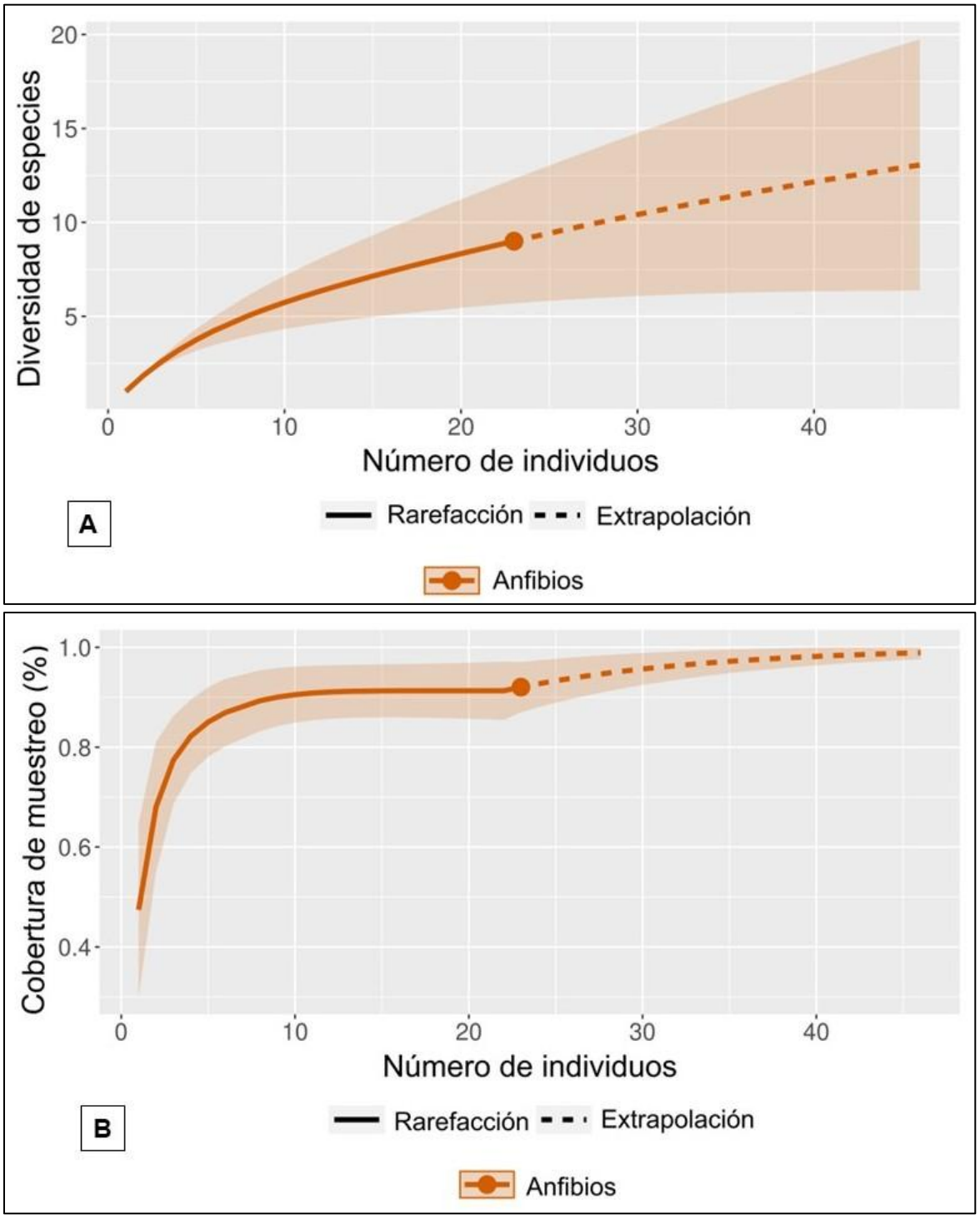


Imagen 3.99 Curvas de acumulación de especies: A) Diversidad de especies; B) Cobertura de muestreo.

SOCIABILIDAD

Los anfibios registrados en el área de estudio, correspondieron principalmente al patrón de especies solitarias con tendencia a formar agregaciones temporales durante la época reproductiva. Este comportamiento es característico de la mayoría de los anuros neotropicales, cuyos individuos permanecen dispersos durante sus actividades de alimentación y refugio, reuniéndose únicamente en cuerpos de agua o áreas temporalmente inundadas para reproducirse, esto durante la temporada de lluvias.

En el caso de *Leptodactylus melanonotus*, la mayoría de los individuos fueron registrados vocalizando y formando agregaciones reproductivas en charcas temporales localizadas al interior de la vegetación arbolada y en zonas bajas con pastizales temporalmente inundados. En contraste, únicamente dos ejemplares fueron observados de manera solitaria, alejados de los sitios de reproducción.

De manera similar, los individuos de *Agalychnis callidryas* fueron detectados mediante vocalizaciones que emitían en grupo desde las ramas de los árboles al interior del fragmento de la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia.

En el caso de *Scinax staufferi*, la especie exhibe un patrón de sociabilidad comparable al de otros miembros de la familia Hylidae, permaneciendo dispersa fuera del periodo reproductivo. Durante las lluvias forma congregaciones temporales alrededor de cuerpos de agua, donde los machos establecen coros reproductivos que pueden alcanzar altas densidades locales, sin que ello implique la formación de grupos sociales permanentes. En el área se encontró solo un ejemplar vocalizando posado sobre una hoja.

Por su parte, *Hypopachus ustus* también presenta un comportamiento principalmente solitario y fosorial durante la mayor parte de su ciclo anual. No obstante, después de lluvias intensas emerge de forma sincronizada para reproducirse en cuerpos de agua efímeros, generando agregaciones temporales de numerosos individuos, fenómeno que incrementa el éxito reproductivo de la especie y reduce el tiempo de exposición a depredadores. En el área se detectó un individuo sobre un sendero rodeado de pastizal cultivado.

Cuadro 3.155 Sociabilidad de las especies de anfibios.

Nombre científico	Nombre común	Sociabilidad
Anfibios		
Leptodactylus melanonotus	Ranita de hojarasca	Solitaria
Agalychnis callidryas	Rana de árbol de ojos rojos	Solitaria
Scinax staufferi	Rana arborícola trompuda	Solitaria
Hypopachus ustus	Sapo boca angosta huasteco	Solitaria

GREMIOS TRÓFICOS

Con base en los hábitos alimenticios de las especies de anfibios registradas en el área de estudio, se identificó un único gremio trófico, correspondiente al de los insectívoros, el cual estuvo integrado por la totalidad de las especies registradas (*Leptodactylus melanonotus, Agalychnis callidryas, Scinax staufferi* e *Hypopachus ustus*). Este patrón es consistente con la composición trófica que caracteriza a la mayoría de las comunidades de anuros tropicales, donde los adultos consumen principalmente artrópodos terrestres y otros invertebrados de tamaño pequeño.

En el caso de *Leptodactylus melanonotus* se alimenta principalmente de insectos y otros invertebrados terrestres, como coleópteros, ortópteros, hormigas, termitas, arañas y larvas de insectos, los cuales captura activamente sobre el suelo y entre la hojarasca. Debido a su abundancia y amplia distribución, esta especie contribuye significativamente al control de poblaciones de invertebrados en ambientes con vegetación secundaria, pastizales y humedales temporales.

Por su parte, *Agalychnis callidryas* y *Scinax staufferi* presentan una dieta compuesta principalmente por insectos voladores y artrópodos asociados a la vegetación, incluyendo lepidópteros, dípteros, grillos, escarabajos y arañas. Sus hábitos arborícolas le permiten explotar recursos alimenticios disponibles en el estrato medio y alto de la vegetación, desempeñando un papel importante en la regulación de las poblaciones de insectos presentes en este microhábitat.

Finalmente, *Hypopachus ustus* es una especie especializada en el consumo de insectos pequeños, particularmente hormigas y termitas, aunque también puede alimentarse de otros artrópodos presentes en el suelo. Sus hábitos fosoriales y su actividad superficial durante la temporada de lluvias, le permiten explotar recursos tróficos poco utilizados por otras especies de anuros, reduciendo la competencia interespecífica y favoreciendo la partición del nicho alimenticio.

En conjunto, los anfibios registrados desempeñan una función ecológica relevante como consumidores secundarios, al contribuir al control natural de poblaciones de insectos y otros invertebrados. Asimismo, constituyen un componente importante en las redes tróficas del ecosistema, al servir como presas para reptiles, aves y mamíferos, favoreciendo el flujo de energía y el mantenimiento del equilibrio ecológico en el área de estudio.

Cuadro 3.156 Gremio alimenticio de las especies de anfibios registradas en el CUSTF.

Nombre científico	Nombre común	Gremio alimenticio
Anfibios		
Leptodactylus melanonotus	Ranita de hojarasca	Insectívoro
Agalychnis callidryas	Rana de árbol de ojos rojos	Insectívoro
Scinax staufferi	Rana arborícola trompuda	Insectívoro
Hypopachus ustus	Sapo boca angosta huasteco	Insectívoro

DISTRIBUCIÓN VERTICAL

El trabajo de campo evidenció el aprovechamiento de dos estratos principales: el terrestre y el arbóreo. De las cuatro especies registradas, dos presentaron hábitos predominantemente terrestres (50%), como *Leptodactylus melanonotus* e *Hypopachus ustus*), mientras que las dos restantes correspondieron a especies arborícolas (50%) (*Agalychnis callidryas* y *Scinax staufferi*). Esta distribución refleja la disponibilidad de microhábitats presentes en el área de estudio, integrada principalmente por vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia y pastizal cultivado.

Las especies terrestres fueron registradas sobre el suelo, en senderos con presencia de hojarasca y pequeñas charcas temporales, donde las condiciones de humedad favorecen sus actividades de alimentación, refugio y reproducción. Por su parte, las especies arborícolas fueron observadas utilizando la vegetación secundaria, principalmente sobre arbustos, ramas bajas y hojas de la vegetación, así como en la vegetación asociada a los cuerpos de agua temporales, donde encuentran sitios adecuados para el refugio, el descanso y la reproducción.

En conjunto, estos resultados indican que, a pesar del grado de modificación del sitio, la vegetación secundaria arbustiva mantiene una estructura vertical suficiente para sostener especies con diferentes estrategias de uso del hábitat.

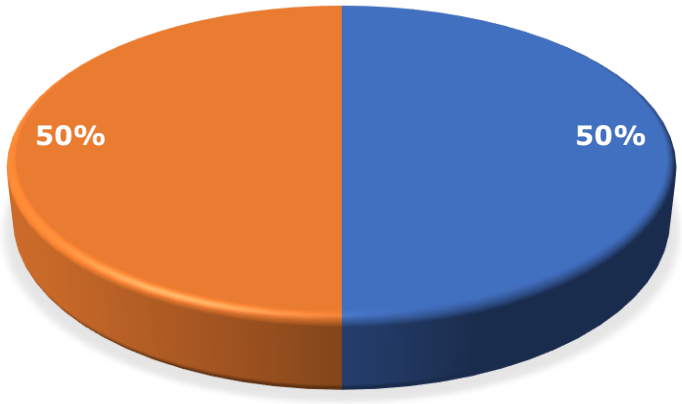


Imagen 3.100 Porcentaje de especies de anfibios registradas de acuerdo con el estrato en el que fueron encontrados.

Cuadro 3.157 Distribución vertical de las especies de anfibios dentro del área de proyecto.

Nombre científico	Nombre común	Distribución vertical
Anfibios		
Leptodactylus melanonotus	Ranita de hojarasca	Terrestre
Agalychnis callidryas	Rana de árbol de ojos rojos	Arborícola
Scinax staufferi	Rana arborícola trompuda	Arborícola
Hypopachus ustus	Sapo boca angosta huasteco	Terrestre

ESTADO DE CONSERVACIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN ANFIBIOS REGISTRADOS DENTRO DEL ÁREA DE PROYECTO

La revisión de la NOM-059-SEMARNAT-2010 permitió determinar que, de las especies registradas en el área de estudio, únicamente una se encuentra incluida dentro de alguna categoría de riesgo. Se trata del sapo boca angosta huasteco (*Hypopachus ustus*), catalogado como Sujeta a protección especial (Pr). Por su parte, de acuerdo con la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), la totalidad de las especies registradas se encuentra clasificada en la categoría de Preocupación menor (LC). En cuanto a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), la rana de árbol de ojos rojos (*Agalychnis callidryas*) se encuentra incluida en el Apéndice II.

Cabe mencionar que *Hypopachus ustus* es el nombre actualmente aceptado, que anteriormente era referida como *Gastrophryne usta*. El cambio taxonómico fue propuesto por Streicher et al. (2012) y de Sá (2012) a partir de evidencia filogenética

que mostró la parafilia de *Gastrophryne* con respecto a *Hypopachus* y reforzado por estudios moleculares realizados en especies de la familia Microhylidae.

Cuadro 3.158 Estado de conservación nacional e internacional y distribución de anfibios.

Nombre científico	Nombre común	NOM-059	IUCN	CITES
Leptodactylus melanonotus	Ranita de hojarasca		LC	
Agalychnis callidryas	Rana de árbol de ojos rojos		LC	Apéndice II
Scinax staufferi	Rana arborícola trompuda		LC	
Hypopachus ustus	Sapo boca angosta huasteco	Pr	LC	

NOM-059-SEMARNAT-2010: Pr – Sujeta a protección especial; IUCN: LC – Least concern (Preocupación menor); CITES: Apéndice II - Incluye especies no necesariamente amenazadas de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse para evitar que así sea. También incluye especies que necesitan regularse por su similitud con otras. El comercio internacional se permite, pero bajo ciertos requisitos.



Imagen 3.101 Individuo de Hypopachus ustus, única especie de anfibio registrada en el área del proyecto incluida en la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr).

III.4.2.9.2 REPTILES

ABUNDANCIA RELATIVA

Para este grupo se registraron 54 individuos pertenecientes a ocho especies. La lagartija espinosa de vientre rosado (*Sceloporus variabilis*) presentó la mayor abundancia relativa, con 39 individuos, equivalentes a un índice de abundancia relativa (IAR) de 72.22%, siendo la única especie clasificada como común de acuerdo con los criterios empleados en el análisis. Las siete especies restantes presentaron una abundancia relativa menor, con registros de uno a cinco individuos cada una, y

valores de IAR que oscilaron entre 1.85% y 9.26%, por lo que se ubicaron en la categoría de especies raras.

Cuadro 3.159 Abundancia relativa de las especies de anfibios registradas en el área de proyecto.

Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Valor IAR (%)	Abundancia relativa IAR
Reptiles				
Basiliscus vittatus	Toloque rayado	3	5.56	Rara
Anolis sericeus	Abaniquillo sedoso	1	1.85	Rara
Hemidactylus frenatus	Geco casero común	2	3.70	Rara
Ctenosaura acanthura	Iguana de cola espinosa del Golfo	1	1.85	Rara
Iguana iguana	Iguana verde	5	9.26	Rara
Sceloporus variabilis	Lagartija espinosa vientre rosado	39	72.22	Común
Aspidoscelis guttatus	Ticuiliche mexicano	2	3.70	Rara
Micrurus diastema	Serpiente coralillo del Sureste	1	1.85	Rara

Categorías según su abundancia: abundante, 90 - 100%; común, 65 - 89%; moderadamente común, 31 - 64%; escasa 10-30 %; y rara, 1 - 9%.

ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE LOS REPTILES REGISTRADOS EN EL ÁREA DE PROYECTO

La comunidad de reptiles estuvo representada por 54 individuos pertenecientes a ocho especies. El índice de diversidad de Shannon-Wiener presentó un valor de H'=1.146, mientras que la diversidad máxima esperada para una comunidad con ocho especies fue de H'max=2.079. La relación entre ambos valores indica que la diversidad observada representa aproximadamente el 55.1% de la diversidad máxima posible, lo que evidencia una distribución poco uniforme de los individuos entre las especies.

Este patrón se encuentra principalmente determinado por la elevada abundancia de *Sceloporus variabilis*, que presentó 39 individuos, equivalentes al 72.22% de la abundancia total, mientras que las siete especies restantes estuvieron representadas en conjunto por 15 individuos. En concordancia con este patrón, el índice de dominancia de Simpson (D=0.528) refleja una concentración considerable de la abundancia en una de las especies.

En conjunto, los resultados indican que, a pesar de haberse registrado una riqueza de ocho especies, la comunidad de reptiles presenta una distribución desigual de la

abundancia y un marcado predominio numérico de *S. variabilis*, lo que reduce la equidad y, consecuentemente, la diversidad efectiva de la comunidad.

Cuadro 3.160 Valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson para la comunidad de reptiles registrada en el área de estudio.

Grupo	Riqueza	Índice de Shannon-Wiener (H´)	H´max	Índice de Simpson (D)
Reptiles	8	1.146	2.079	0.528

Índice de Shannon-Wiener (H´): 0 – 2, Diversidad baja, 2 – 3.5: Diversidad media, >3.5 – 5: Diversidad alta.
Índice de Simpson: toma valores de entre 0 y 1 en los cuales 0 representa a todas las especies igualmente distribuidas y 1 donde solo domina una especie.

SUFICIENCIA DE MUESTREO

En relación con la suficiencia del muestreo, se registró una riqueza observada de ocho especies de reptiles, valor que se encuentra dentro del intervalo de confianza de la riqueza estimada (LCL=5.41; UCL=10.59 especies). La correspondencia entre la riqueza observada y el intervalo estimado indica que el número de especies detectadas se encuentra dentro del rango esperado para la comunidad bajo las condiciones de muestreo evaluadas. Asimismo, la cobertura del muestreo presentó un valor de SC=0.946, equivalente al 94.6%, con un intervalo de confianza comprendido entre 0.885 y 1, lo que indica una cobertura elevada de la comunidad con base en los individuos registrados.

En conjunto, estos resultados indican que el esfuerzo de muestreo presentó una alta cobertura y una adecuada representatividad de la comunidad de reptiles presente en el área de estudio. El intervalo de confianza de la cobertura, que comprende valores de 88.5 a 100%, refuerza la estimación y sugiere que la proporción de la comunidad potencialmente no representada por el muestreo, es relativamente reducida. Aunque no puede descartarse por completo la presencia de otras especies, en especial aquellas con baja abundancia, hábitos crípticos y/o esquivos o menor probabilidad de detección, los resultados permiten establecer que el esfuerzo de muestreo fue suficiente para caracterizar de manera adecuada la comunidad de reptiles registrada en el área de estudio.

Cuadro 3.161 Estimadores de riqueza y cobertura del muestreo para la comunidad de reptiles.

Grupo	Diversidad	Diversidad de especies			Cobertura de muestreo		
		Observada	LCL	UCL	SC	LCL	UCL
Reptiles	Riqueza de especies (q0)	8	5.41	10.59	0.946	0.885	1

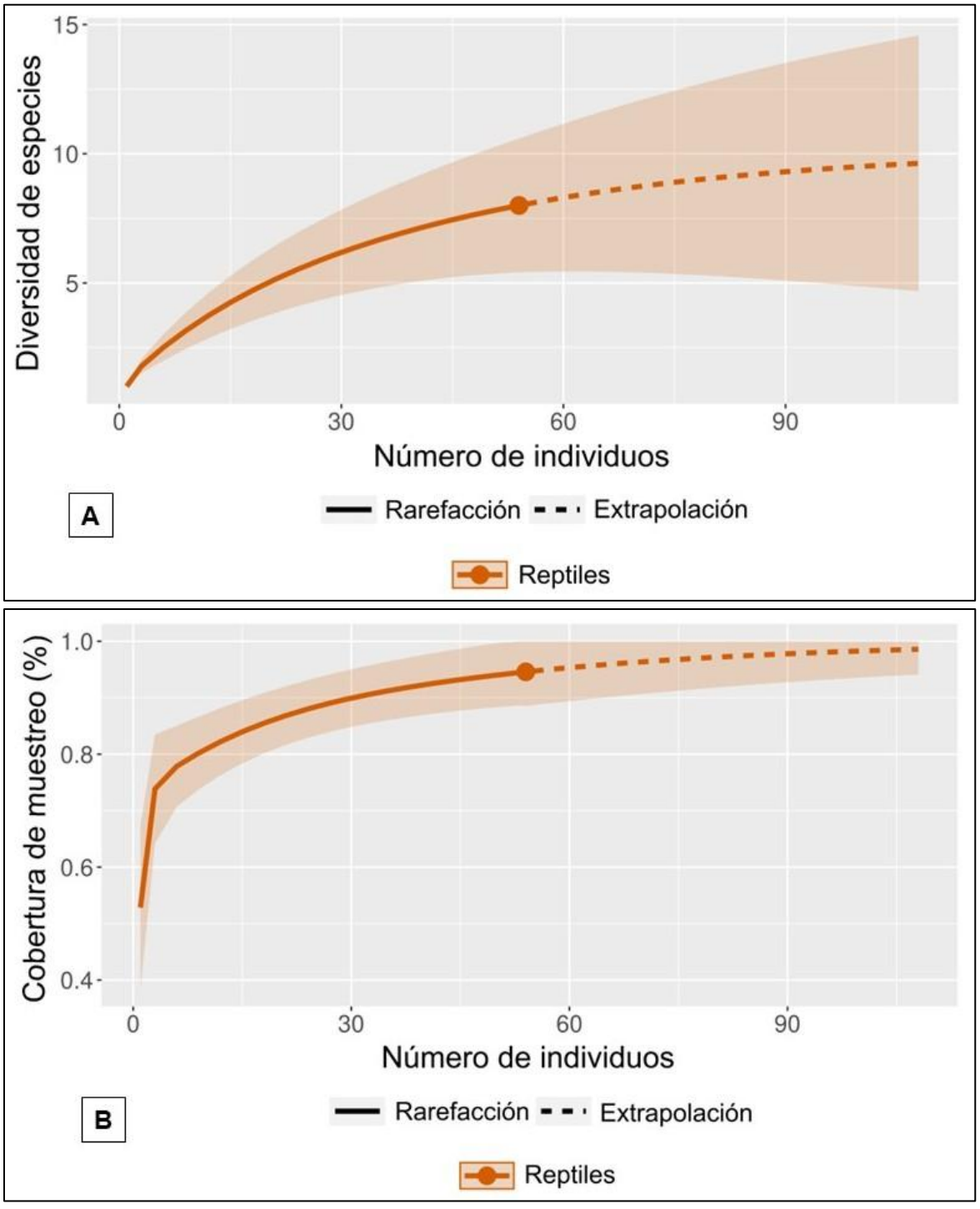


Imagen 3.102 Curvas de acumulación de especies: A) Diversidad de especies; B) Cobertura de muestreo.

SOCIABILIDAD

La comunidad de reptiles registrada en el área de estudio se caracterizó por un marcado predominio de especies con comportamiento mayormente solitario y territorial, representadas por siete especies: *Basiliscus vittatus*, *Anolis sericeus*, *Ctenosaura acanthura*, *Iguana Iguana*, *Sceloporus variabilis*, *Aspidoscelis guttatus* y *Micrurus diastema* (87%). En estas especies, la interacción entre individuos ocurre principalmente durante la temporada reproductiva y, en algunos casos, en situaciones asociadas con el establecimiento, mantenimiento y defensa de territorios. Durante el resto del ciclo anual, los individuos realizan de manera independiente actividades relacionadas con la alimentación, termorregulación, desplazamiento y búsqueda de refugios.

En contraste, únicamente una especie, *Hemidactylus frenatus* (13%), presenta un comportamiento de tipo gregario, asociado con la tendencia de varios individuos a ocupar y utilizar simultáneamente sitios de refugio y alimentación, particularmente en estructuras con condiciones ambientales favorables. Sin embargo, los dos ejemplares detectados en el sitio, se encontraban aislados.

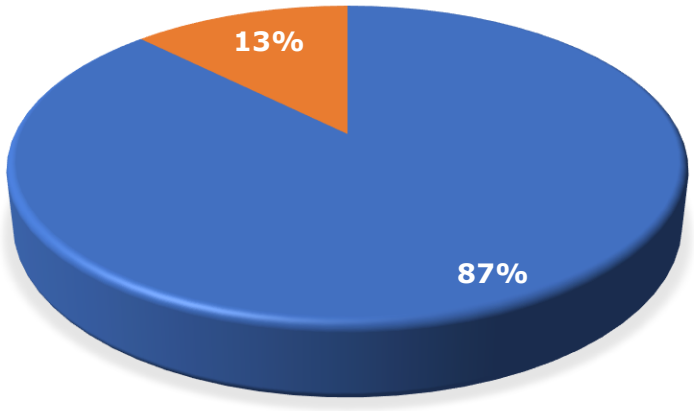


Imagen 3.103 Porcentaje de especies de reptiles registrados de acuerdo con su comportamiento social

Cuadro 3.162 Sociabilidad en las especies de reptiles

Nombre científico	Nombre común	Sociabilidad
Reptiles		
Basiliscus vittatus	Toloque rayado	Solitaria
Anolis sericeus	Abaniquillo sedoso	Solitaria
Hemidactylus frenatus	Geco casero comùn	Gregaria

Nombre científico	Nombre común	Sociabilidad
Ctenosaura acanthura	Iguana de cola espinosa del Golfo	Solitaria
Iguana iguana	Iguana verde	Solitaria
Sceloporus variabilis	Lagartija espinosa vientre rosado	Solitaria
Aspidoscelis guttatus	Ticuiliche mexicano	Solitaria
Micrurus diastema	Serpiente coralillo del Sureste	Solitaria

GREMIOS TRÓFICOS

Con base en los hábitos alimenticios de los reptiles registrados en el área de estudio, se identificaron cuatro gremios tróficos: insectívoros, omnívoros, frugívoros y carnívoros. El gremio de los insectívoros fue el mejor representado, al estar integrado por cuatro especies (*Anolis sericeus, Hemidactylus frenatus, Sceloporus variabilis* y *Aspidoscelis guttatus*), equivalente al 50 % de los taxa registrados. Los gremios de los omnívoros estuvieron representados por dos especies (*Basiliscus vittatus* y *Ctenosaura acanthura*), mientras que los frugívoros (*Iguana iguana*) y carnívoros (*Micrurus diastema*) estuvieron representados por una sola especie cada uno.

Las especies insectívoras consumen principalmente artrópodos terrestres, entre ellos coleópteros, himenópteros, ortópteros, hemípteros, dípteros, arañas y otros invertebrados de pequeño tamaño. *Anolis sericeus* captura sus presas sobre troncos, ramas y follaje, mientras que *Hemidactylus frenatus* aprovecha principalmente insectos atraídos por fuentes de iluminación artificial, condición que favorece su establecimiento en ambientes modificados. Por su parte, *Sceloporus variabilis* y *Aspidoscelis guttatus* forrajean activamente sobre el suelo y entre la hojarasca, contribuyendo al control natural de las poblaciones de artrópodos presentes en el ecosistema.

El gremio de los omnívoros estuvo conformado por *Basiliscus vittatus* y *Ctenosaura acanthura*, especies cuya dieta incluye tanto recursos de origen animal como vegetal. En etapas juveniles consumen predominantemente insectos y otros invertebrados; sin embargo, conforme alcanzan la madurez incorporan frutos, flores, hojas, brotes y semillas, mostrando una elevada plasticidad alimentaria que les permite aprovechar los recursos disponibles de manera estacional. Esta estrategia favorece su permanencia en ambientes con distintos grados de conservación y perturbación.

El gremio frugívoro estuvo representado por *Iguana iguana*, especie que se alimenta principalmente de frutos, hojas tiernas, flores y brotes, desempeñando un papel ecológico relevante como dispersora de semillas de numerosas especies vegetales.

Mediante el consumo y posterior defecación de frutos, contribuye a los procesos de regeneración natural y mantenimiento de la estructura y composición de la vegetación.

Finalmente, el gremio de los carnívoros estuvo representado por *Micrurus diastema*, serpiente cuya dieta se compone principalmente de otros reptiles de pequeño tamaño, particularmente serpientes fosoriales, además de lagartijas y, ocasionalmente, anfibios. Como depredador especializado, participa en la regulación de las poblaciones de sus presas y constituye un componente importante de los niveles tróficos superiores dentro de la comunidad de herpetofauna.

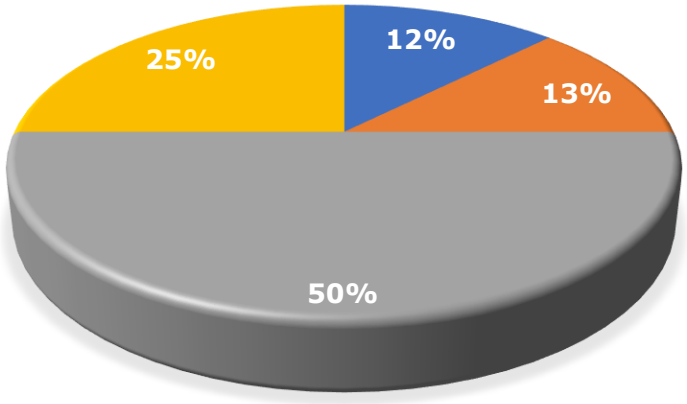


Imagen 3.104 Porcentaje de especies de reptiles por gremio trófico

Cuadro 3.163 Especies de reptiles registradas en el área del CUSTF, de acuerdo con su gremio trófico.

Nombre científico	Nombre común	Gremio alimenticio
Reptiles		
Basiliscus vittatus	Toloque rayado	Omnívoro
Anolis sericeus	Abaniquillo sedoso	Insectívoro
Hemidactylus frenatus	Geco casero común	Insectívoro
Ctenosaura acanthura	Iguana de cola espinosa del Golfo	Omnívoro
Iguana iguana	Iguana verde	Frugívoro
Sceloporus variabilis	Lagartija espinosa vientre rosado	Insectívoro
Aspidoscelis guttatus	Ticuiliche mexicano	Insectívoro
Micrurus diastema	Serpiente coralillo del Sureste	Carnívoro

DISTRIBUCIÓN VERTICAL

La distribución vertical de los reptiles registrados durante el trabajo de campo evidenció el aprovechamiento de tres estratos principales: terrestre, arborícola y semiarborìcola. La mayor proporción de especies correspondió al estrato terrestre, representado por *Basiliscus vittatus*, *Sceloporus variabilis*, *Aspidoscelis guttatus* y *Micrurus diastema*. El estrato arborícola estuvo integrado por *Anolis sericeus*, *Hemidactylus frenatus* e *Iguana iguana*, mientras que *Ctenosaura acanthura* fue clasificada como una especie semiarborìcola debido a que utiliza tanto el suelo como la vegetación para el desarrollo de sus actividades.

Las especies terrestres fueron registradas desplazándose principalmente sobre el suelo, entre la hojarasca, la cobertura herbácea y los espacios abiertos del pastizal cultivado, así como a lo largo de senderos y claros presentes en la vegetación secundaria de selva baja caducifolia, donde realizan actividades de forrajeo y termorregulación. Por su parte, las especies arborícolas utilizaron preferentemente arbustos y árboles de la vegetación secundaria, ocupando troncos, ramas y follaje como sitios de refugio, descanso, alimentación y vigilancia. En el caso de *Ctenosaura acanthura*, los individuos aprovecharon tanto el suelo como los troncos y ramas bajas de la vegetación, evidenciando un uso combinado de ambos estratos, característico de las especies semiarborìcolas.

En conjunto, los resultados indican que la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, en combinación con el pastizal cultivado y los senderos presentes en el área de estudio, proporciona una variedad de microhábitats que favorece la coexistencia de reptiles con diferentes estrategias de ocupación vertical.

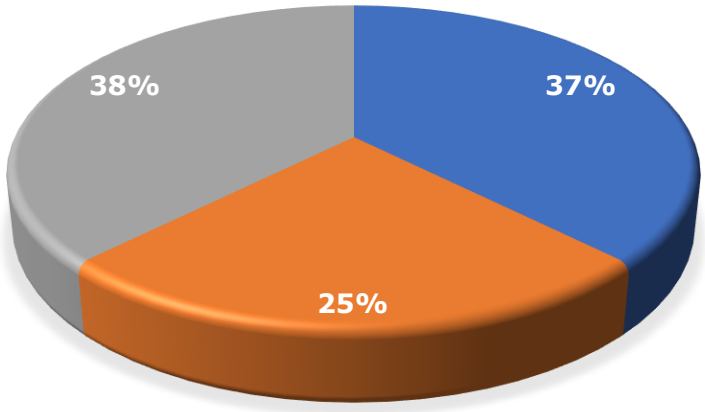


Imagen 3.105 Distribución porcentual de las especies de reptiles de acuerdo con su estrato de ocupación en el área del CUSTF

Cuadro 3.164. Especies registradas de reptiles dentro del CUSTF de acuerdo a su distribución vertical

Nombre científico	Nombre común	Distribución vertical
Reptiles		
Basiliscus vittatus	Toloque rayado	Semiarborícola
Anolis sericeus	Abaniquillo sedoso	Arborícola
Hemidactylus frenatus	Geco casero común	Arborícola
Ctenosaura acanthura	Iguana de cola espinosa del Golfo	Semiarborícola
Iguana iguana	Iguana verde	Arborícola
Sceloporus variabilis	Lagartija espinosa vientre rosado	Terrestre
Aspidoscelis guttatus	Ticuiliche mexicano	Terrestre
Micrurus diastema	Serpiente coralillo del Sureste	Terrestre

ESTADO DE CONSERVACIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN REPTILES REGISTRADOS DENTRO DEL ÁREA DE PROYECTO

De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, durante los trabajos de campo se registraron tres especies de reptiles incluidas en la categoría de Sujeta a protección especial (Pr)**:** *Ctenosaura acanthura*, *Iguana iguana* y *Micrurus diastema*. Por su parte, de acuerdo con la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), la totalidad de las especies de reptiles registradas se encuentra clasificada en la categoría de Preocupación menor (LC). En cuanto a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), Iguana *iguana* y *Ctenosaura acanthura* se encuentran incluidas en el Apéndice II. En el caso específico de esta última, la inclusión se realiza a nivel de género: *Ctenosaura* spp., por lo que comprende a *C. acanthura*. La propia documentación de CITES señala que esta especie se encontraba entre las especies propuestas para la inclusión del género completo en el Apéndice II.

Con respecto a su distribución, las especies *Ctenosaura acanthura* y *Micrurus diastema* son endémicas de México.

Cuadro 3.165 Estado de conservación nacional e internacional y distribución de reptiles

Nombre científico	Nombre común	NOM-059	IUCN	CITES
Basiliscus vittatus	Toloque rayado		LC	
Anolis sericeus	Abaniquillo sedoso		LC	
Hemidactylus frenatus	Geco casero común		LC	
Ctenosaura acanthura	Iguana de cola espinosa	Pr	LC	Apéndice II

Nombre científico	Nombre común	NOM-059	IUCN	CITES
	del Golfo			
Iguana iguana	Iguana verde	Pr	LC	Apéndice II
Sceloporus variabilis	Lagartija espinosa vientre rosado		LC	
Aspidoscelis guttatus	Ticuiliche mexicano		LC	
Micrurus diastema	Serpiente coralillo del Sureste	Pr	LC	

NOM-059-SEMARNAT-2010: Pr – Sujeta a protección especial; IUCN: LC – Least concern (Preocupación menor); CITES: Apéndice II - Incluye especies no necesariamente amenazadas de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse para evitar que así sea. También incluye especies que necesitan regularse por su similitud con otras. El comercio internacional se permite, pero bajo ciertos requisitos.



Imagen 3.106 Ejemplar de Micrurus diastema registrado en el área del proyecto, especie endémica de México y Sujeta a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

III.4.2.9.3 MAMÍFEROS

ABUNDANCIA RELATIVA

Para el grupo de mamíferos se obtuvo una riqueza de 10 especies con un total de 26 registros, el individuo con mayor abundancia relativa, con cinco registros, con un índice de abundancia relativa (IAR) de 19.23% fue el Murciélago de charreteras menor

(*Sturnira parvidens*), sin embargo, se clasifica como una especie escasa de acuerdo al porcentaje obtenido, seguido de las especies de murciélagos *Artibeus jamaicensis* (15.38%-Escasa), *Artibeus lituratus* (11.54%-Escasa) y *Sturnira hondurensis* (11.54-Escasa). Las cinco especies restantes presentaron un valor de índice de abundancia relativa menor al 9%, las cuales fueron categorizadas como especies raras. En cuanto al uso de suelo y vegetación, se registraron únicamente tres individuos de la especie *Sigmodon hipisdus* (11.54%-Escasa) para pastizal cultivado, las especies restantes fueron registradas para la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (Vsa/SBC).

Cuadro 3.166 Abundancia relativa de las especies de mamíferos registradas en el área de proyecto.

Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Valor IAR (%)	Abundancia Relativa (IAR)
Artibeus jamaicensis	Murciélago frutero de Jamaica	4	15.38	Escasa
Artibeus lituratus	Murciélago frutero gigante	3	11.54	Escasa
Glossophaga mutica	Murciélago lengüetón de Pallas	2	7.69	Rara
Leptonycteris yerbabuenae	Murciélago magueyero menor	1	3.85	Rara
Philander vossi	Tlacuache cuatro ojos	2	7.69	Rara
Procyon lotor	Mapache	1	3.85	Rara
Sciurus aureogaster	Ardilla vientre rojo	2	7.69	Rara
Sigmodon hispidus	Rata algodonera	3	11.54	Escasa
Sturnira hondurensis	Murciélago de charreteras mayor	3	11.54	Escasa
Sturnira parvidens	Murciélago de charreteras menor	5	19.23	Escasa

Categorías según su abundancia: abundante, 90 - 100%; común, 65 - 89%; moderadamente común, 31 - 64%; escasa 10-30 %; y rara, 1 - 9%.

Cuadro 3.167 Especies y número de individuos registrados dentro del área de proyecto.

Nombre común	Nombre científico	USV	
		Vsa/SBC	Pastizal C.
Orden Quiróptera			
Murciélago frutero de Jamaica	*Artibeus jamaicensis*	4	-
Murciélago frutero gigante	*Artibeus lituratus*	3	-
Murciélago de charreteras mayor	*Sturnira hondurensis*	3	-
Murciélago de charreteras menor	*Sturnira parvidens*	5	-
Murciélago magueyero menor	*Leptonycteris yerbabuenae*	1	-

Nombre común	Nombre científico	USV	
		Vsa/SBC	Pastizal C.
Murciélago lengüetón de Pallas	*Glossophaga mutica*	2	-
Orden Didelphimorphia			
Tlacuache cuatro ojos	*Philander vossi*	2	-
Orden Carnívora			
Mapache	*Procyon lotor*	1	-
Orden Rodentia			
Ardilla gris	*Sciurus aureogaster*	2	-
Rata algodonera	*Sigmodon hispidus*	-	3

ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE LOS MAMÍFEROS REGISTRADOS EN EL ÁREA DE PROYECTO

Durante los muestreos realizados para la caracterización de la mastofauna en el (CUSTF), se registraron un total de 26 individuos pertenecientes a 10 especies. Con base en la riqueza específica y la abundancia relativa de las especies registradas, se estimaron los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H´) y Simpson, con la finalidad de evaluar la estructura y distribución de la comunidad de mamíferos presente en el área de proyecto.

El Índice de Shannon-Wiener presentó un valor de H´ = 2.368. De acuerdo con los criterios establecidos, este valor se encuentra dentro del intervalo de 2.0 a 3.5, correspondiente a una diversidad media. El resultado obtenido, al presentar un valor cercano al máximo de diversidad calculado para las especies registradas (H´máx = 2.302), indica que existe una distribución relativamente uniforme de los individuos entre las especies registradas, sin que se observe una marcada concentración de la abundancia en una especie en particular. Por lo tanto, la comunidad de mamíferos registrada presenta una estructura relativamente equilibrada.

De manera complementaria, el Índice de Simpson presentó un valor de 0.086, el cual se encuentra cercano a cero ya que el índice toma valores entre 0 y 1, donde los valores próximos a cero representan una distribución más uniforme de las especies y los valores cercanos a uno indican una mayor dominancia de una sola especie. De acuerdo al resultado obtenido evidencia un bajo grado de dominancia dentro de la comunidad de mamíferos.

En conjunto, los resultados de ambos índices indican que la comunidad de mamíferos registrada en el área de CUSTF presenta una diversidad media, con baja dominancia y una distribución relativamente uniforme de las abundancias. Estos resultados permiten establecer que, durante el periodo de muestreo, no se presentó

una marcada dominancia de alguna especie, por lo que la comunidad registrada muestra una estructura relativamente equilibrada en cuanto a la representación de las especies presentes en el área de proyecto.

Cuadro 3.168 Valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson para la comunidad de mamíferos registrada en el área de estudio.

Grupo	Riqueza	Índice de Shannon-Wiener (H´)	H´max	Índice de Simpson (D)
Mamíferos	10	2.368	2.302	0.086

Índice de Shannon-Wiener (H´): 0 – 2, Diversidad baja, 2 – 3.5: Diversidad media, >3.5 – 5: Diversidad alta.
Índice de Simpson: toma valores de entre 0 y 1 en los cuales 0 representa a todas las especies igualmente distribuidas y 1 donde solo domina una especie.

SUFICIENCIA DE MUESTREO

Para verificar la suficiencia o esfuerzo de muestreo empleado para el grupo de mamíferos, se elaboró una curva de acumulación de especies, mediante los números de Hill, a partir del orden q^0, a través de estimaciones de diversidad bajo un enfoque no-asintótico basado en la interpolación y extrapolación, respecto al tamaño de la muestra y cobertura del muestreo. De acuerdo con los resultados en la curva de acumulación se obtuvo un valor observado de 10 especies, con un nivel de confianza inferior de 8.22 y un superior de 11.78 y con una cobertura de muestreo de 93%, lo cual fue apropiado para el registro de las especies que potencialmente se encuentran en el sitio de CUSTF.

Cuadro 3.169 Estimadores de riqueza y cobertura del muestreo para la comunidad de mamíferos.

Grupo	Diversidad	Diversidad de especies			Cobertura de muestreo		
		Observada	LCL	UCL	SC	LCL	UCL
Mamíferos	Riqueza de especies (q0)	10	8.22	11.78	0.931	0.841	1

Nota: LCL nivel de confianza inferior, UCL nivel de confianza superior, SC cobertura del muestreo

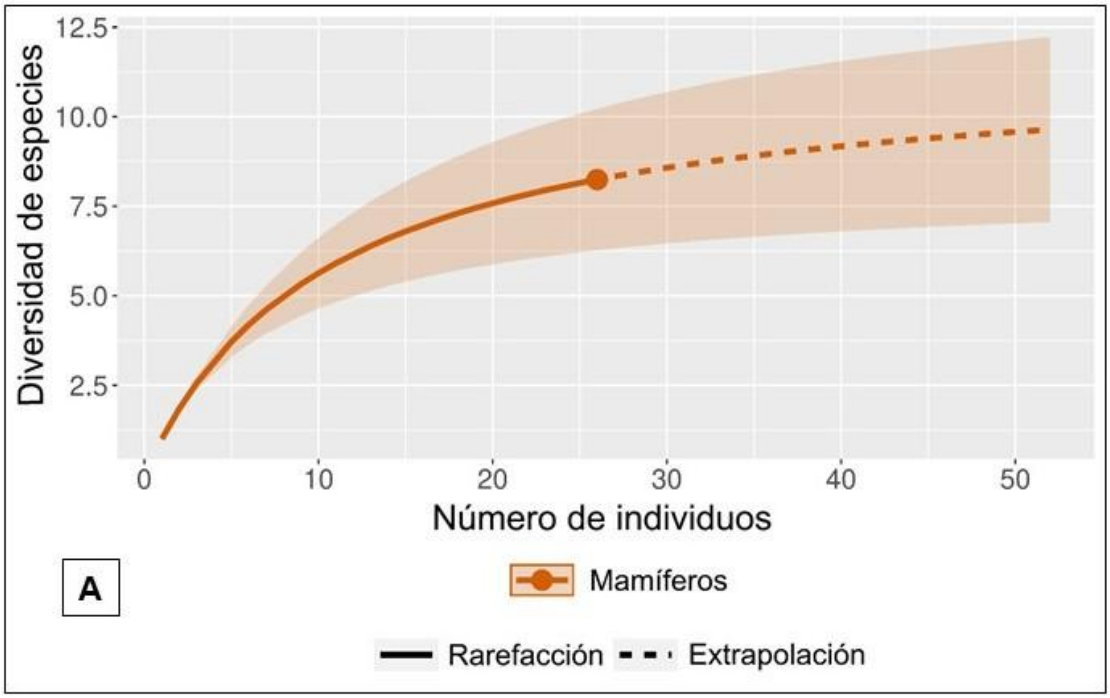


Imagen 3.107 Curva de acumulación: A) Diversidad de especies; B) Cobertura de muestreo.

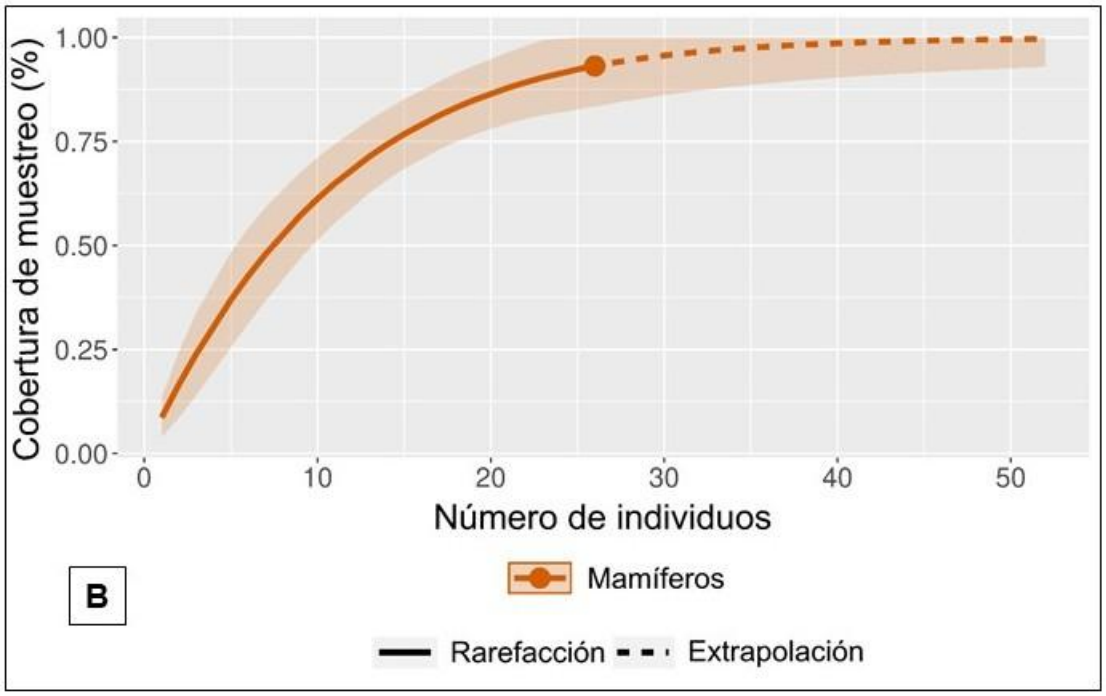


Imagen 3.108 Curva de acumulación: A) Diversidad de especies; B) Cobertura de muestreo.

SOCIABILIDAD

De acuerdo con el patrón de desplazamiento y organización social de las especies registradas, se establecieron tres categorías: solitario, correspondiente a aquellas especies en las que se observa un solo individuo; pareja, para las especies que presentan desplazamiento en pareja, independientemente de la época reproductiva; y gregaria, para aquellas especies que presentan una conformación de grupos de tres o más individuos. De acuerdo a lo encontrado en el área de estudio las especies como, *Philander vossi*, *Procyon lotor*, *Sciurus aureogaster* y *Sigmodon hispidus* se clasifican dentro de la categoría solitaria (40%), debido a que presentan predominantemente desplazamientos y actividades de manera individual.

Por otra parte, *Leptonycteris yerbabuenae* y *Glossophaga mutica* se consideran dentro de la categoría de pareja (20%), al presentar desplazamientos asociados entre dos individuos. Finalmente, *Artibeus jamaicensis*, *Artibeus lituratus*, *Sturnira hondurensis* y *Sturnira parvidens* se clasifican como especies gregarias (40%), debido a su capacidad para conformar agrupaciones de tres o más individuos, particularmente en actividades relacionadas con la alimentación, refugio y desplazamiento. En conjunto, las especies registradas presentan diferentes grados de asociación social, desde hábitos predominantemente solitarios hasta la formación de agrupaciones, lo que refleja la diversidad de estrategias de desplazamiento y organización social presentes en la comunidad de mamíferos registrada en el área de estudio.

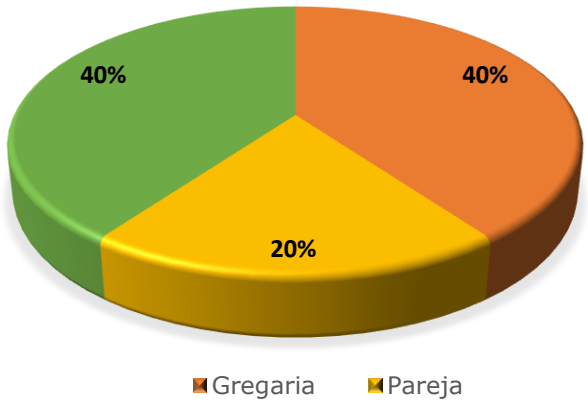


Imagen 3.109 Porcentaje de especies de mamíferos registrados de acuerdo con su comportamiento social

GREMIOS TRÓFICOS

Para el grupo de los mamíferos, los gremios tróficos identificados fueron: el gremio frugívoro, nectarívoro, omnívoro y herbívoro. De esta forma se puede ver que el gremio con mayor representación fue el de los frugívoros con un 40%, después con un 30% los omnívoros, y los gremios con menor representación fue el de los nectarívoros junto con el herbívoro los cuales tuvieron un 20% y 10%.

La identificación de gremios tróficos fue realizada a través del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) por CONABIO, así como de literatura y bases de datos especializados en el grupo faunístico y específico para las especies registradas (Ceballos & Oliva, 2005; Aranda, 2012; Álvarez *et al*., 2015; Mammal Diversity Database, 2021).

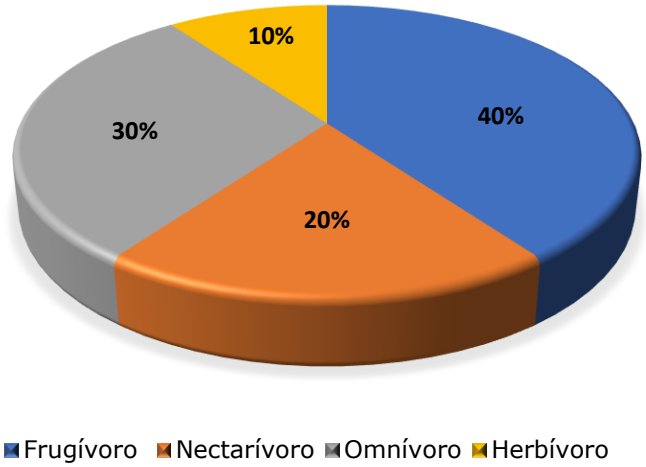


Imagen 3.110 Gremios tróficos identificados durante el muestreo de mamíferos registrados en el área de CUSTF.

DISTRIBUCIÓN VERTICAL

La distribución vertical de las especies de mamíferos registradas se determinó con base en el estrato de la vegetación en el que desarrollan principalmente sus actividades de desplazamiento, alimentación, refugio y descanso. Bajo este enfoque, se reconoció una diferenciación en el uso vertical del hábitat, con especies asociadas principalmente al estrato terrestre, al sotobosque y al estrato arbóreo. Las especies como; *Philander vossi*, *Procyon lotor* y *Sigmodon hispidus* están relacionadas principalmente con el estrato terrestre y la vegetación cercana al suelo, donde realizan principalmente actividades de desplazamiento y búsqueda de alimento.

Para el caso de la ardilla de vientre rojo (*Sciurus aureogaster)* presenta una mayor asociación con el estrato arbóreo, ya que utiliza principalmente troncos, ramas y las copas de los árboles para su desplazamiento, alimentación y refugio. Por su parte, las especies de murciélagos registradas, *Artibeus jamaicensis*, *Artibeus lituratus*, *Sturnira hondurensis*, *Sturnira parvidens*, *Leptonycteris yerbabuenae* y *Glossophaga mutica*, presentan una distribución predominantemente asociada con los estratos superiores de la vegetación, debido a sus hábitos de vuelo y al aprovechamiento de recursos disponibles en el dosel y estratos intermedios, incluyendo frutos, flores y néctar.

Cuadro 3.170 Distribución vertical de las especies de mamíferos presentes en la zona del área de CUSTF.

Nombre común	Nombre científico	Distribución vertical
Murciélago frutero de Jamaica	*Artibeus jamaicensis*	Sotobosque
Murciélago frutero gigante	*Artibeus lituratus*	Sotobosque
Murciélago de charreteras mayor	*Sturnira hondurensis*	Sotobosque
Murciélago de charreteras menor	*Sturnira parvidens*	Sotobosque
Murciélago magueyero menor	*Leptonycteris yerbabuenae*	Sotobosque
Murciélago lengüetón de Pallas	*Glossophaga mutica*	Sotobosque
Tlacuache cuatro ojos	*Philander vossi*	Terrestre
Mapache	*Procyon lotor*	Terrestre
Ardilla gris	*Sciurus aureogaster*	Arbóreo
Rata algodonera	*Sigmodon hispidus*	Terrestre

En conjunto, las especies registradas presentan una distribución vertical diferenciada, evidenciando el aprovechamiento de distintos componentes estructurales de la vegetación. De las especies el 60% fueron en un estrato arbóreo, el 30% se distribuyó en el estrato terrestre y, por último, el estrato arbóreo. Esta diferenciación en el uso del espacio permite la coexistencia de especies con distintos requerimientos ecológicos y contribuye a la utilización integral de los recursos disponibles dentro del área de estudio.

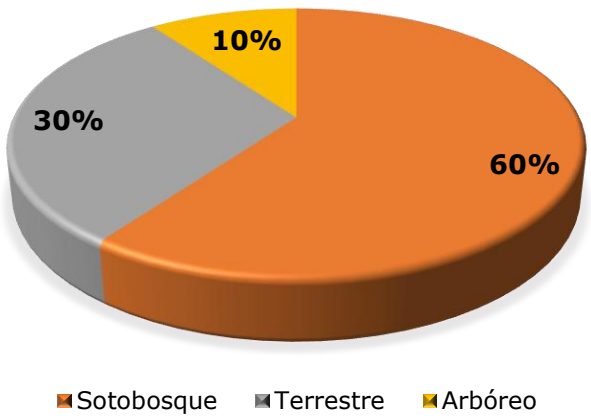


Imagen 3.111 Porcentaje de especies de mamíferos registradas de acuerdo al estrato en el que fueron encontrados.

ESTADO DE CONSERVACIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN MAMÍFEROS REGISTRADOS DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO.

De acuerdo con la clasificación del estado de conservación nacional designada por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, dentro del registro de especies de mamíferos se encontró una especie registrada sujeta a *Protección especial* (Pr) que fue el murciélago magueyero menor (*Leptonycteris yerbabuenae*). En lo que respecta a CITES, ninguna especie se encuentra dentro de un apéndice dentro de la convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora. Por último, el estatus de conservación internacional designado por la Lista roja de la IUCN, se identificó la misma especie de murciélago *Leptonycteris yerbabuenae* como Casi amenazada (NT).

Cuadro 3.171 Estatus de conservación nacional e internacional de las especies de mamíferos dentro del área de estudio.

Nombre científico	Nombre común	Estatus		
		NOM-059	CITES	IUCN
Artibeus jamaicensis	Murciélago frutero de Jamaica	-	-	-
Artibeus lituratus	Murciélago frutero gigante	-	-	-
Sturnira hondurensis	Murciélago de charreteras mayor	-	-	-
Sturnira parvidens	Murciélago de charreteras menor	-	-	-
Leptonycteris yerbabuenae	Murciélago magueyero menor	Pr	-	NT
Glossophaga mutica	Murciélago lengüetón de Pallas	-	-	-
Philander vossi	Tlacuache cuatro ojos	-	-	-
Procyon lotor	Mapache	-	-	-

Sciurus aureogaster	Ardilla gris	-	-	-
Sigmodon hispidus	Rata algodonera	-	-	-

III.4.2.9.4 AVES

ABUNDANCIA RELATIVA

Durante el muestreo se registró un total de 152 individuos, correspondientes a 25 familias y 39 especies de aves. Cabe mencionar que especies como *S. decaocto* y *M. monachus* fueron consideradas dentro de la comunidad de aves debido a la presencia que estas especies tienen en la zona, a pesar que están catalogadas como exóticas-invasoras, existen varios estudios científicos que nombran a las especies como *S. decaocto* como residente, así lo presenta Martínez-Gómez *et al.,* (2016), debido a que estas muestran una presencia estable dentro del área de estudio, utilizando la zona para llevar a cabo sus procesos biológicos como la reproducción. La comunidad de aves registró una mayor riqueza específica y abundancia en la vegetación correspondiente al Pastizal Cultivado, en el cual se registraron 30 especies y 109 individuos. Por otra parte, para la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia se registraron 19 especies y 43 individuos.

Cuadro 3.172 Especies y número de individuos por tipo de vegetación dentro del área de estudio.

Nombre científico	Nombre común	Uso de suelo y vegetación	
		VSa/SBC	PC
Dendrocygna autumnalis	Pijije alas blancas	5	5
Ortalis vetula	Chachalaca oriental	2	
Patagioenas flavirostris	Paloma morada	2	
Streptopelia decaocto	Paloma de collar turca	3	3
Columbina inca	Tortolita cola larga		2
Crotophaga sulcirostris	Garrapatero pijuy	6	2
Nyctidromus albicollis	Chotacabras pauraque		4
Aramides albiventris	Rascón nuca canela	2	
Porphyrio martinica	Gallineta morada		4
Aramus guarauna	Carrao		3
Jacana spinosa	Jacana norteña		6
Tachybaptus dominicus	Zambullidor menor		2
Nannopterum brasilianum	Cormorán neotropical		7
Eudocimus albus	Ibis blanco		7
Nyctanassa violácea	Garza nocturna corona clara		7
Egretta caerulea	Garza azul		4

Butorides virescens	Garcita verde		1
Ardea ibis	Garza ganadera occidental		5
Ardea alba	Garza blanca	1	3
Coragyps atratus	Zopilote común	2	1
Rupornis magnirostris	Aguililla caminera		1
Glaucidium brasilianum	Tecolote bajeño	1	
Strix virgata	Búho Café		1
Falco femoralis	Halcón fajado		1
Melanerpes aurifrons	Carpintero cheje	1	1
Myiopsitta monachus	Perico monje argentino		5
Pitangus sulphuratus	Luis bienteveo	1	
Megarynchus pitangua	Luis pico grueso		2
Tyrannus melancholicus	Tirano pirirí	2	
Stelgidopteryx serripennis	Golondrina alas aserradas		5
Campylorhynchus zonatus	Matraca tropical		3
Turdus grayi	Mirlo café	1	
Icterus gularis	Calandria dorso negro mayor		1
Agelaius phoeniceus	Tordo sargento		5
Dives dives	Tordo cantor	1	2
Quiscalus mexicanus	Zanate mayor	8	13
Thraupis Abbas	Tangara alas amarillas	1	
Sporophila morelleti	Semillero de collar	2	
Saltator grandis	Saltador gris mesoamericano	2	3

La especie que presentó la mayor abundancia dentro del predio fue el Zanate mayor (*Quiscalus mexicanus*), con 21 individuos registrados, lo que representa una abundancia relativa de 13.82% del total de individuos registrados. Le siguió el Pijije alas blancas (*Dendrocygna autumnalis*), con 10 individuos (6.58%), y el Garrapatero pijuy (*Crotophaga sulcirostris*), con 8 individuos (5.26%). En conjunto, estas tres especies presentaron los valores más elevados de abundancia relativa dentro de la comunidad de aves registrada en el área de estudio.

En contraste, las especies que presentaron la menor abundancia fueron aquellas de las que se obtuvo un solo registro, equivalente a una abundancia relativa de 0.66% para cada especie. Este grupo estuvo conformado por la Tangara alas amarillas (*Thraupis abbas*), la Garcita verde (*Butorides virescens*), la Aguililla caminera (*Rupornis magnirostris*), el Tecolote bajeño (*Glaucidium brasilianum*), el Halcón fajado (*Falco femoralis*), el Búho café (*Strix virgata*) y la Calandria dorso negro mayor (*Icterus gularis*).

Cuadro 3.173 Abundancia relativa en la comunidad de aves dentro del área de estudio.

Especie	Valor IAR (%)	Abundancia	Abundancia relativa (IAR)
Agelaius phoeniceus	3.29	5	Rara
Aramides albiventris	1.32	1	Rara
Aramus guarauna	1.97	3	Rara
Ardea alba	2.63	4	Rara
Ardea ibis	3.29	5	Rara
Butorides virescens	0.66	1	Rara
Campylorhynchus zonatus	1.97	3	Rara
Columbina inca	1.32	2	Rara
Coragyps atratus	1.97	3	Rara
Crotophaga sulcirostris	5.26	8	Rara
Dendrocygna autumnalis	6.58	10	Rara
Dives dives	1.97	3	Rara
Egretta caerulea	2.63	4	Rara
Eudocimus albus	4.61	7	Rara
Falco femoralis	0.66	1	Rara
Glaucidium brasilianum	0.66	1	Rara
Icterus gularis	0.66	1	Rara
Jacana spinosa	3.95	6	Rara
Megarynchus pitangua	1.32	2	Rara
Melanerpes aurifrons	1.32	2	Rara
Myiopsitta monachus	3.29	5	Rara
Nannopterum brasilianum	4.61	7	Rara
Nyctanassa violacea	4.61	7	Rara
Nyctidromus albicollis	2.63	4	Rara
Ortalis vetula	1.32	2	Rara
Patagioenas flavirostris	1.32	1	Rara
Pitangus sulphuratus	0.66	1	Rara
Porphyrio martinica	2.63	4	Rara
Quiscalus mexicanus	13.82	21	Escasa
Rupornis magnirostris	0.66	1	Rara
Saltator grandis	3.29	5	Rara
Sporophila morelleti	1.32	2	Rara
Stelgidopteryx serripennis	3.29	5	Rara
Streptopelia decaocto	3.95	6	Rara
Strix virgata	0.66	1	Rara
Tachybaptus dominicus	1.32	2	Rara
Thraupis Abbas	0.66	1	Rara

Turdus grayi	0.66	1	Rara
Tyrannus melancholicus	1.32	1	Rara

Nota: Categorías para la abundancia relativa: abundante (90 - 100%), común (65 - 89%), moderadamente común (31 - 64%); escasa (10-30 %) y rara (1 - 9%).



Imagen 3.112 Pijije alas blancas (*Dendrocygna autumnalis*) la segunda especie más abundante. Halcón fajado (*Falco femoralis*), especie con un único registro y una de las menos abundantes de la comunidad.

La marcada diferencia en la abundancia de *Quiscalus mexicanus* respecto al resto de la avifauna registrada puede asociarse con la interacción del área del proyecto con zonas urbanizadas y otros ambientes con influencia antropogénica. Esta especie presenta características de generalista de hábitat y elevada tolerancia a ambientes modificados, lo que favorece su presencia y establecimiento en áreas urbanas y periurbanas (King *et al.,* 2011), se ha documentado una mayor selección de áreas desarrolladas por parte de *Q. mexicanus*, con una ocupación estimada superior a la observada en áreas abiertas y zonas con cobertura arbórea. Asimismo, estudios realizados en ambientes antrópicos de México han registrado una mayor abundancia de esta especie en ambientes urbanos, asociada con el proceso de urbanización (MacGregor-Fors y Schondube, 2012).

En este sentido, la mayor abundancia relativa de *Q. mexicanus* registrada en el área de estudio puede estar relacionada con su plasticidad ecológica y capacidad para aprovechar recursos disponibles en ambientes perturbados.



Imagen 3.113 Zanate mayor (*Quiscalus mexicanus*), especie del gremio omnívoro y la especie con mayor abundancia.

ÍNDICES DE DIVERSIDAD EN AVES REGISTRADOS DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO

Durante los muestreos realizados en el área de estudio se registraron 152 individuos pertenecientes a 39 especies de aves. El análisis de diversidad mediante el índice de Shannon-Wiener (H') presentó un valor de 3.478, cercano a la diversidad máxima teórica calculada para la comunidad (H'max = 3.663). Esta relación indica una elevada equidad en la distribución de las abundancias, de manera que la comunidad registrada no se encuentra fuertemente estructurada por unas pocas especies numéricamente dominantes.

Cuadro 3.174 Índices de diversidad para aves en el área de estudio.

Grupo	Riqueza	Índice de Shannon-Wiener (H')	H' Máx.	Índice de Simpson (D)
Aves	39	3.478	3.663	0.04

Nota: Índice de Shannon-Wiener (H´): 0 – 2: Diversidad baja, 2 – 3.5: Diversidad media, >3.5 – 5: Diversidad alta. Índice de Simpson, este índice toma valores de entre 0 y 1 en los cuales 0 representa a todas las especies igualmente distribuidas y 1 donde solo domina una especie.

De manera complementaria, el índice de dominancia de Simpson presentó un valor de 0.04, evidenciando una baja concentración de la abundancia en una o pocas especies. Este resultado es congruente con el valor obtenido mediante el índice de

Shannon-Wiener y señala una comunidad con alta equidad y baja dominancia específica.

SUFICIENCIA DE MUESTREO EN AVES DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO

Para evaluar la suficiencia del esfuerzo de muestreo empleado para la caracterización de la avifauna, se construyeron curvas de acumulación de especies y de cobertura de muestreo, utilizando los números de Hill de orden q_0, correspondientes a la riqueza de especies. El análisis se realizó mediante un enfoque no asintótico basado en procedimientos de interpolación y extrapolación, considerando tanto el tamaño de la muestra como su grado de cobertura, con el propósito de evaluar la completitud y representatividad del inventario obtenido.

De acuerdo con los resultados, se registró una riqueza observada de 39 especies, con un intervalo de confianza comprendido entre 34.85 y 43.15 especies. Asimismo, la cobertura de la muestra alcanzó un valor de 0.91 (91%), lo que indica que los individuos pertenecientes a las especies detectadas representan aproximadamente el 91% de la comunidad estimada bajo el modelo de cobertura empleado. En este sentido, la probabilidad de que un nuevo individuo seleccionado aleatoriamente pertenezca a una especie previamente registrada es elevada, mientras que la proporción asociada con especies no detectadas o de baja frecuencia sería comparativamente reducida.

El valor de cobertura obtenido evidencia un alto grado de completitud del inventario, por lo que el esfuerzo de muestreo realizado se considera adecuado para caracterizar la riqueza y composición general de la comunidad de aves presente durante el periodo evaluado. Si bien un incremento en el esfuerzo podría generar registros adicionales, principalmente de especies raras, ocasionales o con baja detectabilidad, la cobertura alcanzada sugiere que dichos registros adicionales representarían una fracción relativamente pequeña de la comunidad y no necesariamente modificarían de manera sustancial los patrones generales observados.

Cuadro 3.175 Estimaciones de diversidad bajo un enfoque no-asintótico.

Grupo	Diversidad	Diversidad de especies			Cobertura de muestreo		
		Observadas	LCL	UCL	SC	LCL	UCL
Aves	Riqueza de especies (q^0) ALTA	39	34.85	43.15	0.91	0.87	0.95

Nota: LCL nivel de confianza inferior, UCL nivel de confianza superior, SC cobertura del muestreo.

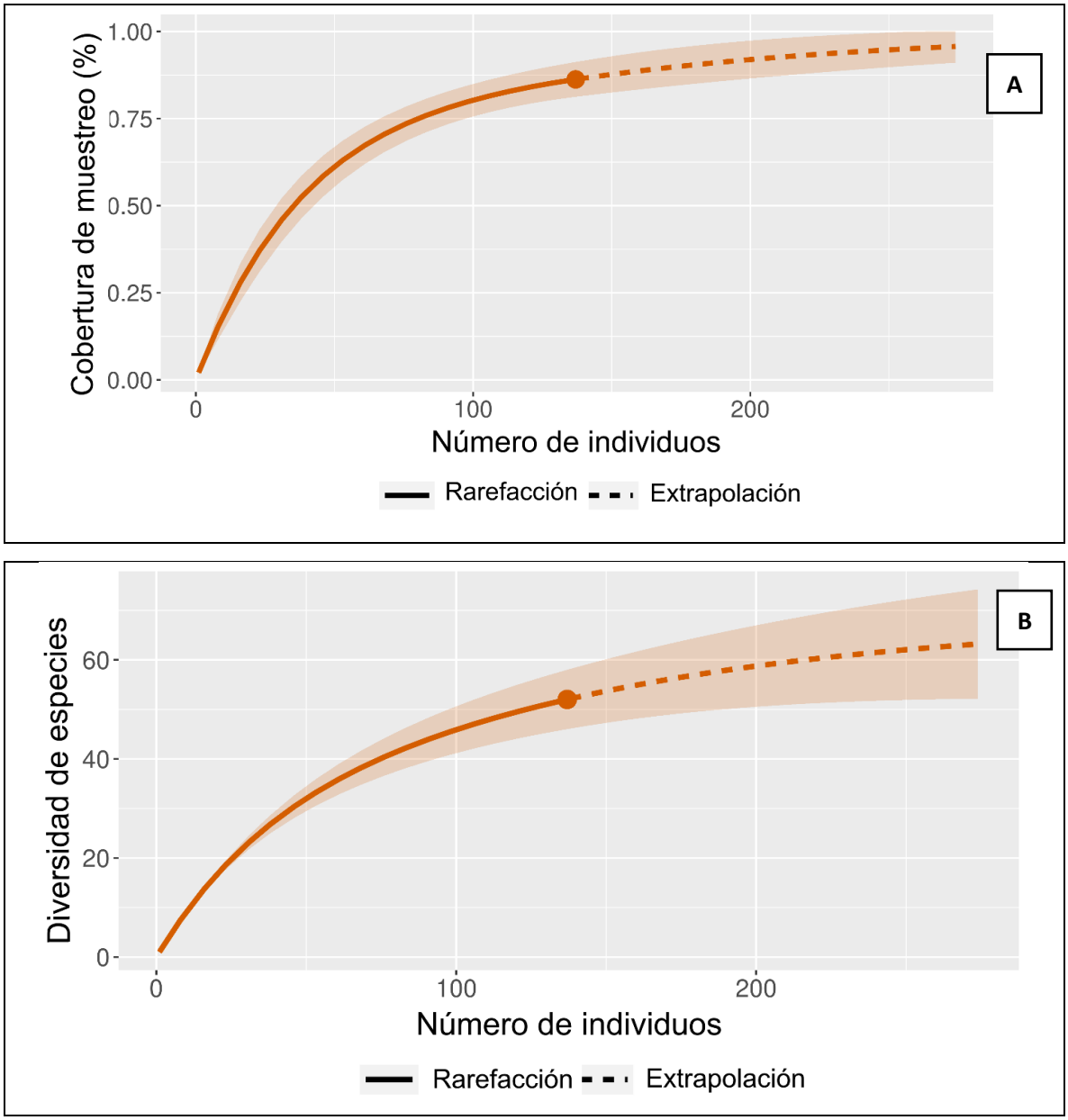


Imagen 3.114 A) Cobertura de muestreo B) Curva de acumulación de especies.

SOCIABILIDAD

Como parte de la caracterización ecológica de la avifauna, se registraron aspectos relacionados con el comportamiento social de las especies, considerando su tendencia a presentarse de manera solitaria, en pareja o formando agrupaciones gregarias. De las 39 especies registradas, 20 especies (51%) presentaron predominantemente hábitos solitarios, constituyendo la categoría mejor representada; 14 especies (36%) fueron clasificadas como gregarias, mientras que cinco especies (13%) mostraron una tendencia a presentarse principalmente en pareja.

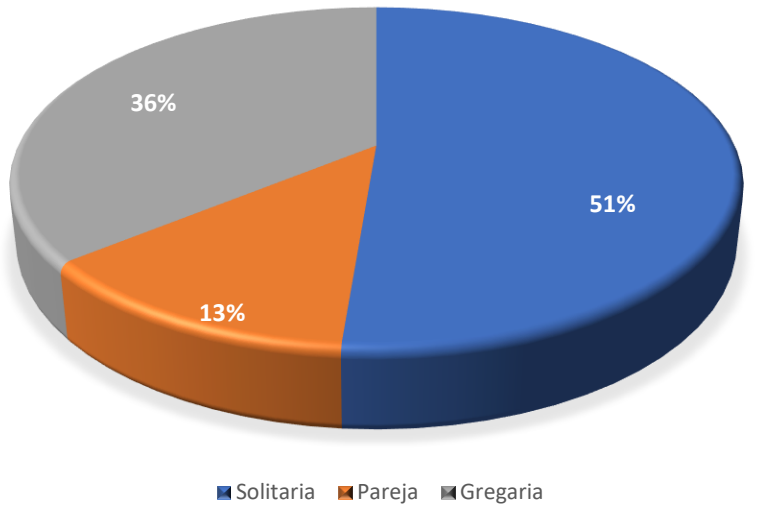


Imagen 3.115 Sociabilidad de la avifauna en el área de estudio.

La composición de estas categorías debe considerarse dinámica, ya que el grado de sociabilidad de las aves puede variar temporalmente en respuesta a factores como la época reproductiva, migración, disponibilidad y distribución de los recursos alimentarios, así como las estrategias de forrajeo y protección frente a depredadores. En diversas especies se han documentado cambios estacionales desde comportamientos solitarios o asociados en pareja durante el periodo reproductivo hacia la formación de grupos durante periodos no reproductivos (Stevenson *et al.*, 2019).

GREMIOS TRÓFICOS EN AVES DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO

La comunidad de aves registrada dentro del área de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales estuvo conformada por seis gremios tróficos. El gremio con mayor representatividad correspondió al de las especies omnívoras, que concentró el 44 % de las especies registradas. La predominancia de este gremio puede estar relacionada con la presencia de especies con hábitos alimentarios generalistas y capacidad para utilizar una amplia variedad de recursos tróficos, características que pueden favorecer su permanencia en ambientes con distintos grados de modificación y perturbación antropogénica.

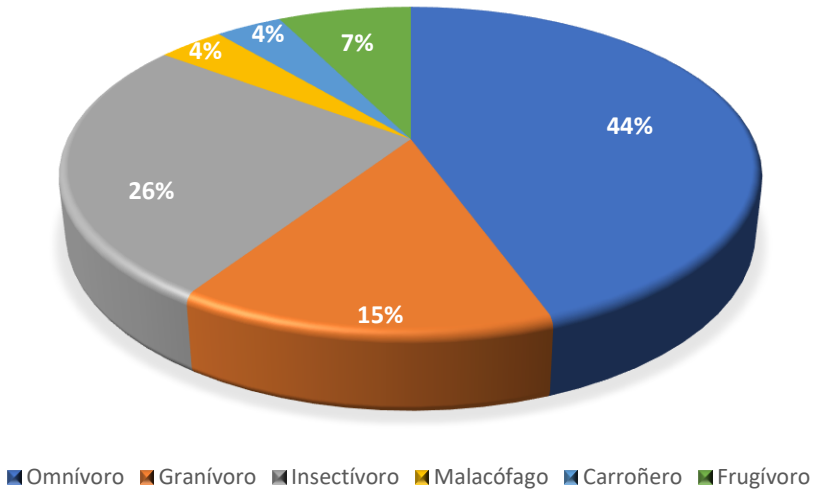


Imagen 3.116 Gremios tróficos en la comunidad de aves dentro de estudio.

Entre las especies omnívoras registradas se encuentran *Quiscalus mexicanus, Dives dives, Pitangus sulphuratus, Melanerpes aurifrons y Ortalis vetula*, las cuales presentan capacidad para utilizar recursos disponibles tanto en ambientes con cobertura vegetal como en áreas con influencia antropogénica. En este sentido, la proximidad e interacción del área de estudio con zonas urbanizadas puede favorecer la presencia de especies con plasticidad ecológica y estrategias de forrajeo generalistas, contribuyendo a la predominancia de este gremio dentro de la comunidad de aves registrada.

En contraste, los gremios con menor representación dentro de la comunidad de aves correspondieron a los carroñeros y malacófagos, ambos con una representación del 4 % del total de especies registradas. El gremio malacófago estuvo representado por *Aramus guarauna*, especie cuya alimentación se encuentra estrechamente asociada con la disponibilidad de moluscos, particularmente caracoles acuáticos (Sandoval y García-Reynoza, 2019). La presencia de cuerpos de agua en las inmediaciones del área de estudio constituye una fuente potencial de recursos tróficos para esta especie, por lo que su registro dentro del área de estudio puede estar relacionado con el desplazamiento entre diferentes sitios de alimentación y descanso. Debido a sus requerimientos alimentarios y a la distribución espacial de sus recursos, *A. guarauna* puede realizar desplazamientos relativamente amplios en búsqueda de alimento, utilizando de manera temporal los ambientes disponibles dentro y en las proximidades del área de estudio.

DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LA COMUNIDAD DE AVES DENTRO DEL ESTUDIO

La caracterización de la distribución vertical de la avifauna permite evaluar el uso diferencial de los estratos y componentes estructurales de la vegetación, proporcionando información complementaria a los parámetros convencionales de riqueza y abundancia. La estratificación vertical constituye un componente relevante en la organización de las comunidades de aves, debido a que las especies pueden presentar diferencias en el uso del espacio vertical en función de sus requerimientos de alimentación, refugio, desplazamiento y otras características ecológicas (Walther, 2002; Chmel et al., 2016). Asimismo, la estructura y disponibilidad del follaje pueden relacionarse con variaciones en la riqueza, abundancia y diversidad de las aves entre diferentes estratos de la vegetación. En este sentido, considerar la dimensión vertical permite obtener una caracterización más integral del uso del hábitat por parte de la comunidad de aves registrada en el área de estudio (Basham et al., 2023).

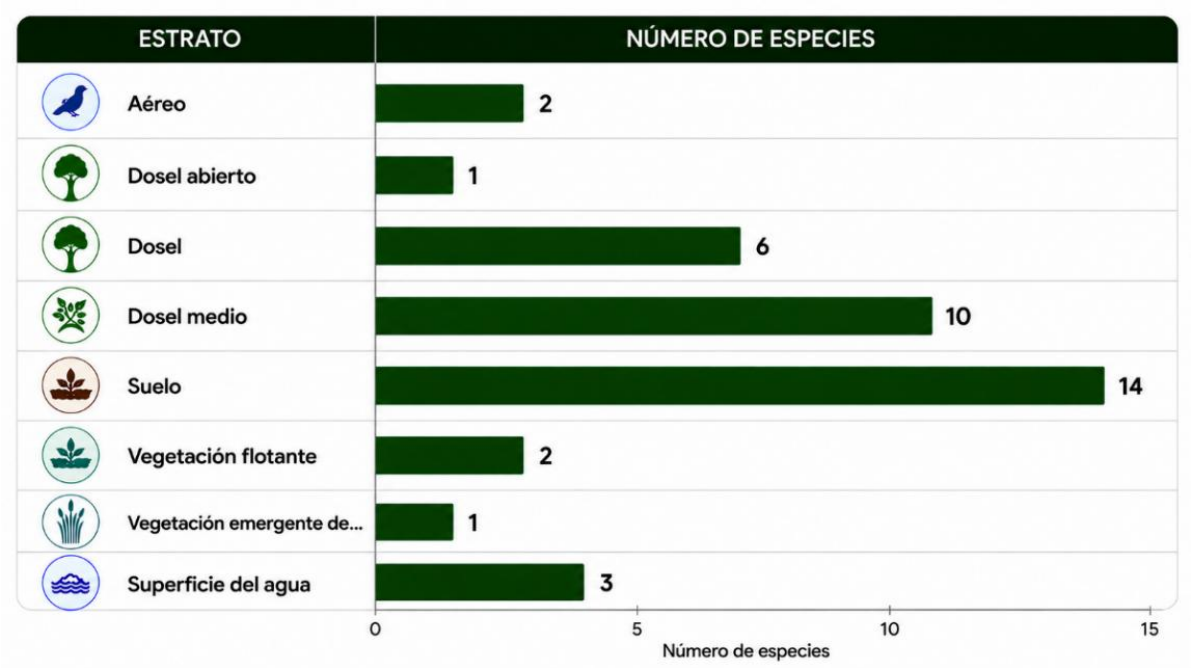


Imagen 3.117 Distribución vertical de la comunidad de aves dentro del CUSTF.

ESTADO DE CONSERVACIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN LA AVIFAUNA DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO

De acuerdo con la clasificación de las especies de flora y fauna silvestres en alguna categoría de riesgo establecida en la NOM-059-SEMARNAT-2010, dentro de la

comunidad de aves registrada en el área de estudio se identificaron dos especies incluidas en alguna categoría de riesgo: el Carrao (*Aramus guarauna*) y el Halcón fajado (*Falco femoralis*). Ambas especies se encuentran clasificadas en la categoría Amenazada (A).

Respecto al estado de conservación a nivel internacional, de acuerdo con la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2026), las 39 especies de aves registradas en el área de estudio se encuentran clasificadas en la categoría Preocupación Menor (LC). Esta categoría corresponde a especies que, con base en la información disponible y los criterios de evaluación de la IUCN, no cumplen actualmente con los criterios establecidos para ser consideradas dentro de alguna de las categorías de mayor riesgo de extinción.

Por otra parte, de acuerdo con la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2026), se identificaron cuatro especies incluidas en el Apéndice II: el Aguililla caminera (*Rupornis magnirostris*), el Tecolote bajeño (*Glaucidium brasilianum*), el Búho café (*Strix virgata*) y el Halcón fajado (*Falco femoralis*). Asimismo, el Pijije alas blancas (*Dendrocygna autumnalis*) se encuentra incluido en el Apéndice III.

La inclusión de estas especies en los apéndices de CITES corresponde a mecanismos de regulación y control del comercio internacional de especímenes de fauna silvestre, por lo que su presencia en dichos apéndices no debe interpretarse, por sí misma, como evidencia de que las especies se encuentren amenazadas o en riesgo de extinción a nivel internacional.

Entre las aves registradas se identificaron dos especies no nativas: la paloma de collar turca (*Streptopelia decaocto*), originaria de Eurasia, y el perico monje argentino (*Myiopsitta monachus*), originario de Sudamérica. Ambas se encuentran incluidas en el Anexo I del Acuerdo por el que se determina la Lista de las Especies Exóticas Invasoras para México. Durante el muestreo, *S. decaocto* presentó seis individuos (tres en VSa/SBC y tres en pastizal cultivado), mientras que *M. monachus* registró cinco individuos exclusivamente en el pastizal cultivado (SEMARNAT, 2016; CONABIO, 2026).

Estos registros se mantienen dentro de la riqueza total por corresponder a especies efectivamente observadas durante los trabajos de campo; no obstante, deben diferenciarse de la riqueza nativa y no interpretarse como indicadores del valor de conservación de la vegetación sujeta a CUSTF. Su presencia es indicativo también de la influencia de la matriz urbana y de los ambientes modificados existentes alrededor del proyecto.

Cuadro 3.176 Estado de conservación de las especies según la NOM-059-SEMARNAT-2010, IUCN y CITES

Nombre científico	Nombre común	NOM-059	IUCN	CITES
Dendrocygna autumnalis	Pijije alas blancas		LC	Apéndice III
Ortalis vetula	Chachalaca oriental		LC	
Patagioenas flavirostris	Paloma morada		LC	
Streptopelia decaocto	Paloma de collar turca		LC	
Columbina inca	Tortolita cola larga		LC	
Crotophaga sulcirostris	Garrapatero pijuy		LC	
Nyctidromus albicollis	Chotacabras pauraque		LC	
Aramides albiventris	Rascón nuca canela		LC	
Porphyrio martinica	Gallineta morada		LC	
Aramus guarauna	Carrao	A	LC	
Jacana spinosa	Jacana norteña		LC	
Tachybaptus dominicus	Zambullidor mejor		LC	
Nannopterum brasilianum	Cormorán neotropical		LC	
Eudocimus albus	Ibis blanco		LC	
Nyctanassa violacea	Garza nocturna corona clara		LC	
Egretta caerulea	Garza azul		LC	
Butorides virescens	Garcita verde		LC	
Ardea ibis	Garza ganadera occidental		LC	
Ardea alba	Garza blanca		LC	
Coragyps atratus	Zopilote común		LC	
Rupornis magnirostris	Aguililla caminera		LC	Apéndice II
Glaucidium brasilianum	Tecolote bajeño		LC	Apéndice II
Strix virgata	Búho Café		LC	Apéndice II
Falco femoralis	Halcón fajado	A	LC	Apéndice II
Melanerpes aurifrons	Carpintero cheje		LC	
Myiopsitta monachus	Perico monje argentino		LC	
Pitangus sulphuratus	Luis bienteveo		LC	
Megarynchus pitangua	Luis pico grueso		LC	
Tyrannus melancholicus	Tirano piriri		LC	
Stelgidopteryx serripennis	Golondrina alas aserradas		LC	
Campylorhynchus zonatus	Matraca tropical		LC	
Turdus grayi	Mirlo café		LC	
Icterus gularis	Calandria dorso negro mayor		LC	
Agelaius phoeniceus	Tordo sargento		LC	
Dives dives	Tordo cantor		LC	
Quiscalus mexicanus	Zanate mayor		LC	

Thraupis abbas	Tangara alas amarillas		LC	
Sporophila morelleti	Semillero de collar		LC	
Saltator grandis	Saltador gris mesoamericano		LC	

III.4.2.10 CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS DE FAUNA EN EL ÁREA DEL PROYECTO

III.4.2.10.1 ANFIBIOS Y REPTILES

Con base en los resultados obtenidos durante los trabajos de campo, se registró una comunidad de herpetofauna conformada por 12 especies y 77 individuos, de los cuales 23 individuos correspondieron a cuatro especies de anfibios y 54 individuos a ocho especies de reptiles. La composición registrada refleja una comunidad asociada principalmente a las condiciones actuales de vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia y pastizal cultivado, así como a los recursos y elementos estructurales disponibles dentro del área de estudio.

Para los anfibios, la mayor riqueza y abundancia se registró en la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, con tres especies y 15 individuos, mientras que en el pastizal cultivado se registraron dos especies y ocho individuos. La comunidad estuvo caracterizada por una distribución desigual de la abundancia, destacando *Leptodactylus melanonotus* como la especie más abundante, con 15 individuos, equivalente al 65.22 % del total registrado. En concordancia con este patrón, los índices de diversidad reflejaron una comunidad con una riqueza reducida y una distribución no uniforme de los individuos entre las especies.

Desde el punto de vista trófico y ecológico, las cuatro especies de anfibios registradas pertenecieron al gremio insectívoro, lo que evidencia una comunidad con una estrategia alimentaria homogénea, basada principalmente en el consumo de insectos y otros pequeños invertebrados. En cuanto a su comportamiento social, las cuatro especies fueron consideradas de hábitos solitarios, aunque pueden presentar agrupaciones temporales asociadas a actividades reproductivas o a la disponibilidad de recursos. Respecto a su distribución vertical, tres especies presentaron hábitos arborícolas y una especie hábitos terrestres, lo que indica que la comunidad utiliza principalmente los estratos de vegetación, aunque también existe representación de especies asociadas al suelo.

En el caso de los reptiles, se registraron ocho especies y 54 individuos, con una riqueza similar entre los ambientes evaluados, aunque la abundancia fue considerablemente mayor en la vegetación secundaria arbustiva de selva baja

caducifolia. La comunidad presentó una marcada concentración de individuos en *Sceloporus variabilis*, que representó el 72.22 % de la abundancia total. Este patrón se reflejó en los índices de Shannon-Wiener y Simpson, evidenciando una distribución desigual de la abundancia y una marcada dominancia numérica de esta especie.

La composición trófica de los reptiles fue más heterogénea que la de los anfibios. De las ocho especies registradas, cuatro fueron insectívoras, dos omnívoras, una frugívora y una carnívora. El predominio de especies insectívoras indica una importante utilización de los recursos asociados a artrópodos, mientras que la presencia de especies omnívoras, frugívoras y carnívoras refleja un mayor espectro de recursos alimentarios utilizados por este grupo. En cuanto al uso del espacio, tres especies presentaron hábitos terrestres, tres arborícolas y dos semiarborícolas, evidenciando una utilización diferenciada de los estratos disponibles y una distribución vertical más diversificada que la observada para los anfibios.

En términos de suficiencia del muestreo, los resultados indican que el esfuerzo realizado en campo permitió obtener una representación adecuada de las comunidades de anfibios y reptiles presentes en el área de estudio. Ambos grupos presentaron una cobertura elevada del muestreo, lo que indica que una proporción importante de la comunidad fue representada mediante los individuos registrados. Asimismo, la riqueza observada se encontró dentro de los intervalos de confianza de la riqueza estimada tanto para anfibios como para reptiles, lo que evidencia una correspondencia adecuada entre las especies registradas y la riqueza esperada bajo las condiciones del muestreo. En conjunto, estos resultados sugieren que el esfuerzo de muestreo fue suficiente para caracterizar de manera adecuada la composición de la herpetofauna registrada en el área de estudio. No obstante, no puede descartarse la presencia de otras especies, particularmente aquellas que, debido a su baja abundancia, hábitos crípticos o características biológicas, presentan una menor probabilidad de detección durante los muestreos.

En conjunto, los resultados permiten caracterizar la composición y estructura de la comunidad de anfibios y reptiles registrada en el área de estudio, así como sus principales características ecológicas relacionadas con la alimentación, sociabilidad y utilización del espacio. Los anfibios presentaron una comunidad tróficamente homogénea y predominantemente arborícola, mientras que los reptiles mostraron una mayor diversidad de gremios alimentarios y una utilización más amplia de los estratos terrestre, arborícola y semiarborícola. Estos atributos indican que ambos grupos aprovechan de manera diferenciada los recursos y condiciones estructurales presentes en el área.

Finalmente, la caracterización obtenida constituye una línea base de la herpetofauna presente bajo las condiciones actuales del área de estudio, útil para valorar los posibles efectos derivados del cambio de uso de suelo y para establecer medidas de prevención, mitigación y manejo. La diferencia entre la riqueza observada y la estimada, particularmente en reptiles, hace necesario interpretar los resultados como una representación de las especies detectadas durante el periodo y bajo el esfuerzo de muestreo empleado, sin descartar la presencia potencial de otras especies con menor detectabilidad.

III.4.2.10.2 MAMÍFEROS

Con base en los resultados obtenidos, la comunidad de mamíferos registrada en el área de estudio está conformada por nueve especies y 23 individuos en la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia y una especie con tres registros en el pastizal cultivado, lo que en conjunto representan una mastofauna de 10 especies y 26 individuos; presentando una diversidad media (H´ = 2.302) y un bajo grado de dominancia (Simpson = 0.086), lo que indica una distribución relativamente uniforme de las especies registradas. Asimismo, la cobertura de muestreo del 93% evidencia que el esfuerzo realizado fue adecuado para representar la riqueza de mamíferos presente en el área de estudio.

En cuanto a la distribución espacial y ecológica, se identificó el aprovechamiento de diferentes estratos de la vegetación, desde el terrestre y sotobosque hasta el estrato arbóreo, así como diferentes estrategias de asociación y desplazamiento. La presencia de gremios frugívoro, omnívoro, nectarívoro y herbívoro muestra el aprovechamiento de diversos recursos disponibles dentro del área, destacando los frugívoros como el grupo de mayor representación. Asimismo, el registro de especies asociadas principalmente a la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia indica que este tipo de cobertura constituye un componente importante para la alimentación, desplazamiento y refugio de la mastofauna registrada, mientras que el pastizal cultivado presentó una menor representación, con únicamente tres registros correspondientes a *Sigmodon hispidus*.

Finalmente, dentro de las especies registradas destaca *Leptonycteris yerbabuenae*, catalogada como Sujeta a Protección especial (Pr) en la NOM-059-SEMARNAT-2010. No obstante, su presencia no representa por sí misma una limitante para la ejecución del proyecto, debido a que se trata de una especie de alta movilidad, cuyos hábitos de desplazamiento y alimentación le permiten utilizar diferentes áreas y trasladarse hacia sitios con condiciones ambientales favorables. Por lo anterior, se considera que la especie cuenta con capacidad para desplazarse de manera natural hacia áreas aledañas durante las actividades que impliquen modificación de la cobertura

vegetal, disminuyendo la probabilidad de afectaciones directas sobre los individuos. En este sentido, la presencia de *L. yerbabuenae* deberá ser considerada dentro de las medidas de prevención y protección de fauna silvestre durante la ejecución del CUSTF; sin embargo, no se considera que su registro comprometa la viabilidad del proyecto, siempre que se implementen las medidas ambientales correspondientes para evitar afectaciones directas y favorecer el desplazamiento natural de la fauna hacia áreas con condiciones de hábitat adecuadas.

III.4.2.10.3 AVES

La comunidad de aves registrada en el área de estudio presentó una alta diversidad (H' = 3.478) y baja dominancia (D = 0.04), lo que refleja una distribución relativamente equitativa de las abundancias y la ausencia de una marcada dominancia por parte de una o pocas especies.

Aunque algunas especies alcanzaron abundancias de hasta 21 individuos, las abundancias relativas mostraron una distribución comparativamente homogénea entre las especies que integraron la comunidad. De igual manera, la baja abundancia observada para la mayoría de las especies podría estar influenciada por las condiciones de perturbación existentes en el entorno, particularmente por la contaminación acústica derivada de las actividades antropogénicas desarrolladas en las zonas colindantes, factor que puede modificar los patrones de ocupación, comunicación y uso del hábitat por parte de las aves.

La cobertura del muestreo, estimada en 91%, indica que el esfuerzo realizado permitió caracterizar de manera adecuada una proporción importante de la comunidad de aves presente durante el periodo de estudio. Sin embargo, el porcentaje restante sugiere la posible presencia de especies adicionales de baja detectabilidad, ocurrencia ocasional o temporal, por lo que un incremento en el esfuerzo de muestreo podría incorporar nuevos registros sin modificar necesariamente los principales patrones ecológicos observados.

En cuanto a la estructura trófica, el gremio omnívoro fue el mejor representado, concentrando el 44% de las especies registradas. La predominancia de este gremio puede relacionarse con la presencia de especies con hábitos alimentarios generalistas y capacidad para aprovechar una amplia variedad de recursos. Esta flexibilidad trófica puede favorecer su presencia en ambientes sujetos a distintos grados de modificación antropogénica, donde la disponibilidad y distribución de los recursos pueden diferir respecto de ambientes con una mayor integridad ecológica. Por lo tanto, la elevada representación de especies omnívoras es congruente con las

características de perturbación y transformación observadas en el área de estudio y su entorno inmediato.

Respecto al estado de conservación, se identificaron **dos especies** incluidas en la categoría de Amenazada (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como cinco especies incorporadas en los Apéndices II y III de CITES, a inclusión de estas especies en los apéndices corresponde a mecanismos de regulación y control del comercio internacional de especímenes de fauna silvestre, por lo que su presencia en dichos apéndices no debe interpretarse, por sí misma, como evidencia de que las especies se encuentren amenazadas o en riesgo de extinción a nivel internacional. Por su parte, todas las especies registradas se encuentran clasificadas como de Preocupación Menor (LC) conforme a la IUCN.

Evidencia fotográfica de las especies de vertebrados terrestres registradas en el área de proyecto.

Anfibios



Leptodactylus melanonotus **(Ranita de hojarasca)**



Agalychnis callidryas **(Rana de árbol de ojos rojos)**



Scinax staufferi **(Rana arborícola trompuda)**



Hypopachus ustus **(Sapo boca angosta huasteco)**

Reptiles



Basiliscus vittatus **(Toloque rayado)**



Anolis sericeus **(Abaniquillo sedoso)**



Hemidactylus frenatus **(Geco casero común)**



Ctenosaura acanthura **(Iguana de cola espinosa del Golfo)**



Iguana iguana **(Iguana verde)**



Sceloporus variabilis **(Lagartija espinosa vientre rosado)**



Aspidoscelis guttatus **(Ticuiliche mexicano)**



Micrurus diastema **(Serpiente coralillo del Sureste)**

Mamíferos



Murciélago frutero gigante (*Artibeus lituratus)*



Murciélago frutero de Jamaica *(Artibeus jamaicensis)*



Murciélago de charreteras menor *(Sturnira parvidens)*



Murciélago de charreteras mayor *(Sturnira hondurensis)*



Murciélago magueyero menor *(Leptonycteris yerbabuenae)*



Murciélago lengüetón de Pallas *(Glossophaga mutica*)



Tlacuache cuatro ojos (*Philander vossi)*



Mapache *(Procyon lotor)*



Mapache, huella *(Procyon lotor)*



Rata algodonera *(Sigmodon hispidus)*

Aves



Ibis blanco
(*Eudocimus albus*)



Halcón fajado
(*Falco femoralis*)



Tecolote bajeño
(*Glaucidium brasilianum*)



Pijije alas blancas
(*Dendrocygna autumnalis*)



Aguililla caminera
(*Rupornis magnirostris*)



Pijije alas blancas
(*Dendrocygna autumnalis*)



***Garza nocturna corona clara* (Nyctanassa violácea)**

III.4.2.11 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA FAUNÍSTICA

III.4.2.11.1 ALCANCE Y CRITERIOS DE COMPARACIÓN

El análisis faunístico tuvo como propósito caracterizar la composición de los **vertebrados terrestres** registrados en la superficie propuesta para cambio de uso de suelo en terrenos forestales (**CUSTF**) y compararla con la fauna documentada en la Región Ecológica (**RE**). El estudio comprendió **anfibios, reptiles, mamíferos y aves**, considerando la riqueza observada, el número de registros, la distribución de las especies entre ambientes, los índices de diversidad, la suficiencia del muestreo y su estado de conservación.

La superficie de CUSTF comprende **0.8559 ha** distribuidas en dos fragmentos de **Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC).** Para mantener una comparación ambientalmente equivalente, los resultados obtenidos en estos fragmentos se contrastaron exclusivamente con los registros correspondientes al mismo tipo de vegetación dentro de la RE, donde la VSa/SBC ocupa **344.2548 ha**.

El **pastizal cultivado** existente en el resto del predio se consideró como un **ambiente complementario** de muestreo, debido a que algunas especies pueden utilizarlo temporalmente para desplazarse, alimentarse, descansar o transitar entre fragmentos de vegetación. Sin embargo, sus registros se mantienen diferenciados y

no fueron incorporados en la comparación final entre la VSa/SBC del CUSTF y la VSa/SBC de la RE.

Esta separación permite evitar que las diferencias entre tipos de cobertura influyan en la interpretación de los resultados. Asimismo, debe considerarse que el número de especies e individuos registrados representa el resultado del esfuerzo de campo y de la detectabilidad de cada grupo, por lo que no corresponde a una estimación directa del tamaño de las poblaciones ni demuestra, por sí solo, dependencia exclusiva de las especies respecto de la superficie sujeta a CUSTF.

Debe considerarse que la fauna silvestre presenta distintos grados de movilidad y que sus desplazamientos no se restringen a los límites del polígono de CUSTF. Bajo este panorama, los registros obtenidos expresan la presencia y utilización del área durante el periodo de muestreo, ya sea como espacio de alimentación, refugio, descanso, reproducción o desplazamiento, pero no implican necesariamente una dependencia exclusiva de las 0.8559 ha solicitadas para el cambio de uso de suelo.

Bajo este panorama, el grado de afectación se determina mediante la integración de cuatro aspectos: la proporción de la riqueza regional representada en el CUSTF; la cantidad de especies compartidas entre ambas escalas; la presencia de especies de distribución restringida o incluidas en alguna categoría de riesgo; y la disponibilidad de ambientes equivalentes dentro de la RE. De esta manera, la valoración no se limita al número de especies registrado, sino que considera su representatividad regional y la importancia relativa del área de intervención dentro del ecosistema analizado.





Imagen 3.118 Ambientes considerados en la caracterización faunística del área del proyecto: A) y B) Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia correspondiente al CUSTF; C) y D) pastizal cultivado considerado como ambiente complementario.

III.4.2.11.2 RIQUEZA Y ABUNDANCIA FAUNÍSTICA

Como referencia general, en el área total evaluada del proyecto, integrada por la superficie de VSa/SBC y el pastizal cultivado contiguo, se registraron **61 especies y 255 individuos** de vertebrados terrestres. En el conjunto de ambientes evaluados dentro de la **RE** se registraron **69 especies y 501 individuos.** Estos resultados permiten conocer el contexto faunístico general de ambas escalas; sin embargo, debido a que incluyen diferentes tipos de cobertura, no constituyen por sí solos la comparación directa requerida para valorar el efecto del CUSTF.

Por esta razón, el análisis principal se concentró en los registros obtenidos específicamente en la VSa/SBC. Dentro de la superficie de CUSTF se registraron **34 especies y 84 individuos**, mientras que en la vegetación equivalente de la **RE** se identificaron **53 especies y 274 individuos**. La distribución de estos registros por grupo faunístico se presenta en la tabla siguiente.

Cuadro 3.177 Comparación de la riqueza y abundancia de vertebrados terrestres registrados en la VSa/SBC del área de CUSTF y de la RE.

Grupo faunístico	Riqueza en el CUSTF	Individuos en el CUSTF	Riqueza en la RE	Individuos en la RE
Anfibios	2	8	4	62
Reptiles	5	10	7	19
Mamíferos	9	23	8	32
Aves	18	43	34	161
Total	**34**	**84**	**53**	**274**

Los resultados muestran que la **VSa/SBC** del **CUSTF** contiene representantes de los cuatro grupos faunísticos evaluados. Las aves presentaron la mayor riqueza en ambas escalas, con **18** especies en el CUSTF y **34** en la RE, seguidas por los mamíferos, reptiles y anfibios. Esta distribución es congruente con la mayor capacidad de desplazamiento y detección de las aves, así como con la variedad de recursos que este grupo puede aprovechar en la vegetación secundaria y en los ambientes contiguos.

La riqueza registrada en el CUSTF equivale al **64.15 %** de las **53 especies** identificadas en la VSa/SBC de la **RE**. Este porcentaje indica que el área solicitada comparte una proporción importante de la fauna regional; no obstante, **no significa** que el CUSTF concentre ese mismo porcentaje de las poblaciones o del hábitat disponible. La RE comprende una extensión territorial considerablemente mayor y conserva otros fragmentos de VSa/SBC en los que las especies pueden encontrar condiciones semejantes para su alimentación, refugio y desplazamiento.

En mamíferos se registró una riqueza ligeramente mayor en el CUSTF que en los sitios de VSa/SBC muestreados dentro de la RE. Este resultado debe interpretarse como una diferencia en la detección durante los periodos y métodos de muestreo, y no como evidencia de que el área de CUSTF posea una diversidad regional superior. La movilidad de los mamíferos, el uso temporal de los ambientes y la respuesta particular de cada especie a los métodos de captura pueden producir diferencias en los registros obtenidos entre sitios.

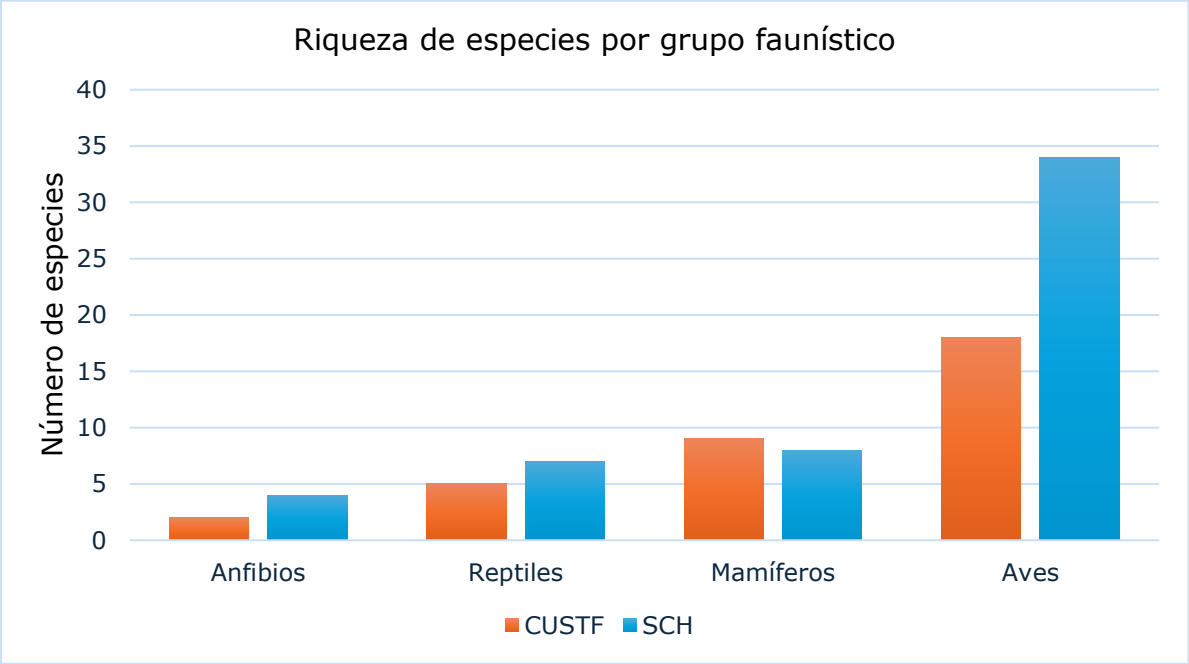


Imagen 3.119 Comparación de la riqueza de especies por grupo faunístico en la VSa/SBC del área de CUSTF y de la RE.

En términos generales, la menor riqueza registrada en el CUSTF respecto de la RE es consistente con la diferencia de superficie y con la **mayor variedad de condiciones ambientales** comprendidas en la escala regional. Al mismo tiempo, la presencia de los cuatro grupos dentro del polígono confirma que la superficie cumple funciones de uso para la fauna local, por lo que su intervención deberá acompañarse de medidas de prevención, rescate, ahuyentamiento y protección. La magnitud de la afectación se precisará mediante el análisis de las especies compartidas, exclusivas y sujetas a alguna categoría de conservación.

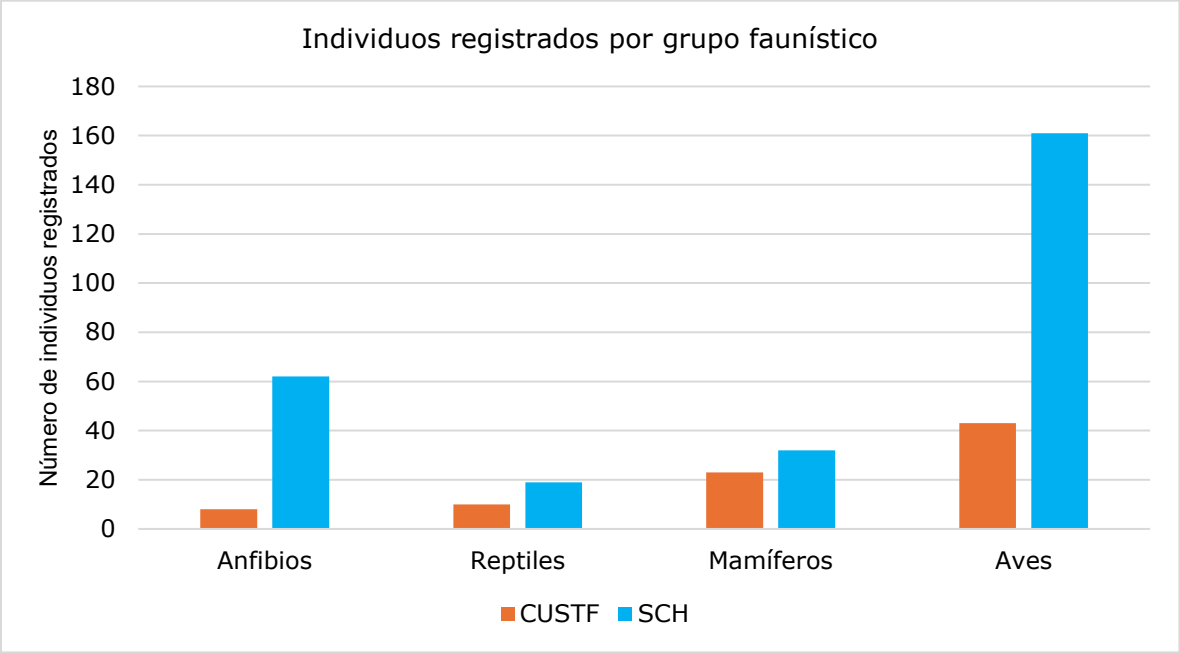


Imagen 3.120 Comparación del número de registros por grupo faunístico en la VSa/SBC del CUSTF y de la RE.

En total, los **84 registros** obtenidos en el CUSTF equivalen al **30.66 %** de los **274** documentados en la **RE.** La diferencia se relaciona con la mayor superficie regional evaluada, la longitud de los recorridos, la movilidad de las especies, su detectabilidad y los métodos utilizados para cada grupo.

Los resultados muestran que la VSa/SBC del CUSTF es utilizada por diferentes grupos de vertebrados; no obstante, la riqueza y el número de registros se encuentran ampliamente representados en la RE. Asimismo, la presencia de una especie dentro del polígono no demuestra que dependa exclusivamente de esta superficie, particularmente cuando se trata de organismos móviles que utilizan distintos ambientes para desplazarse, alimentarse, descansar o refugiarse.

III.4.2.11.3 CORRESPONDENCIA DE LA COMPOSICIÓN FAUNÍSTICA ENTRE EL CUSTF Y LA RE

Para determinar la representatividad regional de la fauna registrada en el área de CUSTF, se compararon las listas de especies identificadas en la VSa/SBC de ambas escalas. Las especies se clasificaron en tres grupos: compartidas, cuando fueron registradas tanto en el CUSTF como en la RE; registradas únicamente en el CUSTF; y registradas únicamente en la RE.

Esta comparación se realizó con datos de presencia y ausencia, por lo que no depende del número de individuos observado ni de las diferencias de abundancia entre las áreas evaluadas. Los resultados se presentan en la tabla siguiente.

Cuadro 3.178 Correspondencia de las especies de vertebrados terrestres registradas en la VSa/SBC del área de CUSTF y de la RE.

Grupo faunístico	Riqueza en el CUSTF	Riqueza en la RE	Especies compartidas	Sólo registradas en el CUSTF	Sólo registradas en la RE	Especies del CUSTF representadas en la RE
Anfibios	2	4	2	0	2	100.00 %
Reptiles	5	7	5	0	2	100.00 %
Mamíferos	9	8	6	3	2	66.67 %
Aves	18	34	15	3	19	83.33 %
Total	**34**	**53**	**28**	**6**	**25**	**82.35 %**

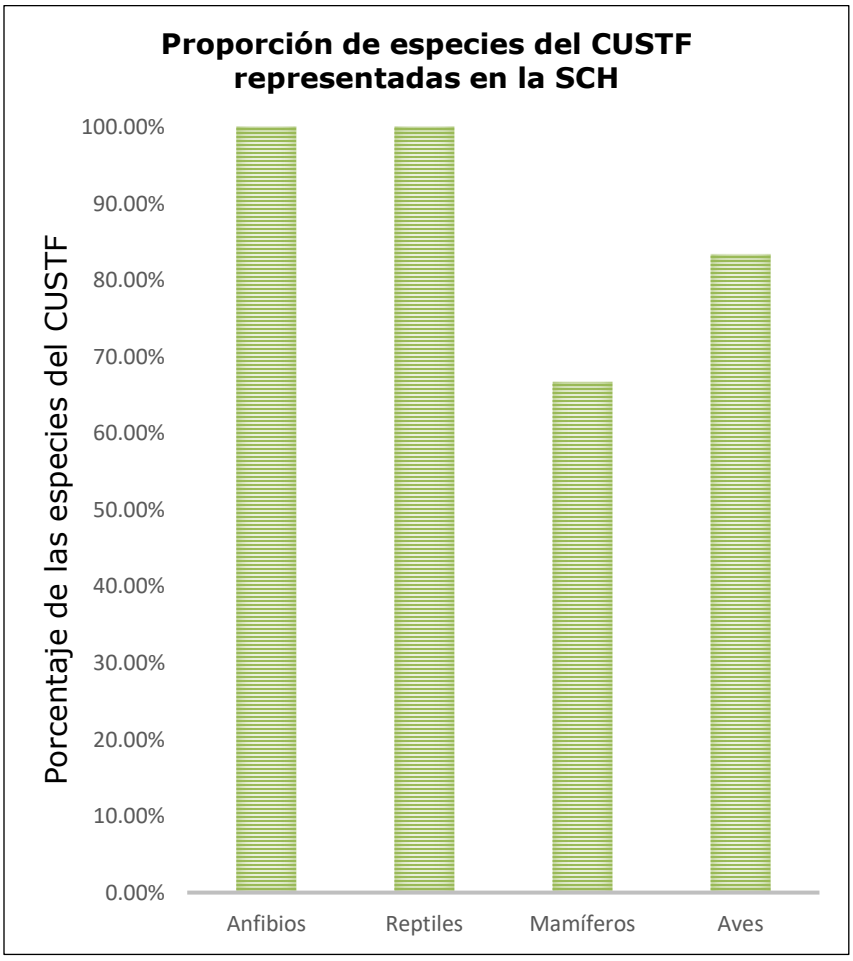


Imagen 3.121 Proporción de las especies registradas en la VSa/SBC del CUSTF que también fueron observadas en la VSa/SBC de la RE, por grupo faunístico.

De las **34 especies** registradas en la VSa/SBC del CUSTF, **28** también fueron identificadas en la vegetación equivalente de la RE. Esto significa que el **82.35 %** de la composición faunística del área solicitada para cambio de uso de suelo se encuentra representada en la escala regional.

En **anfibios y reptiles**, la totalidad de las especies registradas en el CUSTF también estuvo presente en la RE. En **aves,** 15 de las 18 especies identificadas dentro de la superficie forestal fueron compartidas, mientras que en mamíferos se obtuvo coincidencia para seis de las nueve especies registradas.

Las seis especies detectadas únicamente en la **VSa/SBC** del CUSTF fueron *Glossophaga mutica*, *Leptonycteris yerbabuenae*, *Sturnira parvidens*, *Ardea alba*, *Streptopelia decaocto* y *Thraupis abbas*. El término "únicamente" se refiere exclusivamente a los resultados obtenidos en los sitios y periodos de muestreo considerados; por tanto, **no significa** que estas especies **sean exclusivas** del predio, que su distribución esté restringida a las **0.8559 ha** del CUSTF o que no puedan encontrarse en otros ambientes de la RE.

La diferencia en los registros puede relacionarse con la movilidad de las especies, la disponibilidad temporal de recursos, su comportamiento, los horarios de actividad y su probabilidad de detección. Esta consideración es particularmente importante para las aves y los murciélagos, cuyos desplazamientos pueden abarcar superficies mayores que el área directamente afectada.

Por otra parte, en la VSa/SBC de la RE se registraron **25 especies** que no fueron detectadas dentro del CUSTF. Este resultado evidencia que la escala regional contiene una **composición faunística más amplia** y que las especies se distribuyen de manera diferenciada entre los fragmentos de vegetación secundaria evaluados.

En conjunto, la elevada proporción de especies compartidas permite establecer que la fauna registrada dentro del CUSTF forma parte de una comunidad con representación regional. La intervención producirá una modificación local del espacio utilizado por la fauna; sin embargo, los resultados no indican que la mayor parte de las especies dependa exclusivamente del polígono solicitado. Esta condición reduce el riesgo de pérdida regional de especies, sin eliminar la necesidad de aplicar acciones de ahuyentamiento, rescate, reubicación y protección durante la preparación del sitio.

III.4.2.11.4 DIVERSIDAD FAUNÍSTICA Y SUFICIENCIA DEL MUESTREO

Los índices de diversidad complementan la comparación de la riqueza y composición faunística presentada en los apartados anteriores. Mientras la riqueza expresa el número de especies registradas, el índice de **Shannon-Wiener (H')** considera tanto la riqueza como la distribución de los individuos entre las especies; por su parte, el índice de **Simpson (D)** permite reconocer el grado de dominancia dentro de la comunidad (Shannon & Weaver, 1949; Simpson, 1949). En este último índice, los valores próximos a cero indican una distribución más uniforme de los registros, mientras que los valores mayores reflejan una concentración más marcada de individuos en una o pocas especies.

Los valores utilizados en este apartado corresponden a los resultados reportados en los análisis efectuados mediante PAST e iNEXT para el área del proyecto y la RE (Hammer et al., 2001; Hsieh et al., 2016). Debe precisarse que estos índices fueron calculados con el conjunto de registros faunísticos disponible para cada área evaluada, incluyendo los ambientes de VSa/SBC y pastizal cultivado. Por esta razón, su función dentro del presente capítulo es complementar la interpretación general de la comunidad y respaldar la suficiencia de los inventarios; la comparación específica del tipo de vegetación sujeto a CUSTF corresponde a la desarrollada previamente con los registros exclusivos de VSa/SBC.

Cuadro 3.179 Comparación de los índices de diversidad y cobertura del muestreo de la fauna registrada en el área del proyecto y en la RE.

Grupo faunístico	H' área del proyecto	H' RE	Simpson (D) área del proyecto	Simpson (D) RE	Cobertura área del proyecto	Cobertura RE
Anfibios	0.967	0.7626	0.474	0.5813	0.920	1.000
Reptiles	1.146	1.660	0.528	0.2890	0.946	0.972
Mamíferos	2.368	1.751	0.086	0.2292	0.931	0.911
Aves	3.478	3.578	0.041	0.0300	0.913	0.970

H': *índice de Shannon-Wiener;* ***D:*** *índice de dominancia de Simpson. La cobertura se expresa en una escala de cero a uno.*

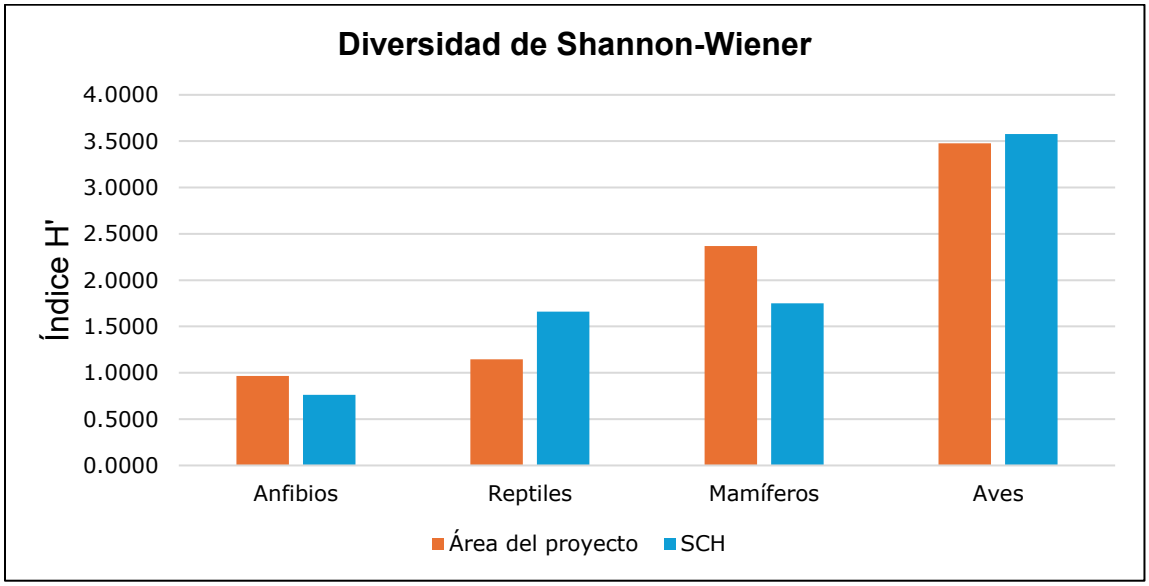


Imagen 3.122 Comparación del índice de Shannon-Wiener por grupo faunístico entre el área del proyecto y la RE.

Los resultados no muestran un comportamiento único para todos los grupos. En los **anfibios** se obtuvo un valor de Shannon-Wiener ligeramente mayor en el área del proyecto que en la RE; sin embargo, en ambos casos los valores corresponden a comunidades con pocas especies y con una distribución desigual de sus abundancias. Esta condición se relaciona con la concentración de registros en las especies numéricamente mejor representadas y no necesariamente con una diferencia sustancial en la composición, ya que las dos especies de anfibios identificadas en la VSa/SBC del CUSTF también fueron registradas en la RE.

En los **reptiles**, el valor de Shannon-Wiener fue menor en el área del proyecto, mientras que la dominancia de Simpson fue mayor. Esto indica que los registros del proyecto se concentraron con mayor intensidad en determinadas especies. A pesar de ello, las cinco especies registradas específicamente en la VSa/SBC del CUSTF también estuvieron representadas en la vegetación equivalente de la RE, por lo que la diferencia observada se relaciona principalmente con la distribución de sus abundancias y no con la presencia de una composición exclusiva del polígono.

Para los **mamíferos**, el área del proyecto presentó un valor de Shannon-Wiener mayor y una dominancia de Simpson menor que la RE. Esto significa únicamente que, dentro de los registros obtenidos, los individuos estuvieron distribuidos de manera más uniforme entre las especies detectadas y que ninguna concentró una proporción excesiva de los registros. Estos índices describen la estructura de la muestra, pero no determinan por sí solos la calidad, singularidad o importancia

regional del hábitat, pues están influidos por la abundancia registrada, la detectabilidad de las especies y el esfuerzo de muestreo (Moreno, 2001).

Por lo tanto, el resultado **no indica** que el área sujeta a CUSTF constituya un ecosistema especial o indispensable para la conservación de los mamíferos. Seis de las nueve especies registradas en el proyecto también fueron identificadas en la RE, mientras que la ausencia de las tres restantes en el muestreo regional no demuestra que sean exclusivas del polígono, sino únicamente que no fueron detectadas durante ese esfuerzo de campo. Considerando además que el CUSTF comprende 0.8559 ha, equivalente aproximadamente al 0.25 % de la VSa/SBC existente en la RE, la intervención producirá una afectación localizada, pero **no** ocasionará la pérdida regional del grupo ni comprometerá su permanencia, siempre que se apliquen las medidas de prevención y mitigación previstas.

La comunidad de **aves** presentó los valores más elevados de Shannon-Wiener y los valores más bajos de dominancia en ambas áreas, lo que evidencia una riqueza mayor y una distribución relativamente uniforme de los registros. Los resultados fueron semejantes entre el área del proyecto y la RE, con valores de H' de 3.478 y 3.578, respectivamente. Asimismo, 15 de las 18 especies registradas en la VSa/SBC del CUSTF estuvieron representadas en la RE, confirmando una correspondencia elevada de la composición avifaunística.

En cuanto a la suficiencia del muestreo, la cobertura reportada fue superior a **0.90** para los **cuatro grupos faunísticos** en ambas áreas (Chao et al., 2014; Chao & Jost, 2012). En términos porcentuales, la cobertura del área del proyecto varió entre 91.3 % y 94.6 %, mientras que en la RE se ubicó entre 91.1 % y 100 %. Estos valores indican que el esfuerzo realizado permitió representar una proporción **alta** de las comunidades detectables bajo las condiciones, temporadas y métodos empleados. No obstante, la cobertura elevada no significa que se haya registrado la totalidad absoluta de las especies que pudieran utilizar ocasionalmente el área, especialmente aquellas con baja abundancia, hábitos crípticos, actividad estacional o amplia capacidad de desplazamiento.

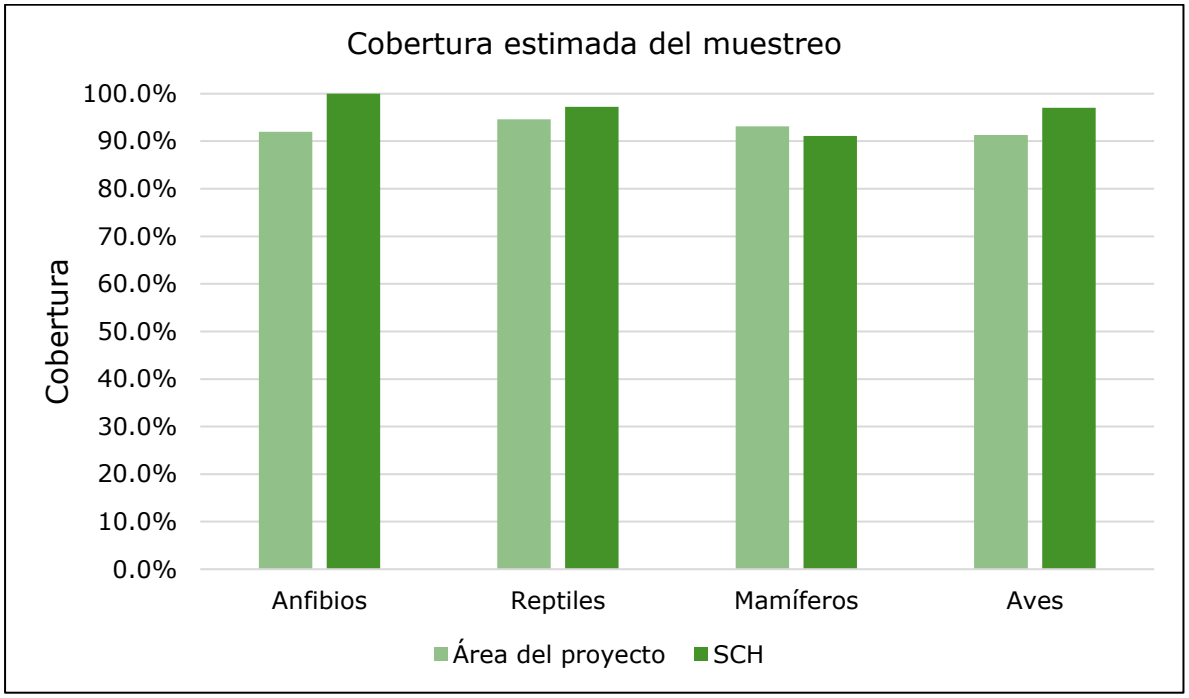


Imagen 3.123 Cobertura estimada del muestreo por grupo faunístico en el área del proyecto y la RE.

Las diferencias entre los índices deben interpretarse con cautela, debido a que la riqueza, la abundancia y la probabilidad de detección varían entre grupos y áreas de muestreo. Por ello, estos resultados no se utilizan aisladamente para determinar el grado de afectación. Su importancia consiste en demostrar que los inventarios cuentan con una representatividad adecuada y que la comparación florística y faunística se sustenta en información de campo suficiente.

Los índices no evidencian una disminución uniforme de la diversidad en el área del proyecto respecto de la RE. Algunos grupos presentaron valores mayores y otros menores, mientras que las aves mostraron resultados muy próximos entre ambas escalas. Esta variación, junto con la elevada proporción de especies del CUSTF también representadas regionalmente, indica que la comunidad registrada en el polígono forma parte de la fauna asociada al mosaico ambiental de la RE y **no constituye un conjunto faunístico aislado**. Lo anterior permite prever una afectación espacialmente localizada, sin que ello elimine la necesidad de aplicar medidas de ahuyentamiento, rescate, reubicación y protección de las especies durante la ejecución del CUSTF.

III.4.2.11.5 ESPECIES DE FAUNA CON CATEGORÍA DE RIESGO O REGULACIÓN

Además de la riqueza, abundancia, diversidad y correspondencia faunística entre las áreas evaluadas, se revisó la condición de las especies registradas con respecto a la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, su modificación y fe de erratas; los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (**CITES**); y la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (**UICN**) (CITES, 2026; SEMARNAT, 2010, 2019, 2020; UICN, 2026).

Estos instrumentos tienen alcances distintos. La NOM-059-SEMARNAT constituye la referencia nacional para identificar especies en riesgo; CITES regula su comercio internacional, por lo que su inclusión en un apéndice **no** representa por sí misma una prohibición para ejecutar el CUSTF; mientras que la Lista Roja de la UICN proporciona una evaluación científica del riesgo de extinción a escala global y funciona como referencia complementaria.

La comparación se realizó con los registros obtenidos específicamente en la **vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (VSa/SBC)** del CUSTF y de la RE. Los registros correspondientes a especies que utilizan tanto la VSa/SBC como el pastizal cultivado se incorporaron de manera complementaria, debido a que muestran el desplazamiento y aprovechamiento de los diferentes ambientes que conforman el paisaje.

Cuadro 3.180 Comparación de las especies con categoría de riesgo o regulación registradas en la VSa/SBC del CUSTF y de la RE.

Grupo	Especie	NOM-059	UICN	CITES	CUSTF	RE	Correspondencia
Anfibios	*Agalychnis callidryas*	No listada	LC	Apéndice II	Sí	Sí	Compartida
Anfibios	*Hypopachus ustus*	Pr	LC	No listada	No	Sí	Registrada únicamente en la RE
Reptiles	*Iguana iguana*	Pr	LC	Apéndice II	Sí	Sí	Compartida
Reptiles	*Ctenosaura acanthura*	Pr	LC	Apéndice II	No	Sí	Registrada únicamente en la RE
Mamíferos	*Leptonycteris yerbabuenae*	No listada en el Anexo vigente	NT	No listada	Sí	No	Registrada únicamente en el CUSTF

Pr: Sujeta a Protección Especial; LC: Preocupación Menor; NT: Casi Amenazada. La expresión "únicamente" se refiere a los registros obtenidos durante el muestreo y no implica exclusividad geográfica o ecológica.

En la VSa/SBC del CUSTF se identificaron **tres especies con alguna condición de conservación o regulación**, mientras que en la vegetación equivalente de la RE se reconocieron **cuatro**. Dos de ellas, *Agalychnis callidryas* e *Iguana iguana*, fueron compartidas entre ambas escalas.

Con respecto a la **NOM-059** vigente, en el CUSTF se confirmó la presencia de *Iguana iguana*, especie Sujeta a Protección Especial. En la RE se registraron tres especies incluidas en esta categoría: *Hypopachus ustus*, *Ctenosaura acanthura* e *Iguana iguana*. Por consiguiente, la RE contiene una representación más amplia de especies protegidas por la normativa nacional.

En relación con **CITES**, *Agalychnis callidryas* e *Iguana iguana*, registradas en el CUSTF, se encuentran incluidas en el Apéndice II. En la RE también estuvieron representadas estas especies, además de *Ctenosaura acanthura*. El Apéndice II comprende especies cuyo comercio internacional debe mantenerse controlado; por ello, esta condición no significa que las especies sean exclusivas del área.

En el CUSTF se registró *Leptonycteris yerbabuenae*, especie clasificada como Casi Amenazada **(NT)** por la Lista Roja de la **UICN** y reconocida por su importancia ecológica como polinizador de diversas plantas (Medellín, 2016; UICN, 2026). Debido a sus hábitos nocturnos y amplia capacidad de desplazamiento, su detección puntual no indica que dependa exclusivamente del polígono sujeto a cambio de uso de suelo. No obstante, se considerará como especie de atención prioritaria durante la ejecución del proyecto, mediante recorridos preventivos, ahuyentamiento y protección de refugios potenciales, con el propósito de evitar afectaciones directas a los ejemplares que pudieran encontrarse en el área.

La presencia de especies normadas o de interés para la conservación no demuestra que el polígono de 0.8559 ha constituya un hábitat exclusivo o indispensable. La coincidencia de *Agalychnis callidryas* e *Iguana iguana* entre el CUSTF y la RE, así como la mayor cantidad de especies protegidas registrada regionalmente, indica que existen ambientes con representación de estos organismos fuera de la superficie solicitada.

No obstante, su registro justifica la aplicación estricta de las medidas de prevención y mitigación establecidas para el proyecto. Antes de la remoción de vegetación deberán efectuarse recorridos de inspección, ahuyentamiento dirigido y revisión de refugios potenciales. Cuando se localicen organismos de movilidad reducida o en riesgo inmediato, deberán aplicarse las acciones de rescate y reubicación previstas, evitando su captura, manipulación o afectación innecesaria.

Los resultados muestran que el CUSTF contiene especies que requieren atención particular, pero también que dichas especies cuentan con representación regional o poseen capacidad de desplazamiento fuera del polígono. Por lo tanto, la afectación prevista será localizada y deberá manejarse mediante supervisión ambiental, liberación gradual de frentes de trabajo y aplicación documentada de las medidas de protección de fauna.

III.4.2.11.6 ESTRUCTURA FUNCIONAL Y USO DEL HÁBITAT POR LA FAUNA

El análisis de los gremios tróficos complementa los resultados de riqueza, abundancia y diversidad, debido a que permite identificar la manera en que las especies utilizan los recursos disponibles y las principales funciones ecológicas asociadas con su alimentación.

Para este análisis se consideró el inventario faunístico completo del área del proyecto y de la RE, integrado por los registros obtenidos en la VSa/SBC y el pastizal cultivado. Esta metodología permite representar el uso complementario de los ambientes que conforman el paisaje. Cada especie se contabilizó una sola vez dentro del gremio principal señalado en la base de datos.

Cuadro 3.181 Riqueza y participación de los gremios tróficos registrados en el área del proyecto y en la RE.

Gremio trófico	Especies en el área del proyecto	Participación	Especies en la RE	Participación	Función ecológica asociada
Omnívoro	17	27.87 %	22	31.88 %	Uso de recursos variados y movilidad entre ambientes
Insectívoro	15	24.59 %	19	27.54 %	Regulación de insectos y otros invertebrados
Carnívoro	12	19.67 %	11	15.94 %	Regulación de poblaciones de presas
Frugívoro	7	11.48 %	7	10.14 %	Consumo de frutos y dispersión potencial de semillas
Granívoro	5	8.20 %	7	10.14 %	Consumo y movilización potencial de semillas
Nectarívoro	2	3.28 %	1	1.45 %	Polinización y uso de recursos florales
Herbívoro	1	1.64 %	0	0.00 %	Consumo de tejidos vegetales
Malacófago	1	1.64 %	1	1.45 %	Consumo y

					regulación de moluscos
Carroñero	1	1.64 %	1	1.45 %	Remoción de restos orgánicos
Total	**61**	**100.00 %**	**69**	**100.00 %**	—

Los gremios con mayor riqueza en el área del proyecto (**CUSTF**) fueron los **omnívoros**, con 17 especies; los **insectívoros**, con 15; y los **carnívoros**, con 12. En conjunto, estos tres gremios concentraron 44 de las 61 especies registradas, equivalentes al **72.13 %** del inventario.

En la **RE** se presentó una estructura semejante. Los omnívoros estuvieron representados por 22 especies, los insectívoros por 19 y los carnívoros por 11, reuniendo en conjunto 52 de las 69 especies regionales, equivalentes al **75.36 %**. Esta semejanza muestra que la comunidad registrada en el área del proyecto mantiene una organización funcional comparable con la observada regionalmente.

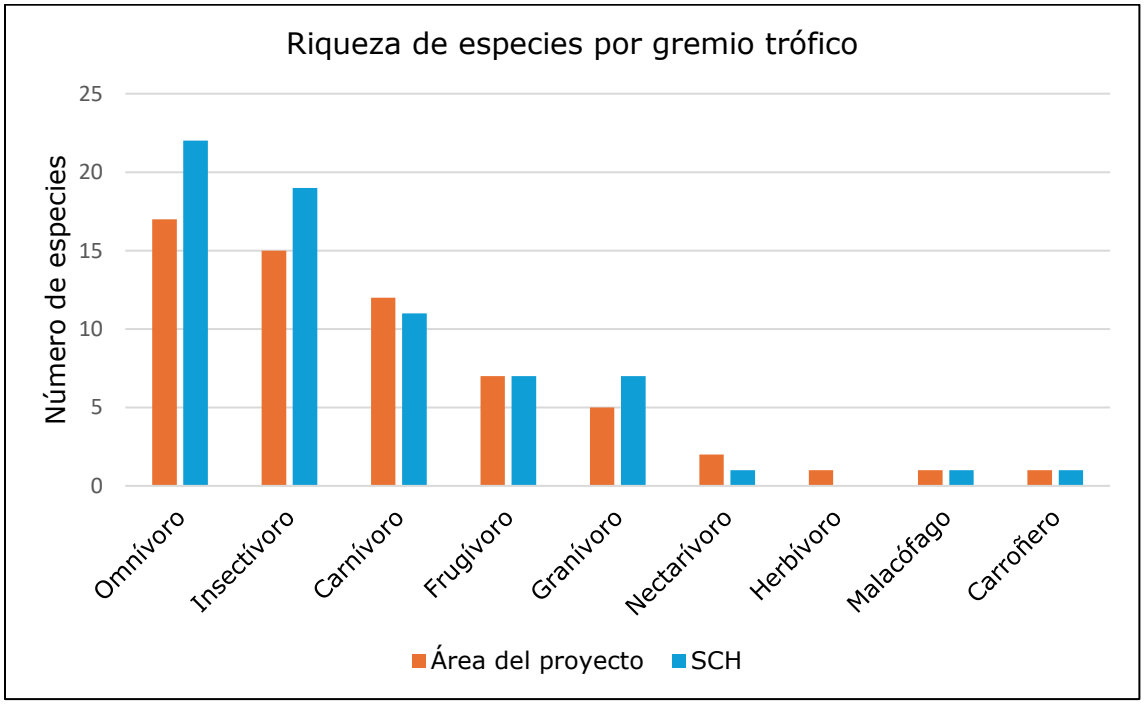


Imagen 3.124 Comparación de la riqueza de especies por gremio trófico registrada en el área del proyecto y en la RE.

La representación de los gremios frugívoro, granívoro y nectarívoro indica la presencia de especies asociadas con el consumo de frutos, semillas y néctar, las cuales pueden participar en procesos de dispersión y polinización. Por su parte, los insectívoros, carnívoros y malacófagos intervienen en el consumo de invertebrados,

moluscos y otros organismos, mientras que las especies carroñeras contribuyen al aprovechamiento de restos orgánicos.

La existencia de **nueve gremios** en el área del proyecto evidencia que la fauna utiliza recursos alimentarios variados. No obstante, esta condición **no** significa que dichas funciones se concentren exclusivamente dentro de las 0.8559 ha sujetas a CUSTF. **Los mismos** gremios estuvieron representados en la **RE,** con excepción del herbívoro, cuya ausencia regional corresponde únicamente a los resultados del muestreo y no demuestra su inexistencia en otros sitios.

La VSa/SBC proporciona cobertura vegetal, refugios, sitios de descanso y recursos alimentarios, mientras que el pastizal cultivado ofrece espacios abiertos utilizados para desplazamiento y forrajeo por determinadas especies. La utilización de ambos ambientes muestra que la fauna se relaciona con el mosaico ambiental y que sus actividades no se limitan a un solo tipo de cobertura.

Asimismo, se registraron especies introducidas asociadas con ambientes modificados, entre ellas *Hemidactylus frenatus* y *Streptopelia decaocto*. Su presencia constituye un indicador adicional de la influencia de las actividades humanas y confirma que la comunidad faunística se desarrolla dentro de un paisaje secundario y previamente transformado.

De acuerdo con lo anterior, la estructura funcional observada **no** muestra que el CUSTF concentre funciones ecológicas exclusivas o irremplazables. La representación regional de los principales gremios y la capacidad de desplazamiento de una parte importante de las especies permiten prever que la intervención producirá una modificación localizada del espacio utilizado por la fauna, **sin eliminar** regionalmente los procesos funcionales identificados. Aun así, deberán aplicarse las medidas de ahuyentamiento, rescate, reubicación y protección previstas durante la preparación del sitio.

III.4.2.11.7 CONCLUSIÓN COMPARATIVA GENERAL DE FAUNA

El estudio faunístico registró **61 especies de vertebrados terrestres** en el conjunto de ambientes evaluados: cuatro anfibios, ocho reptiles, diez mamíferos y 39 aves. Esta riqueza corresponde al inventario integrado de la VSa/SBC y el pastizal cultivado, por lo que representa a la fauna que utiliza el mosaico ambiental del área del proyecto y no exclusivamente a la superficie forestal solicitada para cambio de uso de suelo.

La comparación específica de la VSa/SBC mostró que, de las **34 especies registradas en el CUSTF**, 28 también fueron identificadas en la vegetación equivalente de la RE.

Por lo tanto, el **82.35 %** de la composición faunística del CUSTF cuenta con representación regional. La correspondencia fue total para los anfibios y reptiles, alcanzó 83.33 % en las aves y 66.67 % en los mamíferos.

Las seis especies detectadas solamente durante el muestreo del CUSTF no deben considerarse exclusivas del polígono. Su falta de registro en la RE puede relacionarse con su movilidad, comportamiento, temporalidad, horarios de actividad y probabilidad de detección. En contraste, la RE presentó 25 especies que no fueron observadas en el CUSTF, evidenciando que la vegetación regional mantiene una composición faunística más amplia.

Los **índices de Shannon-Wiener y Simpson** tampoco mostraron una disminución uniforme de la diversidad en alguna de las escalas. Algunos grupos presentaron valores mayores en el área del proyecto y otros en la RE, mientras que las aves mostraron resultados semejantes. Estas variaciones describen la distribución de los registros obtenidos, pero no indican que el CUSTF contenga una comunidad faunística aislada, excepcional o indispensable para la permanencia regional de las especies.

La cobertura del muestreo fue superior a **0.90** para los cuatro grupos faunísticos en ambas escalas. En consecuencia, el esfuerzo realizado permitió obtener una representación alta de las comunidades detectables bajo las condiciones y métodos empleados, proporcionando una base suficiente para sustentar la comparación entre el área del proyecto y la RE.

El análisis funcional identificó nueve gremios tróficos en el área del proyecto. Los omnívoros, insectívoros y carnívoros concentraron el 72.13 % de la riqueza, mientras que en la RE estos mismos gremios representaron el 75.36 %. Esta semejanza muestra que las principales funciones ecológicas asociadas con el consumo de recursos, control de organismos, dispersión potencial de semillas y polinización también se encuentran representadas regionalmente.

La utilización de la VSa/SBC y el pastizal cultivado por distintas especies confirma que la fauna **se desplaza y aprovecha** diferentes componentes del paisaje. La presencia de organismos observados en tránsito, sobrevuelo o utilizando más de un ambiente demuestra que su actividad no se restringe a las 0.8559 ha sujetas a CUSTF. Asimismo, el registro de especies introducidas es consistente con el carácter secundario y previamente modificado del entorno.

Las especies incluidas en alguna categoría de riesgo o regulación requerirán atención particular durante la ejecución del proyecto. Su presencia no demuestra

que dependan exclusivamente del polígono, pero justifica la aplicación estricta de **recorridos preventivos, ahuyentamiento, rescate, reubicación, supervisión** ambiental y liberación gradual de los frentes de trabajo, con mayor atención en los organismos de movilidad reducida y en los refugios potenciales.

Cuadro 3.182 Síntesis de los elementos que sustentan la conclusión comparativa de fauna.

Elemento evaluado	Resultado principal	Interpretación
Riqueza en el área de estudio	61 especies en VSa/SBC y pastizal cultivado	La fauna utiliza distintos componentes del paisaje.
Correspondencia CUSTF–RE	28 de 34 especies; 82.35 %	La mayor parte de la composición del CUSTF está representada regionalmente.
Cobertura del muestreo	Superior a 0.90 en todos los grupos y escalas	Los inventarios presentan una representatividad alta.
Superficie relativa	0.8559 ha, equivalente al 0.25 % de la VSa/SBC de la RE	La modificación será espacialmente localizada.
Atención de la fauna	Ahuyentamiento, rescate, reubicación y protección	Los efectos directos pueden prevenirse y mitigarse.

Finalmente, el CUSTF comprende **0.8559 ha**, equivalentes aproximadamente al **0.25 %** de las 344.2548 ha de VSa/SBC identificadas en la RE. La intervención producirá una modificación directa y localizada del espacio utilizado por la fauna, pero no representa la eliminación regional de este tipo de vegetación, de los principales gremios funcionales ni de las comunidades faunísticas asociadas.

De acuerdo con lo anterior, la elevada correspondencia de especies, la suficiencia del muestreo, la representación regional de los gremios tróficos y la reducida proporción de superficie afectada permiten concluir que el cambio de uso de suelo **no comprometerá la permanencia de la biodiversidad faunística en la RE**, siempre que las actividades se ejecuten de manera ordenada y se apliquen oportunamente las medidas de prevención y mitigación establecidas en el ETJ.

III.5 COMPONENTES ABIOTICOS DE LA REGIÓN ECOLÓGICA CON LOS CUALES INTERACTÚA EL PROYECTO

III.5.1 CLIMA

El clima constituye uno de los principales componentes abióticos que condicionan la dinámica y distribución de los ecosistemas, debido a su influencia sobre procesos como la disponibilidad de agua, la humedad del suelo, la evapotranspiración, el desarrollo de la vegetación, la productividad primaria y los patrones de distribución de la fauna. Por ello, para la caracterización climática del área de estudio se realizó un análisis a escala de la Región Ecológica (RE), correspondiente a la Subcuenca El Tejar, considerando la distribución espacial de las unidades climáticas, los rangos de precipitación media anual y las isotermas medias anuales.

Para este análisis se utilizaron las cartas temáticas elaboradas para la Región Ecológica, empleando como referencia la cartografía climática de INEGI (2008), basada en el sistema de clasificación climática de Köppen, modificado por E. García para las condiciones particulares de México. Asimismo, se utilizó la cartografía de precipitación media anual de Vidal-Zepeda (1990), Atlas Nacional de México, y la cartografía de isotermas medias anuales de García (1998)–CONABIO.

De acuerdo con la carta de climas, dentro de la **Subcuenca** El Tejar se presenta principalmente el grupo de climas cálidos subhúmedos con lluvias en verano, representado por las unidades **Aw1(w)** y **Aw2(w)**. La distribución de estas unidades presenta una diferenciación espacial dentro de la Región Ecológica, observándose el Aw1(w) principalmente hacia el sector occidental, mientras que el Aw2(w) ocupa una porción importante de la zona central y oriental de la subcuenca. Hacia el sector asociado con el litoral se identifica además la superficie correspondiente a cuerpos de agua, representada en la cartografía como H_2O.

El **Área del Proyecto** se encuentra dentro de la unidad climática **Aw2(w)**, por lo que ésta constituye la condición climática de referencia para el sitio donde se pretende desarrollar la lotificación habitacional. La distribución de esta unidad dentro de la Región Ecológica permite reconocer que las condiciones climáticas del predio forman parte de un contexto regional más amplio, caracterizado por temperaturas medias anuales elevadas y un régimen de precipitación estacional.

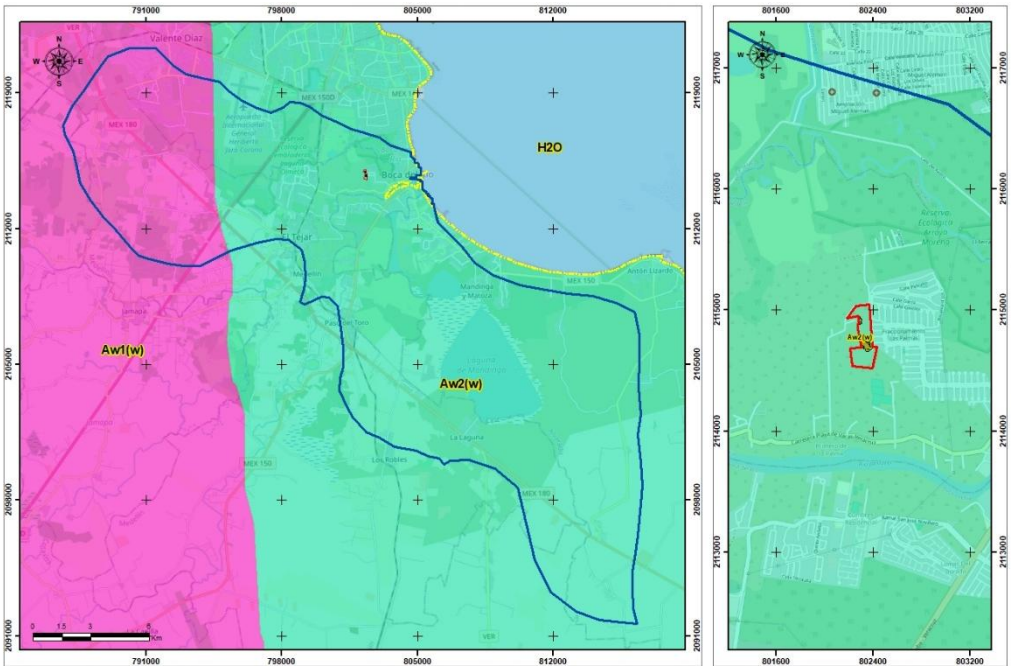


Imagen 3.125 Tipo de clima, respecto a la Región Ecológica y el Área del Proyecto.

III.5.1.1 TEMPERATURA

Respecto a la temperatura, la carta de Isotermas Medias Anuales muestra que la **Región Ecológica** se encuentra predominantemente dentro de un rango de **24 a 26 °C de temperatura media anual**, correspondiendo este mismo rango al sector donde se localiza el **proyecto**.

La presencia de temperaturas medias anuales de 24–26 °C permite caracterizar al sitio como un ambiente térmicamente cálido, condición que, en conjunto con el régimen de precipitación, influye en la dinámica de los ecosistemas presentes en la Región Ecológica y particularmente en el desarrollo de las comunidades de vegetación secundaria.

La distribución relativamente amplia de este intervalo térmico dentro de la Subcuenca El Tejar también permite considerar que el proyecto se inserta en un contexto climático regional con condiciones relativamente homogéneas respecto a la temperatura media anual. Por lo tanto, no se identifica, a la escala de análisis utilizada, una diferenciación térmica regional que constituya una condición restrictiva para la interpretación ambiental del proyecto.

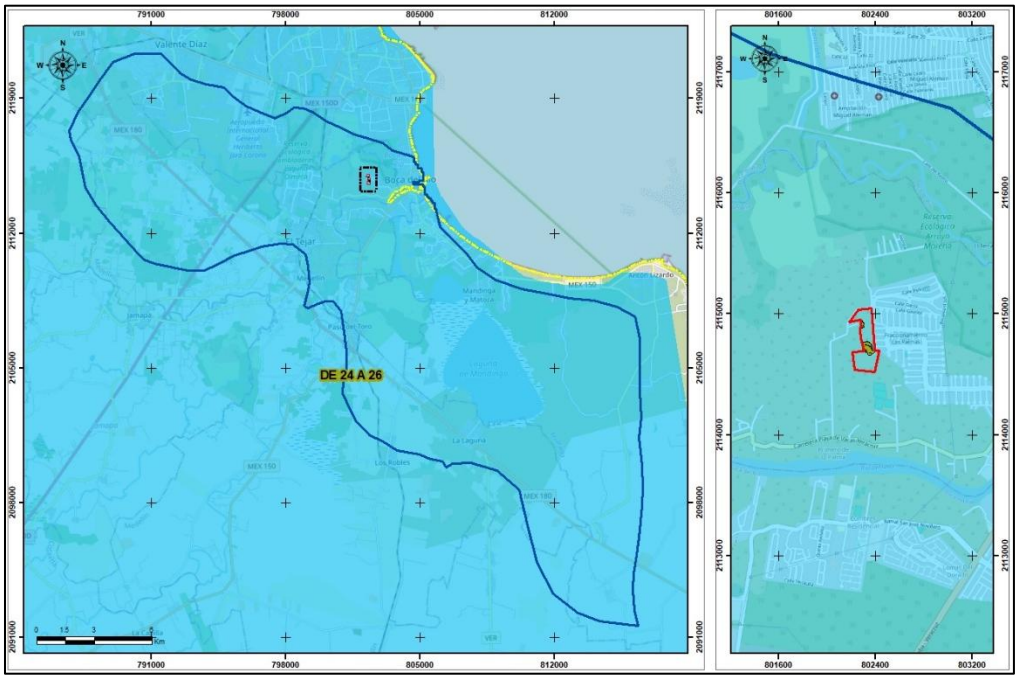


Imagen 3.126 Isotermas medias anuales, respecto a la Región Ecológica y el Área del Proyecto.

III.5.1.2 PRECIPITACIÓN

En cuanto a la precipitación, para la **Región Ecológica** identifica tres rangos principales: **800–1,200 mm, 1,200–1,500 mm y 1,500–2,000 mm de precipitación media anual**. La distribución espacial muestra un incremento general hacia el sector oriental de la Región Ecológica, mientras que las menores precipitaciones se presentan hacia el sector occidental.

El **Área del Proyecto** se localiza dentro del rango de precipitación media anual de **1,500 a 2,000 mm**, condición que resulta consistente con el régimen climático cálido subhúmedo identificado para el sitio. Este régimen de precipitación representa un elemento importante para el funcionamiento ambiental de la región, particularmente por su influencia sobre los procesos de escurrimiento superficial, infiltración, humedad del suelo y desarrollo de la vegetación.

Para efectos de la evaluación ambiental, esta condición deberá considerarse principalmente durante las actividades de preparación del sitio y construcción, debido a que la ocurrencia de eventos de precipitación puede incrementar temporalmente el escurrimiento superficial sobre las superficies intervenidas y favorecer procesos de erosión y arrastre de partículas cuando el suelo se encuentre expuesto. En consecuencia, las medidas de manejo de suelo, control de erosión y manejo de escurrimientos deberán considerar la estacionalidad de las precipitaciones característica de la región.

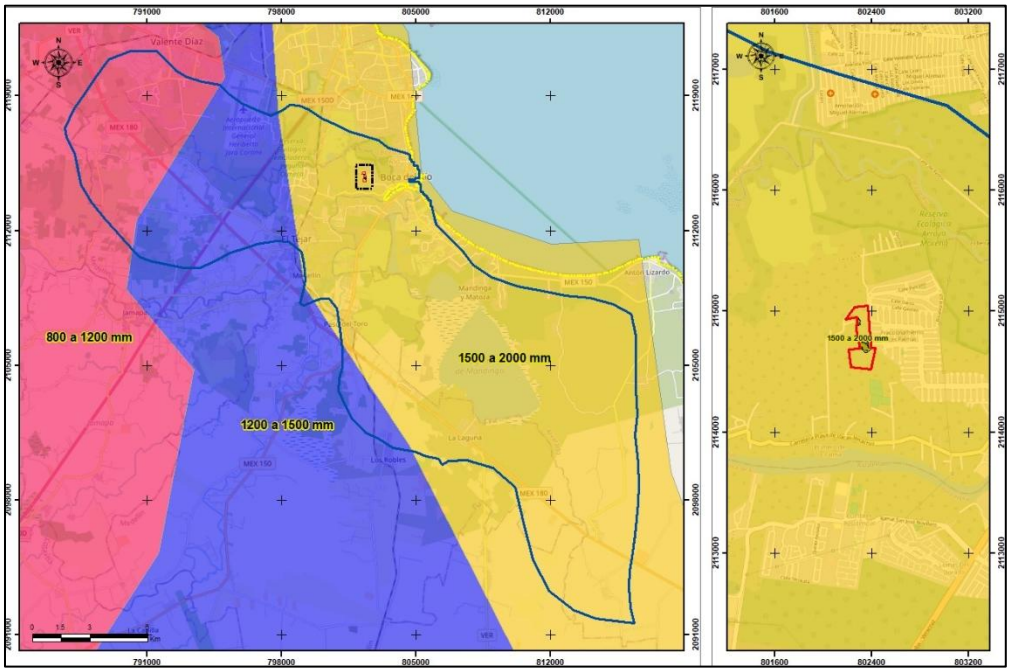


Imagen 3.127 Precipitación media en la Región Ecológica y el Área del Proyecto.

Con base en la integración de las tres variables climáticas analizadas, las condiciones climáticas representativas del Área del Proyecto pueden sintetizarse de la siguiente manera:

Cuadro 3.183 Síntesis climática del área del proyecto.

Variable	Condición en el Área del Proyecto
Unidad climática	Aw2(w)
Precipitación media anual	1,500–2,000 mm
Temperatura media anual	24–26 °C

En términos ambientales, la combinación de un clima cálido subhúmedo, una precipitación media anual de 1,500 a 2,000 mm y una temperatura media anual de 24 a 26 °C constituye el contexto climático bajo el cual se desarrollan los procesos ecológicos y territoriales del área de estudio. Estas condiciones deberán considerarse como parte de la línea base ambiental para la evaluación de los posibles efectos derivados de la ejecución del proyecto.

En particular, la precipitación representa una variable de importancia para el manejo de las superficies de suelo que serán temporalmente expuestas durante las actividades de preparación y construcción, mientras que las condiciones térmicas y de humedad regional constituyen factores que influyen en la capacidad de recuperación de la vegetación y en el comportamiento de los ecosistemas presentes.

En consecuencia, las características climáticas identificadas se incorporan al diagnóstico de la Región Ecológica–Subcuenca El Tejar y servirán como referencia para el análisis posterior de los componentes ambientales susceptibles de ser afectados por el proyecto, particularmente suelo, agua, vegetación y fauna.

III.5.1.3 FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS ASOCIADOS A LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SU INTERACCIÓN CON EL PROYECTO

La ubicación geográfica de la Región Ecológica, correspondiente a la Subcuenca El Tejar, determina una exposición regional a diversos fenómenos hidrometeorológicos, particularmente aquellos asociados con la formación y tránsito de ciclones tropicales, huracanes, tormentas tropicales y depresiones tropicales, así como con los eventos de precipitación intensa que pueden acompañar a estos sistemas.

Debido a que el proyecto se encuentra dentro de esta unidad ambiental, resulta necesario considerar dichos fenómenos como parte de las condiciones naturales que pueden incidir sobre el comportamiento del territorio y, particularmente, sobre las actividades de preparación del sitio, construcción y posterior operación de la infraestructura de la lotificación.

Para establecer esta condición se tomó como referencia la información del Atlas Estatal de Riesgos de Veracruz y del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). El análisis se realizó considerando dos escalas: la condición general de la Región Ecológica y la condición específica del Área del Proyecto, con el propósito de determinar no solamente la existencia de estos fenómenos en el contexto regional, sino también su posible interacción con las obras y actividades previstas.

III.5.1.3.1 PELIGRO ASOCIADO A VIENTOS POR HURACÁN

De acuerdo con la carta de Peligro de Vientos por Huracán en la Subcuenca de Análisis, la mayor parte de la **Región Ecológica** se encuentra clasificada dentro de un nivel de peligro **medio**, mientras que hacia algunos sectores occidentales se presentan categorías inferiores. El polígono correspondiente al **Área del Proyecto** se encuentra dentro de la zona cartografiada con peligro **medio** por vientos asociados a huracán.

Esta condición indica que los eventos ciclónicos constituyen un fenómeno hidrometeorológico que debe ser considerado dentro del contexto ambiental del proyecto, particularmente por la posibilidad de que vientos fuertes afecten temporalmente las condiciones de seguridad durante las actividades constructivas.

La interacción potencial se relaciona principalmente con elementos temporales o susceptibles de desplazamiento, tales como materiales almacenados, residuos, elementos de señalización, estructuras provisionales, equipos y maquinaria, así como con ramas o individuos arbóreos ubicados en las áreas de trabajo. Por ello, durante la preparación del sitio y construcción deberán mantenerse prácticas de almacenamiento y aseguramiento de materiales, retiro oportuno de residuos y elementos susceptibles de ser desplazados por el viento, así como suspensión temporal de actividades que puedan representar un riesgo para los trabajadores cuando las condiciones meteorológicas lo ameriten.

Durante la etapa de operación, la exposición al viento estará asociada principalmente con la infraestructura urbana y los elementos de alumbrado, caseta de acceso y áreas verdes. No obstante, el proyecto no contempla edificaciones habitacionales como parte de su alcance, por lo que la evaluación de la resistencia estructural de las viviendas futuras corresponderá a sus respectivos proyectos constructivos y a las disposiciones aplicables.

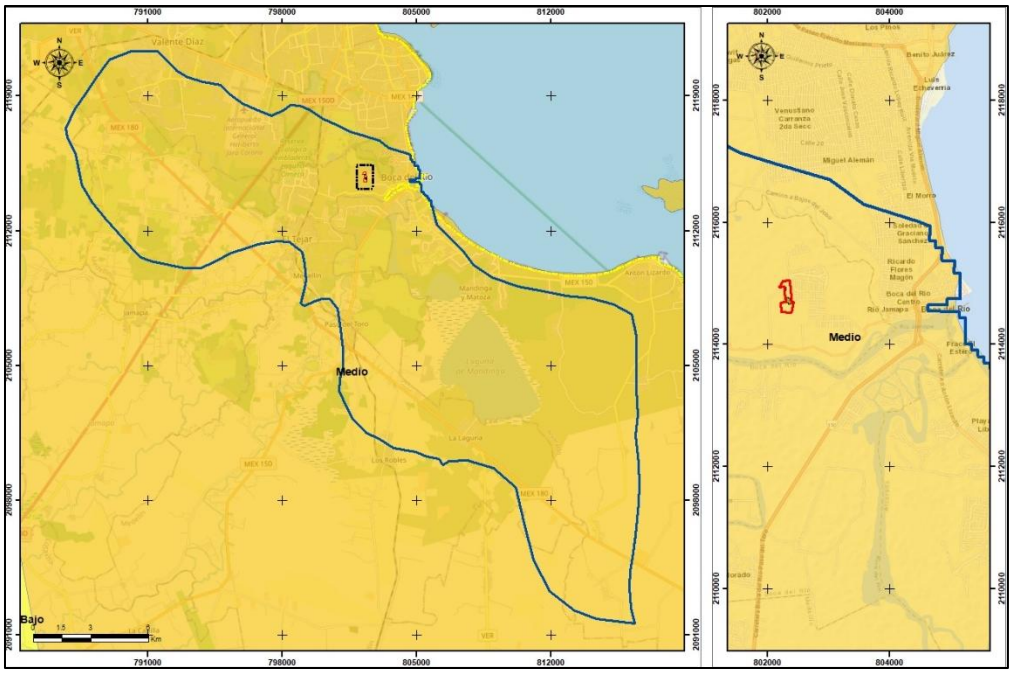


Imagen 3.128 Peligro por huracán, respecto a la Región Ecológica y el Área del Proyecto.

III.5.1.3.2 TRAYECTORIAS E IMPACTO POTENCIAL DE CICLONES TROPICALES

La **Región Ecológica** se encuentra dentro de un **territorio sujeto al tránsito potencial de sistemas ciclónicos de diferente intensidad**. En la representación cartográfica se identifican trayectorias correspondientes a huracanes de categorías 1 y 2, así como una trayectoria asociada a tormenta tropical, distribuidas dentro o

próximas a la Región Ecológica. En particular, la trayectoria correspondiente a un huracán categoría 2 atraviesa la porción central de la unidad de análisis en dirección general norte-sur, mientras que otras trayectorias se localizan hacia el sector costero y hacia la porción meridional de la subcuenca.

El **polígono del proyecto** se encuentra próximo a estas trayectorias regionales, aunque **no se observa que alguna de las líneas de impacto representadas atraviese directamente el Área del Proyecto**. Esta condición debe interpretarse como una evidencia de exposición regional y no como una predicción de que un ciclón necesariamente seguirá alguna de las trayectorias representadas.
En consecuencia, los ciclones tropicales se consideran un factor de exposición ambiental y de riesgo operativo, particularmente durante la ejecución de las obras. Su principal interacción potencial con el proyecto se relaciona con la combinación de viento, precipitación intensa y escurrimiento superficial, pudiendo generar condiciones adversas para las actividades de construcción, transporte y almacenamiento de materiales.

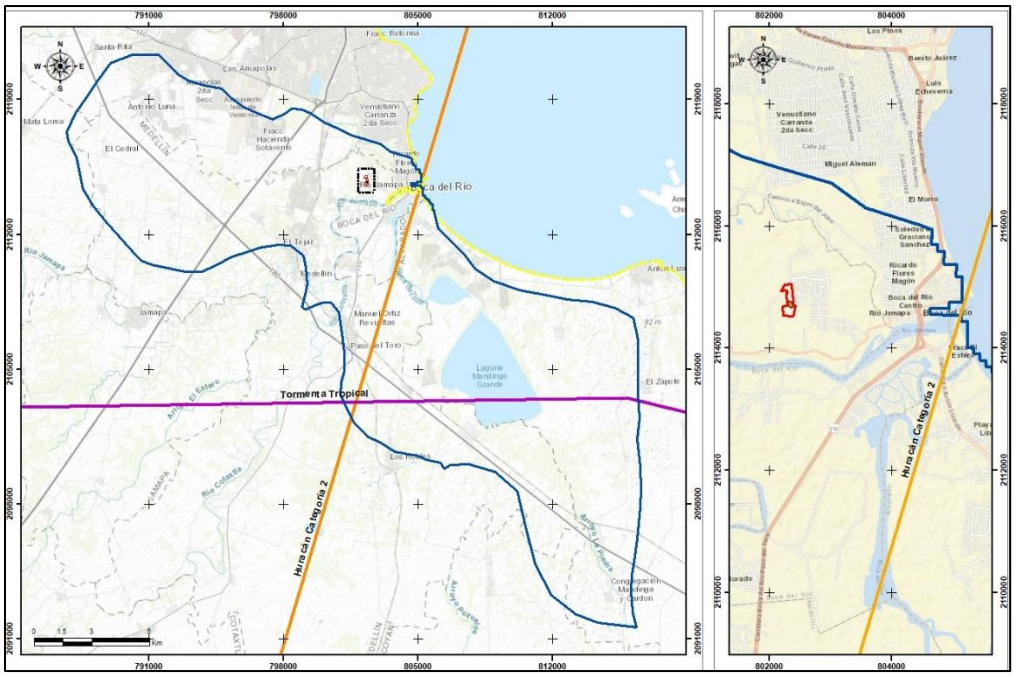


Imagen 3.129 Peligro por ciclones tropicales, respecto a la Región Ecológica y el Área del Proyecto.

III.5.1.3.3 PELIGRO POR PRECIPITACIÓN ASOCIADA A HURACANES

La carta de Peligro de Precipitación por Huracán en la **Región Ecológica** clasifica el sector donde se ubica el proyecto dentro de una zona de **peligro medio**. Esta condición adquiere particular relevancia debido a que la precipitación asociada con

un ciclón tropical puede presentarse durante periodos relativamente prolongados y generar acumulaciones importantes de agua, aun cuando el centro del sistema no se encuentre directamente sobre el sitio.

En el caso del proyecto, las principales interacciones potenciales se producirían durante la preparación del sitio y construcción, cuando determinadas superficies permanecerán temporalmente expuestas como consecuencia del desmonte, despalme, excavaciones para vialidades y apertura de zanjas destinadas a las redes hidráulica, sanitaria y eléctrica. La presencia de suelo desnudo, acopios de materiales y excavaciones puede incrementar temporalmente la susceptibilidad al arrastre de partículas, erosión, formación de escurrimientos concentrados y anegamiento localizado.

Por esta razón, la condición climática regional deberá ser considerada en la programación de los trabajos, particularmente para las actividades que impliquen exposición temporal del suelo. Será necesario mantener medidas de control de erosión, protección de excavaciones, manejo de materiales, limpieza de vialidades y conservación de los escurrimientos naturales, además de evitar el almacenamiento prolongado de materiales susceptibles de ser movilizados por el agua.

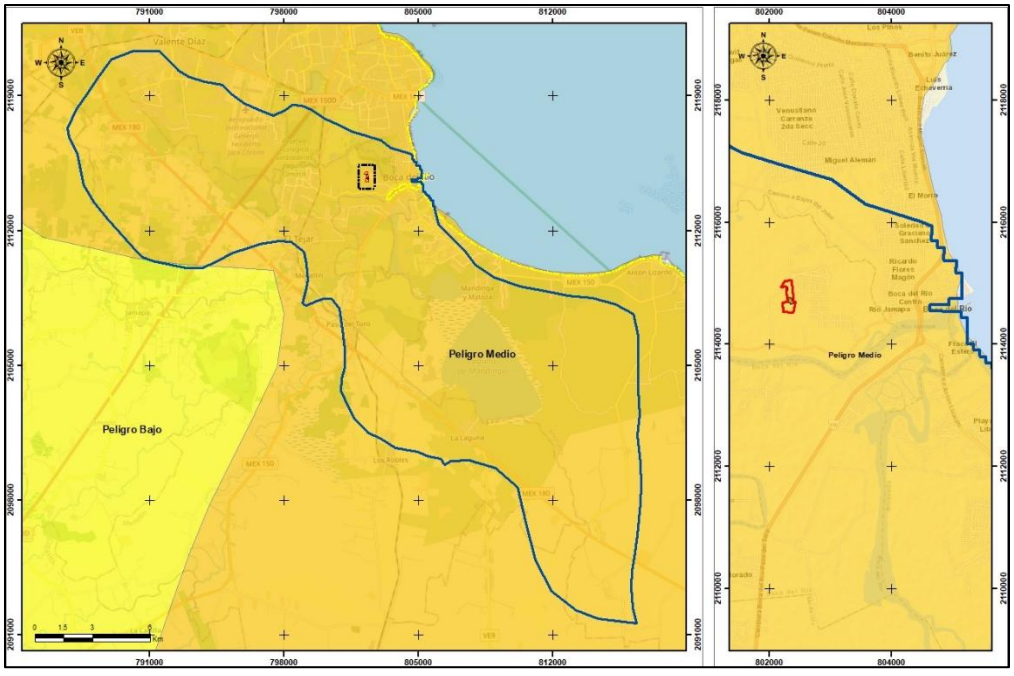


Imagen 3.130 Peligro por huracán, respecto a la Región Ecológica y el Área del Proyecto.

III.5.1.3.4 PELIGRO POR PRECIPITACIÓN ASOCIADA A TORMENTAS Y DEPRESIONES TROPICALES

Para el caso de la precipitación relacionada con tormentas y depresiones tropicales, la cartografía clasifica el sector donde se encuentra el proyecto dentro de un nivel de **peligro bajo**, mientras que dentro de la Región Ecológica se observan sectores con categorías superiores.

La diferencia respecto del peligro asociado con huracanes permite establecer que, a escala regional, los eventos ciclónicos de mayor intensidad constituyen una condición de mayor relevancia para el sitio que los eventos asociados exclusivamente con tormentas o depresiones tropicales.

Sin embargo, el nivel bajo no implica la inexistencia de efectos. Las precipitaciones derivadas de estos sistemas pueden contribuir al incremento temporal de los escurrimientos superficiales y, cuando coinciden con suelos expuestos, excavaciones o superficies en proceso de urbanización, favorecer procesos de erosión y arrastre de sedimentos.

En este sentido, el manejo ambiental del proyecto deberá considerar la posibilidad de eventos de precipitación intensa de corta duración, aun cuando el peligro cartografiado para tormentas y depresiones tropicales sea bajo.

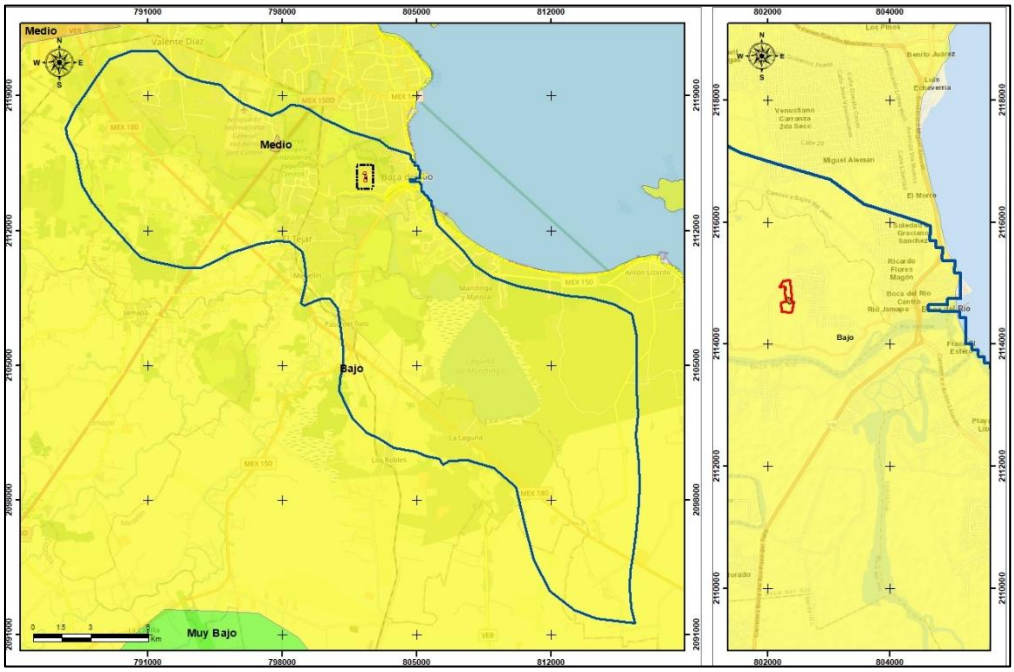


Imagen 3.131 Peligro por precipitación asociada a tormentas y depresiones tropicales, respecto a la Región Ecológica y el Área del Proyecto.

III.5.1.3.5 SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIÓN

La carta de Zonas Susceptibles a Inundación en la Subcuenca de Análisis muestra la distribución de superficies con susceptibilidad a presentar inundaciones dentro de la **Región Ecológica**. Estas superficies se localizan en distintas zonas de la subcuenca, particularmente en sectores bajos relacionados con el sistema del río Jamapa, los humedales y la planicie costera. Esta distribución resulta congruente con las características predominantemente planas del relieve regional y con la presencia de escurrimientos asociados a zonas de baja pendiente.

La superposición cartográfica realizada para el proyecto permite identificar que los polígonos correspondientes a **la superficie propuesta para Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF)** se encuentran dentro de la cobertura cartográfica identificada como **susceptible a inundación**. Por lo tanto, esta condición constituye un factor ambiental que deberá ser considerado dentro del análisis de interacción del proyecto con su entorno.

En términos territoriales, la ubicación de los polígonos de CUSTF dentro de esta categoría indica que el sitio puede presentar acumulaciones temporales de agua o dificultades de drenaje durante eventos de precipitación intensa, particularmente cuando se presenten condiciones que incrementen el volumen de escurrimiento superficial o reduzcan temporalmente la capacidad de infiltración y desalojo del agua.

Esta condición adquiere especial relevancia durante las etapas de preparación del sitio y construcción, debido a que las actividades de desmonte, despalme, excavación, conformación del terreno y apertura de zanjas para la instalación de las redes de servicios pueden generar superficies temporalmente expuestas y modificar localmente las condiciones de escurrimiento. En consecuencia, durante la ejecución de las obras deberá evitarse la obstrucción de los escurrimientos naturales y deberán implementarse medidas para favorecer el manejo y conducción adecuada del agua pluvial, así como prevenir la acumulación de agua en excavaciones y áreas de trabajo.

Asimismo, la condición de susceptibilidad identificada deberá considerarse en la conformación de las vialidades y demás superficies urbanizadas, procurando que el diseño y ejecución de las obras no generen modificaciones que incrementen de manera significativa la concentración o permanencia de escurrimientos dentro o fuera del área de intervención.

Por lo anterior, la susceptibilidad a inundación se reconoce como una condición ambiental preexistente de la Región Ecológica que presenta interacción espacial con los polígonos de CUSTF, por lo que será incorporada como elemento de referencia en el diagnóstico ambiental y en la identificación y evaluación de impactos del proyecto.

La existencia de esta condición no implica por sí misma que el proyecto genere inundaciones, sino que establece un factor de vulnerabilidad del sitio que deberá ser considerado en el diseño, programación y ejecución de las obras, particularmente ante eventos de precipitación intensa.

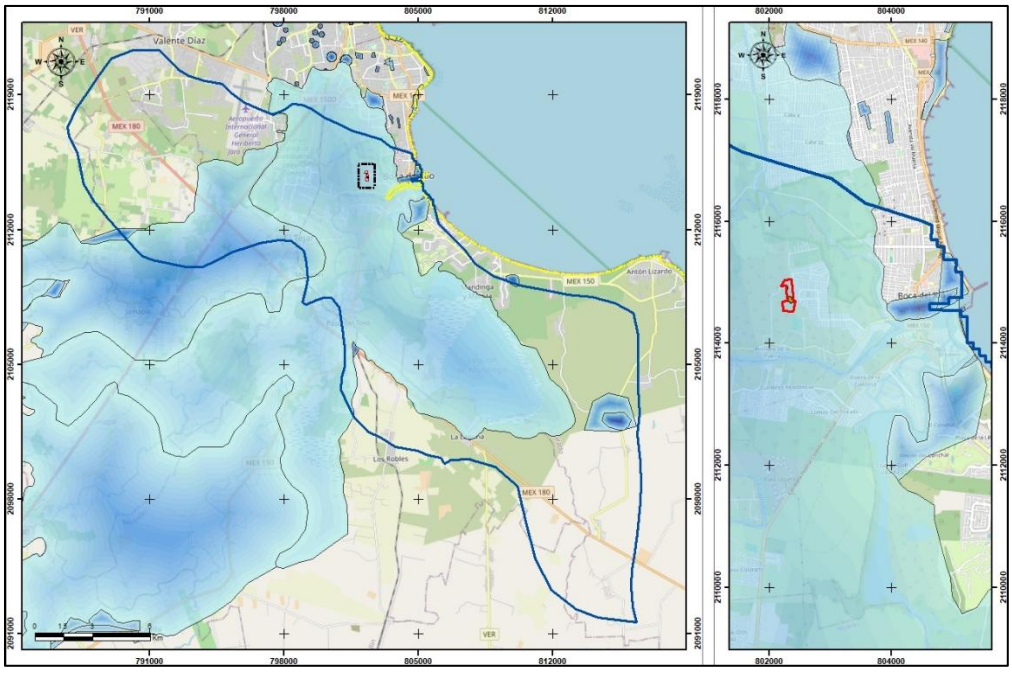


Imagen 3.132 Zonas susceptibles a inundación en la Región Ecológica y el Área del Proyecto.

Considerando las características del proyecto, la interacción de los fenómenos hidrometeorológicos con las obras y actividades puede resumirse de la siguiente manera:

Cuadro 3.184 Interacción de fenómenos hidrometeorológicos con obras del proyecto

Fenómeno	Condición identificada en el sitio	Interacción potencial con el proyecto
Vientos por huracán	Peligro medio	Afectación temporal de materiales, estructuras provisionales, residuos, equipos y actividades de construcción
Ciclones tropicales	Exposición regional a trayectorias ciclónicas	Suspensión de actividades, combinación de viento y lluvia, afectación de accesos y movilización de materiales
Precipitación por huracán	Peligro medio	Escurrimientos, erosión, arrastre de sedimentos, anegamientos temporales y afectación de excavaciones
Precipitación por tormenta/depresión tropical	Peligro bajo	Incremento temporal de escurrimientos y erosión en superficies expuestas

Inundación	Susceptible a inundación	Posibles efectos locales por escurrimiento, especialmente durante la construcción

Los fenómenos hidrometeorológicos identificados forman parte de las condiciones ambientales naturales de la Región Ecológica y, por tanto, no son atribuibles al proyecto. La evaluación ambiental debe centrarse en determinar de qué manera estas condiciones pueden interactuar con las actividades previstas y qué medidas permiten reducir la vulnerabilidad del proyecto frente a ellas.

En consecuencia, los fenómenos hidrometeorológicos constituyen una condición ambiental de exposición que deberá ser incorporada a la planeación y ejecución del proyecto, principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción. La interacción esperada será predominantemente temporal y estará relacionada con la exposición de suelo, excavaciones, materiales, residuos y elementos provisionales. La aplicación de medidas de prevención, control de erosión, manejo de escurrimientos, protección de materiales y suspensión preventiva de actividades ante condiciones meteorológicas adversas permitirá reducir la vulnerabilidad del proyecto.

III.5.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

III.5.2.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La Región Ecológica (RE) definida para el proyecto corresponde a la subcuenca hidrográfica El Tejar, localizada en la porción central del estado de Veracruz, dentro de un contexto territorial caracterizado por el predominio de superficies de relieve bajo y escasa pendiente, asociado con la **Llanura Costera del Golfo Sur**. Desde el punto de vista geológico, esta condición fisiográfica se relaciona con la presencia de materiales superficiales de edad relativamente reciente, cuya distribución responde a procesos de acumulación y sedimentación desarrollados en el sector costero y continental de la región.

De acuerdo con la cartografía geológica empleada para la delimitación y caracterización de la RE, elaborada a partir del Banco de Datos del Sistema Geológico Mexicano, en la subcuenca se reconocen principalmente unidades

correspondientes al Cuaternario, representadas cartográficamente por las claves **Qho(al), Qho(eo) y Qpt(Lh)**, además de superficies que corresponden a cuerpos de agua y que, por su naturaleza, no son consideradas como unidades litológicas aplicables al análisis terrestre.

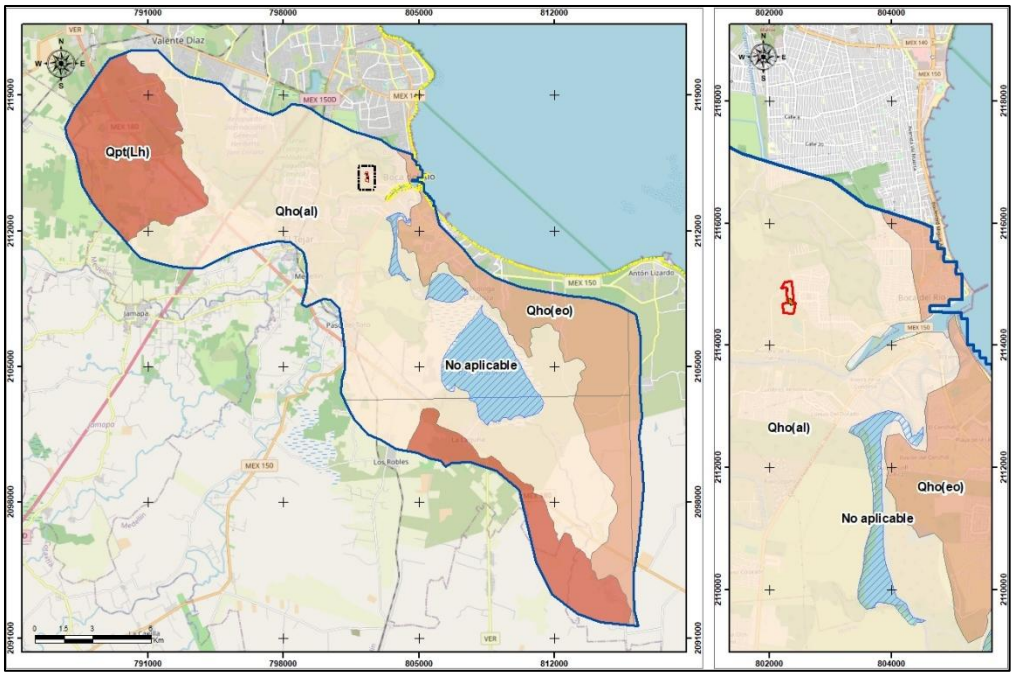


Imagen 3.133 Geología en la Región Ecológica y el Área del Proyecto.

La distribución espacial de estas unidades evidencia que la configuración geológica de la RE está dominada por depósitos superficiales asociados con procesos sedimentarios recientes, particularmente hacia las zonas de menor altitud y próximas a los sistemas de drenaje y a la planicie costera. Esta condición resulta congruente con el carácter predominantemente llano de la subcuenca y con la presencia de los sistemas fluviales que atraviesan o se encuentran próximos a la región, entre los que destaca el río Jamapa, así como diversos escurrimientos y cuerpos de agua asociados.

En términos regionales, la unidad Qho(al) presenta una distribución amplia dentro de la subcuenca, ocupando buena parte de su sector central y meridional. Su presencia también se identifica en el entorno inmediato del área donde se pretende desarrollar el proyecto, por lo que constituye la unidad geológica de mayor relevancia para la caracterización del sitio. Hacia otros sectores de la RE se presentan unidades correspondientes a materiales

de diferente origen y edad, entre ellas Qho(eo) y Qpt(Lh), cuya distribución se encuentra condicionada por las características geomorfológicas y por los procesos de formación y acumulación que han actuado en el territorio.

La configuración geológica regional debe analizarse conjuntamente con la fisiografía y geomorfología, debido a que existe una relación directa entre la naturaleza de los materiales superficiales, las formas del relieve y la dinámica del agua superficial. En las zonas de llanura, la baja pendiente favorece la concentración y circulación lenta de los escurrimientos, así como la acumulación de sedimentos en determinados sectores. Esta relación adquiere particular importancia para el proyecto debido a que la susceptibilidad a inundación identificada para los polígonos de CUSTF se encuentra vinculada espacialmente con las condiciones de relieve y drenaje predominantes en la subcuenca.

Con respecto al **área del proyecto**, esta se encuentra dentro del dominio geológico correspondiente a la llanura costera de la subcuenca. La cartografía analizada muestra que el área del proyecto se localiza sobre la unidad geológica superficial representada como **Qho(al)**, por lo que las características de esta unidad constituyen la referencia geológica inmediata para el desarrollo de las obras previstas.

Esta condición resulta relevante debido a que el proyecto contempla actividades de preparación del sitio, desmonte y despalme en las superficies autorizadas, conformación de vialidades, excavaciones para la instalación de redes de servicios y establecimiento de áreas verdes, actividades que implicarán una intervención localizada sobre los materiales superficiales del terreno.

La intervención sobre la cobertura superficial será particularmente relevante en los 0.8559 ha de vegetación secundaria arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC) identificados como terrenos forestales y sujetos al procedimiento de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF). En estos sectores, la eliminación de la cobertura vegetal y la exposición temporal del suelo pueden incrementar la susceptibilidad a procesos erosivos durante la etapa constructiva, especialmente ante eventos de precipitación intensa.

No obstante, debe señalarse que la presencia de materiales sedimentarios superficiales y el contexto de llanura en el que se encuentra el proyecto no implica por sí misma una condición de inestabilidad geológica. La valoración de esta condición deberá complementarse con el análisis de pendientes, geomorfología, fallas y fracturas, así como con la susceptibilidad sísmica y los procesos de erosión identificados para la RE.

En este sentido, la caracterización geológica regional constituye la base para comprender la interacción entre las condiciones naturales del territorio y las obras del proyecto. La información obtenida será posteriormente integrada con los componentes de litología, fisiografía, geomorfología y topografía, con el objeto de determinar de manera conjunta la susceptibilidad del sitio a fenómenos geológicos y los posibles efectos derivados de la ejecución del proyecto.

En síntesis, la Subcuenca El Tejar presenta un contexto geológico dominado por unidades superficiales de edad cuaternaria, cuya distribución se encuentra estrechamente relacionada con la configuración de la llanura costera y con los procesos de sedimentación y acumulación que han tenido lugar en la región. El área donde se pretende desarrollar el proyecto se encuentra dentro de este contexto y, de acuerdo con la cartografía analizada, se asocia con la unidad Qho(al).

Las características geológicas identificadas no constituyen por sí mismas una limitante para la ejecución del proyecto; sin embargo, su relación con el relieve predominantemente plano, las bajas pendientes, el comportamiento del escurrimiento superficial y la susceptibilidad a inundación deberá ser considerada durante el diseño y ejecución de las obras. Particularmente, durante la construcción deberán adoptarse medidas orientadas a evitar la exposición prolongada del suelo, controlar procesos erosivos y mantener el funcionamiento de los escurrimientos superficiales.

III.5.2.2 LITOLOGÍA

La caracterización litológica de la Región Ecológica, delimitada para el presente estudio mediante la Subcuenca Hidrográfica El Tejar, permite identificar la naturaleza y distribución de los materiales geológicos superficiales que conforman el territorio en el que se inserta el proyecto. Para

este análisis se empleó como referencia la cartografía del Servicio Geológico Mexicano (SGM), particularmente las cartas geológico-mineras Veracruz E14-3 y Orizaba E14-6, a escala 1:250,000, complementada con la interpretación espacial de las unidades geológicas respecto de la Región Ecológica y del Área del Proyecto.

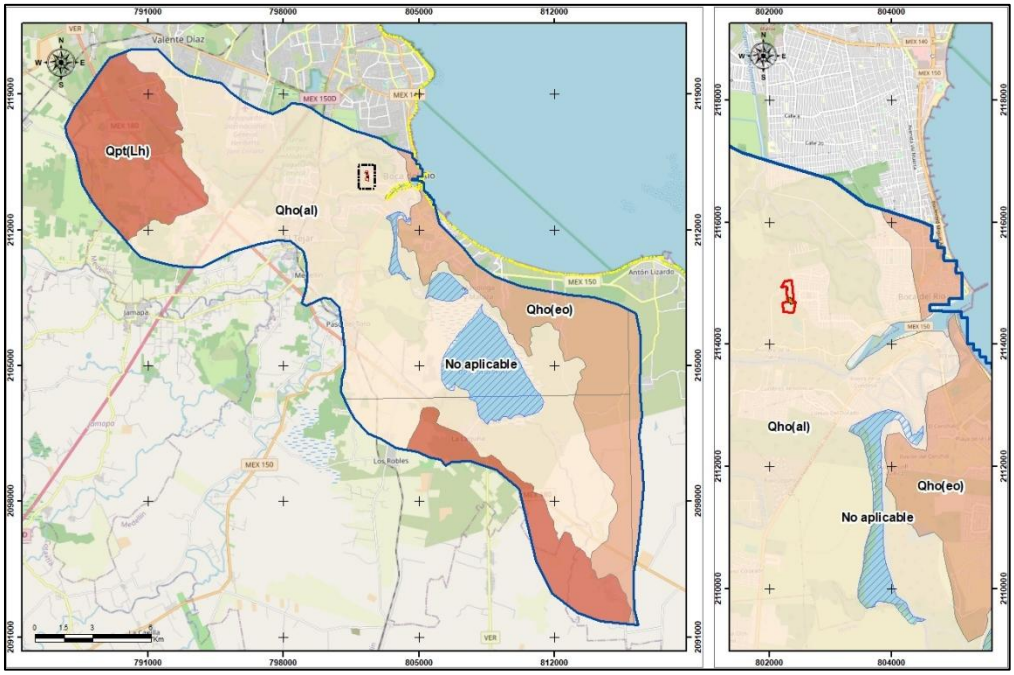


Imagen 3.134 Tipos de rocas en la Región Ecológica y el Área del Proyecto.

De acuerdo con la cartografía analizada, la Región Ecológica presenta un predominio de materiales sedimentarios y depósitos superficiales de edad cuaternaria, cuya distribución se encuentra relacionada con los procesos de transporte, depósito y acumulación que han ocurrido en la planicie costera y en los sistemas fluviales de la región.

Las principales unidades identificadas dentro de la Subcuenca El Tejar corresponden a:

- Qho(al) – Aluvión.
- Qho(eo) – Depósitos eólicos.
- Qpt(Lh) – Lahar.
- No aplicable – cuerpos de agua.

La distribución espacial de estas unidades muestra una relación estrecha con las características fisiográficas y geomorfológicas de la región. En particular, los depósitos aluviales presentan una amplia distribución en los sectores de menor pendiente, mientras que los materiales eólicos y de lahar ocupan superficies más localizadas. Esta configuración es congruente con el carácter predominantemente llano de la Llanura Costera Veracruzana, donde los procesos fluviales y de sedimentación superficial tienen una participación importante en la configuración del territorio.

Qho(al) – Aluvión

La unidad Qho(al) corresponde a depósitos aluviales de edad Holocénica. El Servicio Geológico Mexicano identifica esta unidad como Aluvión, asociándola con materiales transportados y depositados por corrientes fluviales. En términos generales, se trata de materiales derivados de la erosión de unidades preexistentes y posteriormente movilizados mediante la dinámica de los ríos y escurrimientos superficiales.

Dentro de la Región Ecológica, esta unidad presenta una distribución amplia y constituye uno de los principales materiales superficiales identificados. Su presencia se relaciona con las superficies de menor relieve y con sectores influenciados por la dinámica de los sistemas de drenaje.

La naturaleza de estos depósitos puede presentar variaciones en función de la energía y capacidad de transporte de las corrientes que los originaron, pudiendo encontrarse materiales de granulometría variable. En ambientes fluviales pueden presentarse combinaciones de arena, grava, limo y otros fragmentos derivados de las unidades geológicas presentes en las zonas de aporte. El SGM señala, para unidades aluviales de esta naturaleza, que estos materiales pueden constituir depósitos de relleno asociados con cauces y llanuras de inundación.

La presencia de esta unidad resulta particularmente importante para el proyecto, debido a que el **Área del Proyecto** se encuentra dentro de su dominio cartográfico. Por ello, los materiales superficiales presentes en el sitio se encuentran vinculados con la dinámica sedimentaria característica de la llanura costera.

Esta condición deberá considerarse conjuntamente con la topografía, las pendientes y la susceptibilidad a inundación, ya que los depósitos aluviales se encuentran asociados a procesos de transporte y acumulación de materiales por agua superficial.

Qho(eo) – Depósitos eólicos

La unidad Qho(eo) corresponde a depósitos de origen eólico, es decir, materiales superficiales transportados y acumulados por acción del viento. El SGM identifica esta unidad como Eólico dentro de la cartografía geológico-minera de la región.

En la Región Ecológica, esta unidad presenta una distribución más restringida que los depósitos aluviales y se localiza principalmente hacia sectores determinados de la planicie costera. Su presencia refleja la participación de procesos de transporte y acumulación asociados con la acción del viento, particularmente en ambientes donde existe disponibilidad de materiales superficiales susceptibles de movilización.

Desde el punto de vista ambiental, los depósitos eólicos pueden presentar una relación importante con los procesos de erosión y movilización superficial de partículas, especialmente cuando se encuentran desprovistos de cobertura vegetal. Por ello, su consideración resulta relevante al analizar los efectos potenciales de las actividades que impliquen remoción de vegetación, movimiento de tierras o exposición temporal del suelo.

No obstante, de acuerdo con la representación cartográfica empleada, esta unidad no constituye el material litológico dominante en el Área del Proyecto, por lo que su importancia para la ejecución de las obras se mantiene principalmente en el contexto regional.

Qpt(Lh) – Lahar

La unidad Qpt(Lh) corresponde a depósitos de lahar, asociados con procesos de flujo y depósito de materiales volcánicos y sedimentarios movilizados por agua. El Servicio Geológico Mexicano identifica específicamente la clave Qpt Lh como Lahar dentro de la cartografía geológico-minera de la región.

En la Región Ecológica, esta unidad se presenta de manera localizada, principalmente hacia sectores donde las condiciones geomorfológicas permitieron la acumulación de este tipo de materiales.

Los depósitos de lahar forman parte del registro de procesos volcánicos y de remoción asociados con materiales provenientes de áreas volcánicas, que posteriormente pueden ser movilizados mediante flujos con elevada carga de sedimentos. Su presencia constituye, por tanto, un elemento de interés para la interpretación del origen y evolución geológica del territorio regional.

De acuerdo con la distribución observada en la cartografía, esta unidad no corresponde al material superficial predominante en el Área del Proyecto, por lo que no representa la principal condición litológica para las obras previstas.

Cuerpos de agua

La cartografía identifica adicionalmente superficies clasificadas como "No aplicable", correspondientes principalmente a cuerpos de agua y superficies que, por su naturaleza, no son consideradas unidades litológicas terrestres dentro del análisis.

Estas superficies adquieren importancia desde el punto de vista geomorfológico e hidrológico, debido a que forman parte de la dinámica de almacenamiento, conducción y regulación del agua superficial dentro de la Región Ecológica. Entre ellas destaca la presencia de cuerpos y sistemas asociados a la planicie costera y a la dinámica hidrológica regional.

Aunque estas superficies no forman parte del área directamente intervenida por el proyecto, su existencia contribuye a explicar la configuración del territorio y la relación entre litología, relieve, drenaje superficial y susceptibilidad a inundación.

La superposición de la cartografía litológica con el polígono del proyecto, permite establecer que el **Área del Proyecto** se encuentra dentro de la unidad **Qho(al) – Aluvión**.

Esta condición indica que los materiales superficiales del sitio se encuentran asociados con procesos de transporte y sedimentación fluvial, propios de la

planicie costera en la que se encuentra la Subcuenca El Tejar. La presencia de esta unidad es congruente con el relieve predominantemente plano identificado para el área y con la dinámica de escurrimiento superficial de la región.

La relación entre estos materiales y las condiciones ambientales del sitio resulta particularmente importante debido a que el proyecto contempla actividades que modificarán temporalmente las condiciones superficiales del terreno, entre ellas el desmonte y despalme en las áreas sujetas a CUSTF, movimientos de tierra, excavaciones para las redes de servicios y conformación de vialidades.

En particular, los 0.8559 ha de Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC) sujetos al procedimiento de CUSTF representan sectores donde la eliminación de la cobertura vegetal puede incrementar temporalmente la exposición de los materiales superficiales a la acción del agua de lluvia y, en menor medida, del viento.

Por ello, la condición litológica deberá analizarse conjuntamente con la pendiente, erosividad, precipitación, cobertura vegetal y susceptibilidad a inundación, ya que la respuesta del terreno frente a las actividades del proyecto no depende exclusivamente de la naturaleza del material geológico.

En términos generales, no se considera que la unidad litológica identificada constituya, por sí misma, una restricción para el desarrollo del proyecto; sin embargo, durante la etapa constructiva deberán adoptarse medidas para evitar la erosión y movilización de materiales, controlar los escurrimientos y reducir la exposición prolongada del suelo, particularmente durante eventos de precipitación intensa.

III.5.2.3 FISIOGRAFÍA

La fisiografía permite establecer el contexto territorial en el que se inserta el proyecto a partir de la identificación de las grandes unidades del relieve, considerando su origen, configuración general y distribución espacial. Su análisis constituye un elemento de referencia para comprender las condiciones del terreno y su relación con otros componentes ambientales, particularmente la pendiente, el escurrimiento superficial, los procesos de

acumulación y erosión, así como la distribución de suelos y coberturas vegetales.

Para la caracterización fisiográfica de la Región Ecológica (RE) se consideró la información cartográfica del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), correspondiente a la clasificación fisiográfica del territorio nacional. El análisis se realizó considerando tres niveles de organización espacial: provincia fisiográfica, subprovincia fisiográfica y sistema de topoformas, permitiendo establecer la posición del Área del Proyecto (AP) dentro del contexto geomorfológico regional.

III.5.2.3.1 PROVINCIA FISIOGRÁFICA

La Región Ecológica se encuentra comprendida dentro de la **Provincia Fisiográfica Llanura Costera del Golfo Sur**, unidad que se extiende a lo largo de una importante porción de la vertiente del Golfo de México y se caracteriza, en términos generales, por el predominio de terrenos de relieve bajo y relativamente uniforme, asociados con procesos de acumulación de materiales sedimentarios y con la dinámica de los sistemas fluviales que descienden hacia la planicie costera.

La configuración de esta provincia fisiográfica constituye un elemento relevante para interpretar las condiciones ambientales de la región, debido a que el relieve predominantemente bajo favorece la presencia de superficies con pendientes reducidas y zonas de acumulación de materiales. Asimismo, la interacción entre los sistemas fluviales, la precipitación y las características del terreno determina patrones de escurrimiento superficial y, localmente, condiciones de susceptibilidad a inundación o encharcamiento.

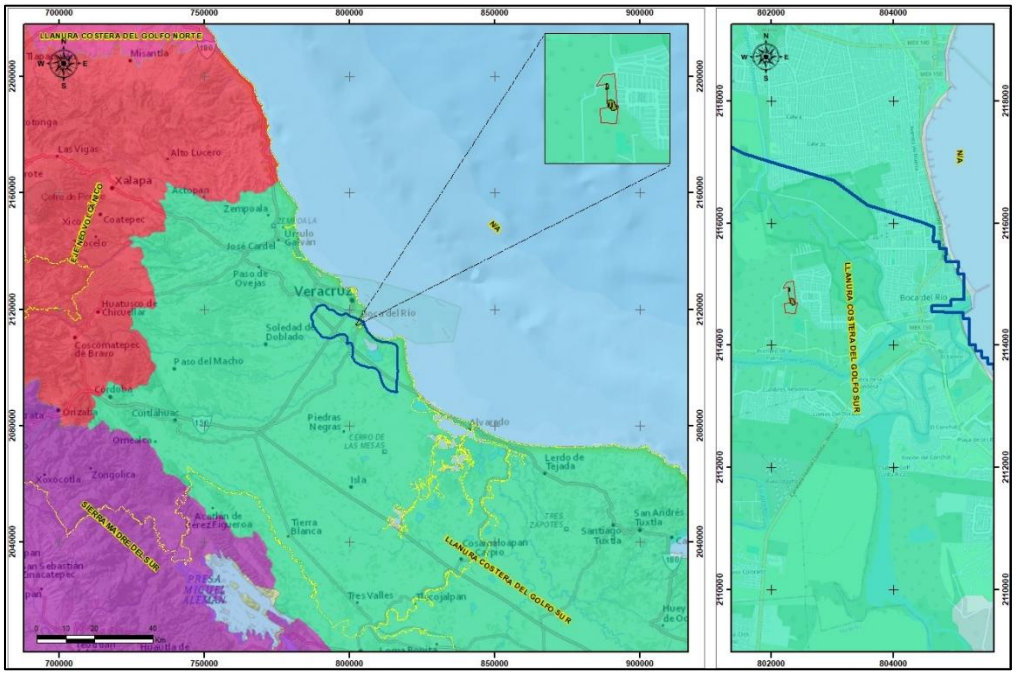


Imagen 3.135 Ubicación de la Provincia Fisiográfica Llanura Costera del Golfo Sur, con relación a la Región Ecológica y el Área del Proyecto.

III.5.2.3.2 SUBPROVINCIA FISIOGRÁFICA

A una escala de mayor detalle, la Región Ecológica se encuentra dentro de la **Subprovincia Llanura Costera Veracruzana**, perteneciente a la Provincia Llanura Costera del Golfo Sur. Esta unidad representa una expresión más específica de la planicie costera y presenta un relieve predominantemente bajo, aunque dentro de ella pueden encontrarse variaciones locales asociadas con lomeríos, superficies de llanura y otras formas del terreno.

La ubicación del Área del Proyecto dentro de esta subprovincia resulta consistente con las características observadas en la cartografía de pendientes y sistemas de topoformas, en la que predominan condiciones de relieve bajo y superficies con escasa inclinación en el entorno inmediato del proyecto.

Esta configuración fisiográfica tiene importancia para la evaluación ambiental debido a que las características del relieve condicionan la manera en que se distribuye y moviliza el agua sobre la superficie del terreno. En particular, las superficies de baja pendiente pueden presentar una menor capacidad de conducción rápida del escurrimiento, por lo que durante eventos de precipitación intensa pueden generarse condiciones temporales de

acumulación de agua en sectores donde las características del drenaje superficial sean limitantes.

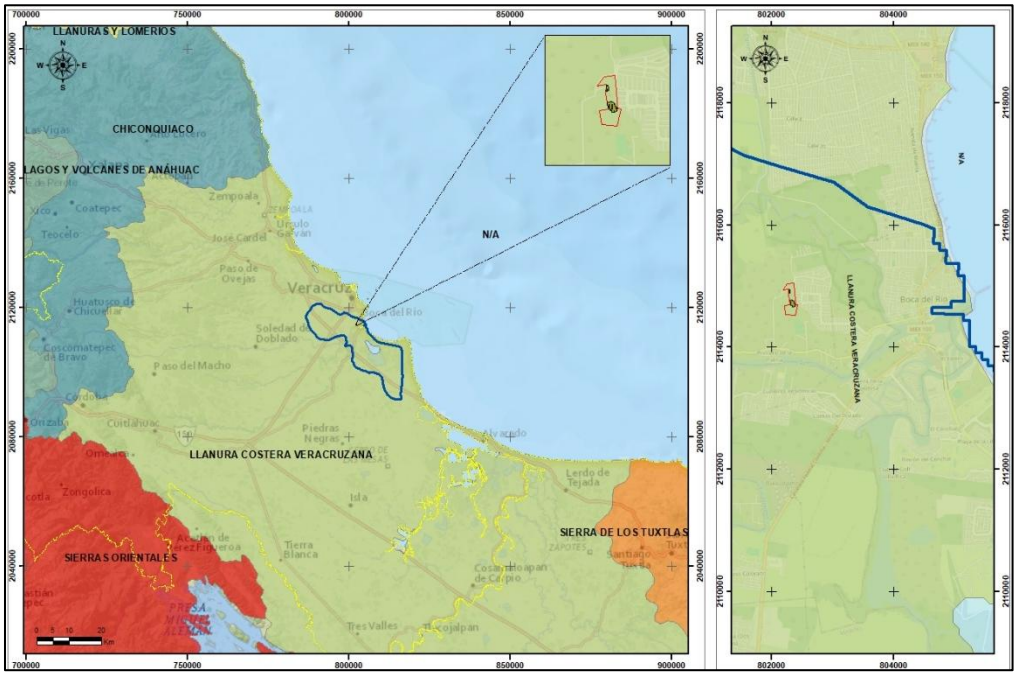


Imagen 3.136 Ubicación de la Subprovincia Fisiográfica Llanura Costera Veracruzana, con relación a la Región Ecológica y el Área del Proyecto.

III.5.2.3.3 SISTEMA DE TOPOFORMAS

El análisis a nivel de sistema de topoformas permite aproximarse con mayor detalle a la configuración física del terreno donde se desarrollará el proyecto. De acuerdo con la información consultada, el **Área del Proyecto** se encuentra ubicada en un sistema de topoformas identificado como **Llanura aluvial costera**.

La Llanura aluvial costera constituye una superficie de relieve predominantemente bajo asociada con la acumulación de materiales transportados por los sistemas de escurrimiento superficial y depositados a través del tiempo. En este contexto, las características del terreno responden tanto a procesos fluviales como a la dinámica sedimentaria propia de la planicie costera.

Dentro de la Región Ecológica se reconoce una mayor diversidad de sistemas de topoformas, incluyendo sectores de lomeríos asociados con llanuras y otras

superficies de la planicie costera. Sin embargo, el emplazamiento específico del proyecto corresponde a la unidad de Llanura aluvial costera, por lo que esta condición constituye la referencia fisiográfica más importante para la interpretación del sitio.

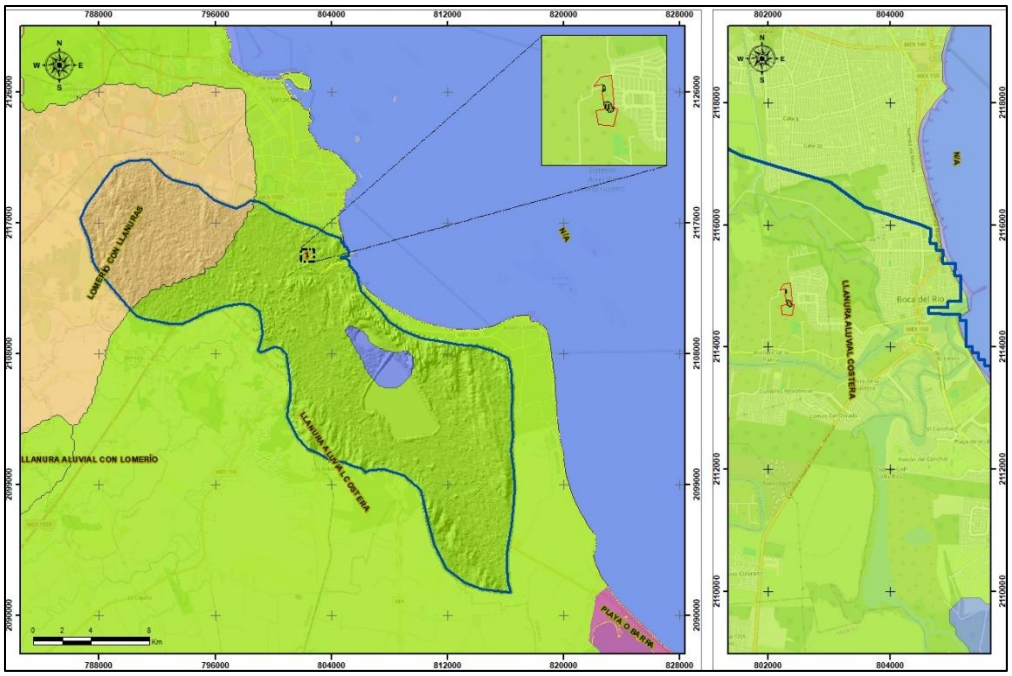


Imagen 3.137 Sistema de Topoformas con respecto a la Región Ecológica y el Área del Proyecto.

La posición del proyecto dentro de la Llanura Costera Veracruzana y, específicamente, en una Llanura aluvial costera, permite explicar algunas de las condiciones físicas observadas en el Área del Proyecto. En términos generales, se trata de un ambiente de relieve bajo, donde predominan superficies con poca inclinación y en el que los procesos de transporte y acumulación de materiales tienen mayor importancia que aquellos asociados con pendientes pronunciadas.

Esta condición es consistente con la distribución de pendientes identificada para el Área del Proyecto, donde predominan los intervalos de baja pendiente, particularmente el rango de 0 a 3 %, mientras que los intervalos de mayor inclinación tienen una presencia limitada o no representan la condición dominante del sitio.

La baja pendiente constituye un factor que debe ser considerado durante la ejecución del proyecto, particularmente en las actividades de desmonte, despalme, nivelación, conformación de vialidades, excavación de zanjas para la instalación de redes de servicios y construcción de infraestructura, debido a que la modificación temporal de la superficie puede alterar las condiciones locales de escurrimiento.

No obstante, la condición fisiográfica por sí misma no representa una limitante absoluta para la ejecución del proyecto. Su importancia radica en que, al combinarse con las características litológicas, edafológicas, hidrológicas y climáticas del sitio, puede modificar la respuesta del terreno ante eventos de precipitación intensa. Por ello, las actividades constructivas deberán considerar medidas orientadas a conservar la funcionalidad del drenaje superficial, evitar la obstrucción de escurrimientos y reducir el arrastre de partículas desde las superficies expuestas.

Asimismo, debido a que el proyecto corresponde a una lotificación habitacional, la transformación del terreno será principalmente de carácter físico y superficial, asociada con la conformación de vialidades, áreas de servicio y lotes. En este sentido, la evaluación de los efectos sobre el relieve deberá concentrarse en los cambios locales de nivelación, compactación y conducción del escurrimiento, más que en modificaciones sustanciales de las grandes unidades fisiográficas regionales.

A escala de la Región Ecológica, la presencia de diferentes sistemas de topoformas refleja la heterogeneidad del relieve regional; sin embargo, el Área del Proyecto se encuentra localizada en una unidad fisiográfica de llanura, lo que establece una relación espacial y funcional con los procesos de acumulación y escurrimiento propios de la planicie.

La fisiografía regional, por tanto, proporciona el marco para interpretar posteriormente la geomorfología local, la distribución de pendientes, los procesos erosivos y la susceptibilidad a fenómenos como inundación y movimientos del terreno. Estos elementos serán analizados de manera integrada en los apartados subsecuentes, con el propósito de determinar si las condiciones físicas del territorio representan factores de vulnerabilidad o restricciones para el desarrollo del proyecto.

Desde el punto de vista de la evaluación ambiental, la principal implicación de esta configuración fisiográfica se relaciona con la dinámica del agua superficial y la susceptibilidad a acumulaciones temporales durante eventos de precipitación intensa, más que con condiciones de inestabilidad derivadas de pendientes pronunciadas. En consecuencia, las actividades de preparación del sitio y construcción deberán mantener condiciones adecuadas de drenaje y evitar alteraciones que favorezcan la concentración o bloqueo del escurrimiento.

III.5.2.4 GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología analiza las formas del relieve y los procesos que intervienen en su formación, modificación y evolución. Para efectos de la presente evaluación, su caracterización permite establecer la relación existente entre la configuración del terreno, las condiciones de pendiente, los procesos de erosión y acumulación, así como la dinámica del escurrimiento superficial y su posible interacción con las actividades previstas para el proyecto.

En este sentido, el análisis geomorfológico se realizó considerando la información fisiográfica y cartográfica disponible para la Región Ecológica (RE), complementada con la interpretación de las condiciones particulares del Área del Proyecto (AP). Se consideraron principalmente el sistema de topoformas, la distribución de pendientes y la información disponible sobre procesos y formas de erosión y degradación del suelo.

Como se señaló en el apartado anterior, la RE forma parte de la Llanura Costera del Golfo Sur, específicamente de la Llanura Costera Veracruzana, mientras que el AP se encuentra emplazada dentro de un sistema de topoformas correspondiente a una Llanura aluvial costera. Esta configuración constituye el punto de partida para interpretar las características geomorfológicas locales.

III.5.2.4.1 CONFIGURACIÓN DEL RELIEVE

La Región Ecológica presenta un relieve predominantemente asociado con la planicie costera, aunque a escala regional se identifican diferentes expresiones del terreno, incluyendo superficies de llanura y sectores con lomeríos. Esta variabilidad refleja la interacción histórica de procesos de

sedimentación, transporte fluvial y modificación de las superficies continentales.

En contraste, el entorno inmediato del Área del Proyecto presenta una configuración considerablemente más uniforme, correspondiente a una superficie de Llanura aluvial costera, donde no se identifican condiciones de relieve abrupto ni formas asociadas con pendientes pronunciadas que pudieran constituir una condicionante geomorfológica importante para el desarrollo de la lotificación.

La condición de **llanura** resulta congruente con las características de las unidades geológicas superficiales identificadas previamente, particularmente con la presencia de depósitos aluviales, cuya distribución responde a procesos de transporte y acumulación de materiales asociados con la dinámica superficial.

Por lo anterior, la evolución geomorfológica del sitio se encuentra principalmente relacionada con procesos de acumulación y redistribución de materiales, así como con la dinámica del agua superficial, más que con procesos gravitacionales asociados con laderas de fuerte pendiente.

III.5.2.4.2 DISTRIBUCIÓN DE PENDIENTES

La pendiente constituye uno de los factores geomorfológicos de mayor importancia para determinar la respuesta del terreno ante el escurrimiento superficial, la erosión y la estabilidad de las superficies intervenidas.

De acuerdo con la cartografía de pendientes consultada, en el Área del Proyecto predominan las superficies correspondientes al intervalo de **0 a 3 %**, mientras que los rangos de pendiente superiores presentan una distribución mucho más limitada en el ámbito inmediato del proyecto.

Esta condición confirma el carácter predominantemente plano del terreno y es consistente con su ubicación dentro de una llanura aluvial costera. Desde una perspectiva geomorfológica, las pendientes reducidas favorecen una menor velocidad de desplazamiento del agua sobre la superficie cuando ésta se distribuye de manera uniforme; sin embargo, ante eventos de precipitación intensa, la baja pendiente también puede favorecer la

permanencia temporal del agua cuando la capacidad de infiltración o conducción del sistema de drenaje resulta insuficiente.

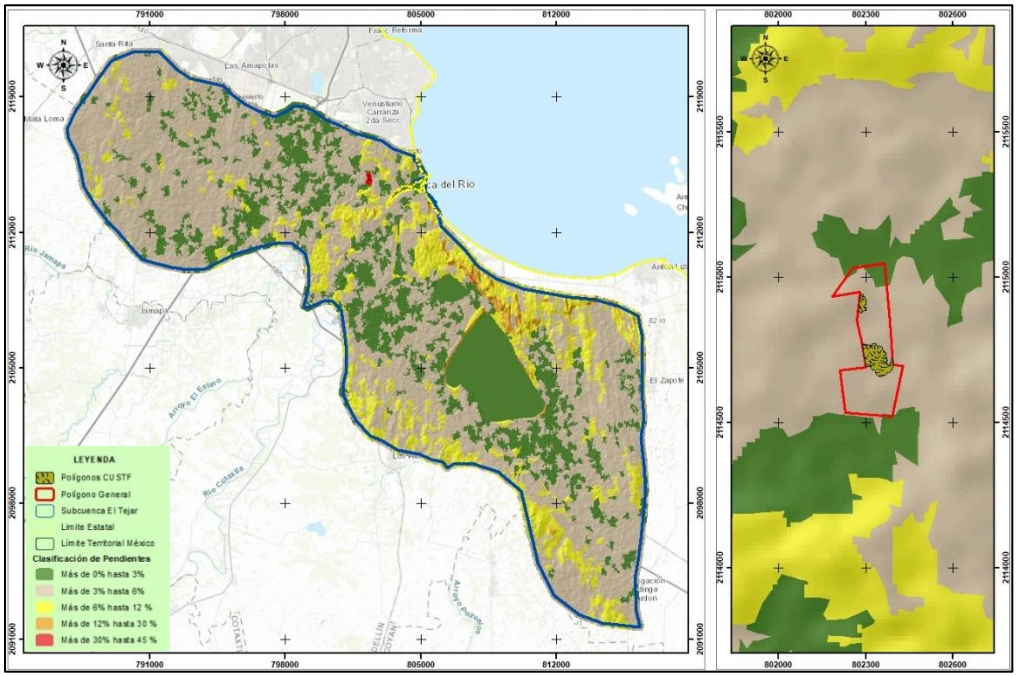


Imagen 3.138 Distribución de pendientes en la Región Ecológica y el Área del Proyecto.

La condición de pendiente reducida representa una ventaja desde el punto de vista de la estabilidad física de las superficies de trabajo, debido a que disminuye la posibilidad de desarrollar procesos de deslizamiento o desprendimiento directamente asociados con pendientes pronunciadas. No obstante, esta condición no elimina la necesidad de implementar medidas de control de escurrimientos, particularmente durante la etapa de preparación del sitio y construcción, cuando el suelo puede permanecer temporalmente expuesto.

III.5.2.4.3 PROCESOS DE EROSIÓN Y DEGRADACIÓN DEL SUELO

La dinámica geomorfológica de la Región Ecológica no está determinada exclusivamente por procesos naturales. La transformación histórica del territorio y el desarrollo de actividades agropecuarias y urbanas han modificado las condiciones originales de cobertura y, consecuentemente, la respuesta del suelo frente a los agentes erosivos.

Con respecto a las **formas y tipos de erosión** se identifica la presencia de diferentes procesos dentro de la Región Ecológica, asociados tanto con agentes hidráulicos como con condiciones de modificación del terreno. En el entorno donde se localiza el proyecto, la transformación antropogénica constituye un factor relevante, particularmente debido al proceso de urbanización y cambio de cobertura del suelo que caracteriza buena parte de la zona conurbada.

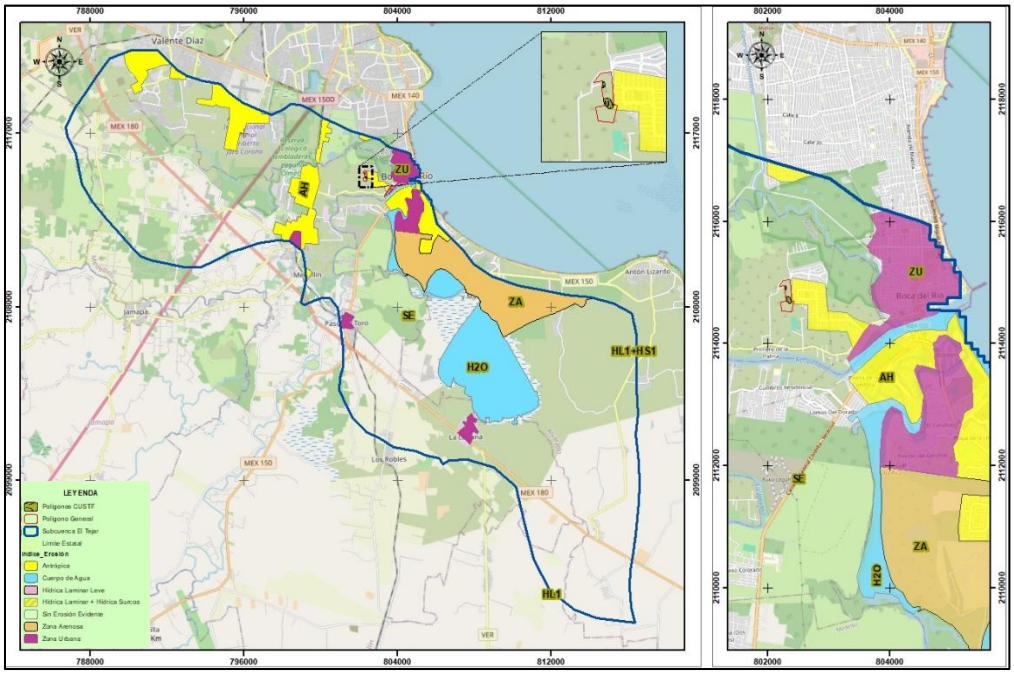


Imagen 3.139 Formas y tipos de erosión en la Región Ecológica y el Área del Proyecto.

La información anterior debe interpretarse considerando que la presencia de una categoría cartográfica de erosión o degradación dentro de la RE no significa necesariamente que el fenómeno se encuentre presente con la misma intensidad dentro de toda el Área del Proyecto. Por ello, su utilización en la presente evaluación tiene carácter regional y sirve para establecer el contexto de los procesos de degradación del suelo en el que se inserta el proyecto.

En términos locales, las actividades de preparación del sitio, particularmente el desmonte, despalme, movimiento de tierras y conformación de superficies, pueden incrementar temporalmente la susceptibilidad de las áreas

descubiertas a la erosión hídrica, especialmente durante eventos de precipitación intensa.

Este efecto sería de carácter localizado y principalmente temporal durante la etapa constructiva, siempre que se implementen medidas de manejo de materiales, control de escurrimientos, estabilización progresiva de superficies y recuperación de áreas que no formen parte de la infraestructura permanente.

III.5.2.4.4 EROSIVIDAD Y COMPORTAMIENTO POTENCIAL DEL TERRENO

Con respecto a la clasificación de las regiones de erosividad, el Área del Proyecto y su entorno, se ubican dentro de la **Región 14 de erosividad**. Esta clasificación proporciona un referente regional sobre el potencial de los agentes erosivos, particularmente en relación con la acción de la precipitación sobre superficies susceptibles.

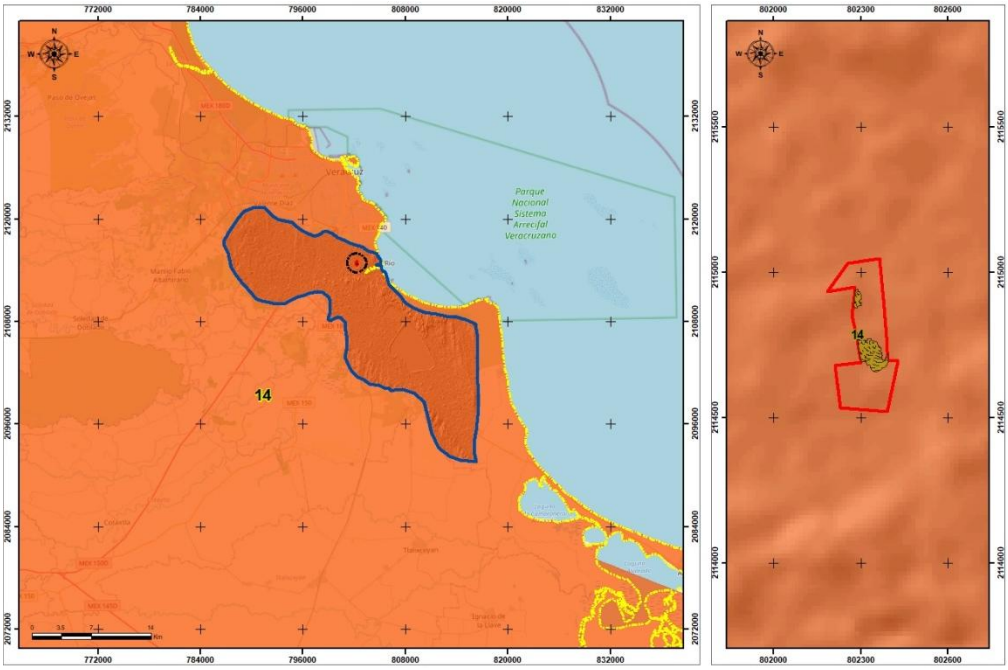


Imagen 3.140 Regiones de erosividad en la Región Ecológica y el Área del Proyecto.

La importancia de este factor aumenta durante la preparación del sitio, debido a que la eliminación temporal de la cobertura vegetal y la remoción del horizonte superficial del suelo disminuyen la protección natural frente al impacto de las gotas de lluvia y favorecen el transporte de partículas cuando

existen superficies desnudas con pendientes suficientes para generar escurrimientos concentrados.

Sin embargo, en el caso particular del proyecto, la predominancia de pendientes bajas y su ubicación dentro de una llanura disminuyen el potencial de desarrollo de procesos erosivos asociados con escurrimientos de alta velocidad. Por ello, el riesgo principal durante la construcción se relaciona con la erosión localizada de superficies desnudas y el arrastre de sedimentos hacia zonas bajas o sistemas de drenaje, más que con procesos erosivos de gran magnitud.

III.5.2.4.5 DEGRADACIÓN DEL SUELO Y TRANSFORMACIÓN ANTROPOGÉNICA

La condición geomorfológica actual de la región debe interpretarse también a partir del grado de transformación antropogénica del territorio. La cartografía de causas de degradación del suelo identifica, para el contexto regional, actividades como agricultura, sobrepastoreo y urbanización como factores relacionados con procesos de degradación.

En el caso del Área del Proyecto, la condición de urbanización y expansión de la zona conurbada constituye un elemento particularmente importante para interpretar el estado actual del terreno. La modificación de la cobertura vegetal, la construcción de vialidades e infraestructura y la compactación de superficies generan cambios en las propiedades físicas del suelo y en las rutas naturales del escurrimiento.

No obstante, es importante diferenciar entre la condición ambiental regional y los efectos atribuibles al proyecto. Las condiciones de degradación o transformación existentes previamente **no deben considerarse impactos generados por la ejecución del proyecto**, sino como parte del escenario ambiental actual sobre el cual se desarrollará la evaluación.

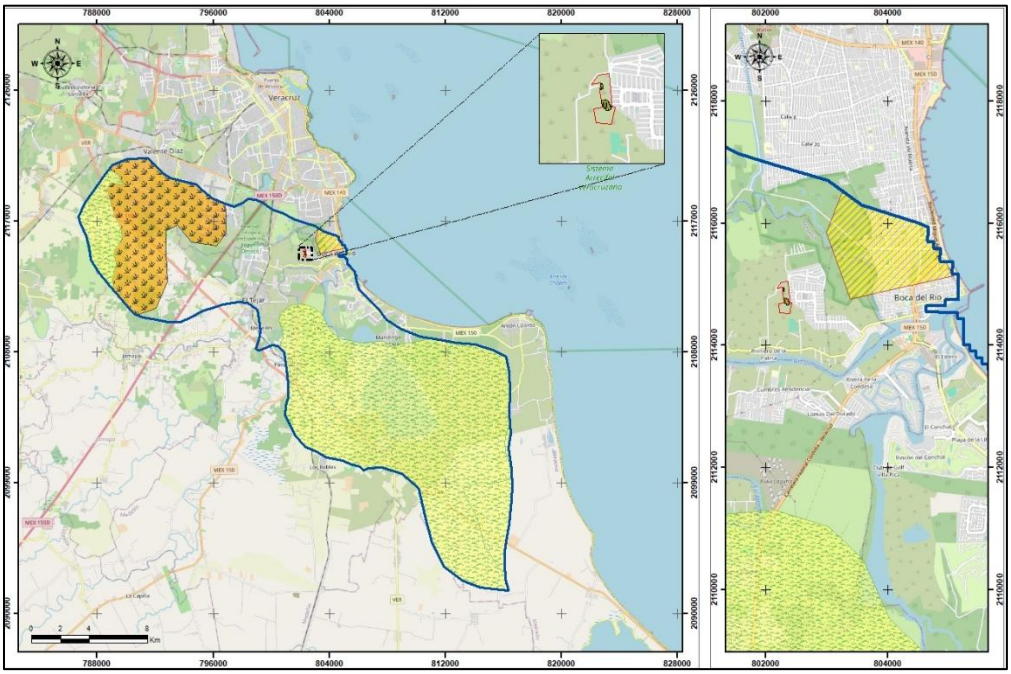


Imagen 3.141 Causas de degradación del suelo identificadas en la Región Ecológica y el Área del Proyecto.

Desde el punto de vista geomorfológico, el proyecto se encuentra en una condición de relieve bajo, pendiente reducida y superficie de llanura aluvial costera, por lo que no se identifican, a partir de la cartografía analizada, características del relieve que representen una restricción geomorfológica crítica para la ejecución de la lotificación.

La principal interacción con el proyecto estará relacionada con la modificación temporal de las condiciones superficiales durante las etapas de preparación del sitio y construcción. El desmonte y despalme asociados con las áreas sujetas a cambio de uso de suelo, la conformación de vialidades, excavaciones para instalaciones y compactación de superficies modificarán localmente la rugosidad y permeabilidad del terreno, pudiendo alterar la distribución del escurrimiento superficial.

En particular, las actividades de nivelación y conformación de vialidades deberán ejecutarse procurando conservar una pendiente funcional que permita conducir adecuadamente el agua de lluvia hacia los sistemas de drenaje proyectados, evitando generar puntos de concentración o acumulación de escurrimientos.

Asimismo, las superficies que permanezcan temporalmente expuestas deberán manejarse de manera progresiva, evitando que permanezcan desnudas durante periodos prolongados, especialmente durante la temporada de lluvias.

La configuración del terreno limita la ocurrencia de procesos gravitacionales relacionados con pendientes fuertes; sin embargo, la combinación de baja pendiente, precipitación regional y superficies temporalmente expuestas durante la construcción hace necesario considerar el manejo del escurrimiento superficial y el control de sedimentos como aspectos relevantes de la gestión ambiental del proyecto.

Los procesos de erosión y degradación identificados a escala regional se encuentran asociados tanto con agentes naturales como con la transformación antropogénica del territorio. En consecuencia, las medidas ambientales deberán orientarse principalmente a prevenir la generación de erosión localizada, controlar el arrastre de sedimentos, conservar la funcionalidad del drenaje superficial y estabilizar progresivamente las superficies intervenidas.

En conjunto, las características geomorfológicas identificadas no constituyen una limitante absoluta para el desarrollo del proyecto, aunque sí establecen condiciones que deberán incorporarse al diseño y ejecución de las obras, particularmente en materia de manejo de aguas pluviales, estabilidad de superficies intervenidas y prevención de procesos erosivos.

III.5.2.5 SUSCEPTIBILIDAD DE LA REGIÓN ECOLÓGICA A FENÓMENOS GEOLÓGICOS Y SU INTERACCIÓN CON EL PROYECTO

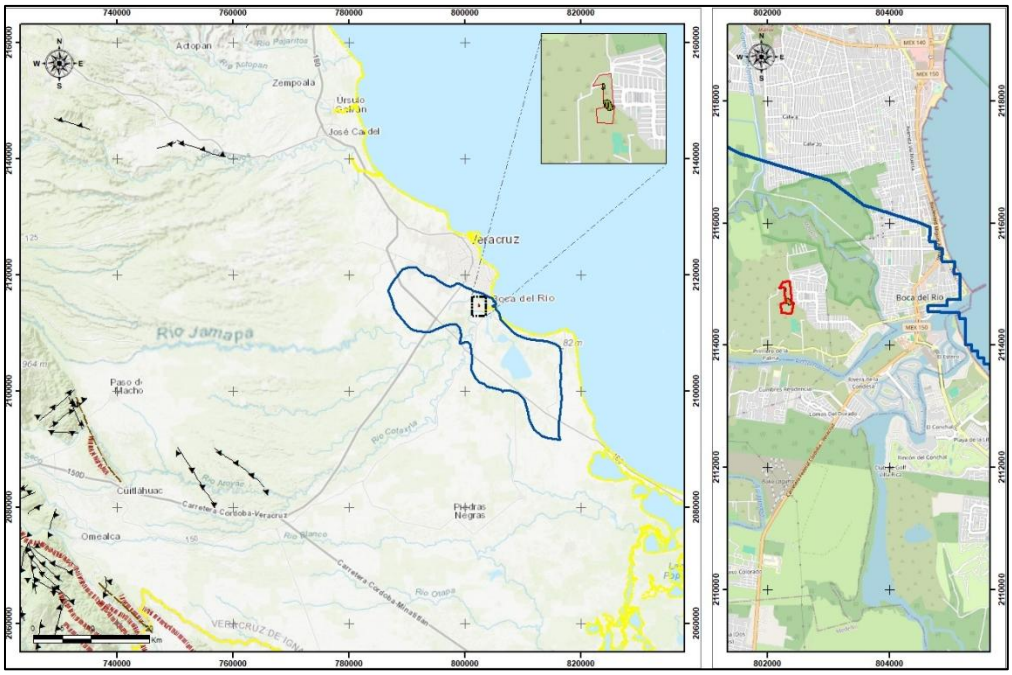
La susceptibilidad del territorio frente a fenómenos geológicos constituye un elemento relevante para determinar las condiciones de estabilidad física y los posibles factores de riesgo que pueden incidir sobre el desarrollo del proyecto. Para su análisis se consideraron las características geológicas, fisiográficas y geomorfológicas previamente descritas, así como la información cartográfica disponible sobre fallas y fracturas, sismicidad y vulnerabilidad sísmica, pendientes, procesos erosivos y susceptibilidad a inundación.

El análisis se realizó diferenciando las condiciones existentes a escala de la Región Ecológica (RE) respecto de aquellas correspondientes al Área del Proyecto (AP), con el propósito de identificar los fenómenos que presentan relevancia regional y, posteriormente, establecer cuáles tienen una interacción potencial con las actividades de preparación del sitio, construcción y operación de la lotificación habitacional.

III.5.2.5.1 FALLAS Y FRACTURAS

La presencia de fallas y fracturas constituye un factor que puede condicionar localmente la estabilidad del terreno, particularmente cuando estas estructuras se encuentran activas o próximas a zonas donde se pretende desarrollar infraestructura.

De acuerdo con la cartografía geológica consultada, dentro de la Región Ecológica se identifican diversas estructuras geológicas, principalmente hacia sectores occidentales y suroccidentales de la misma. Sin embargo, **no se identifica una falla o fractura** cartografiada **que atraviese directamente el polígono del Área del Proyecto**.


740000
760000
780000
800000
820000
802000
804000
Actopan
Zempoala
Ursulo Galván
José Cardel
Veracruz
Boca del Río
Río Jamapa
Paso de Macho
Cuitláhuac
Omealca
Piedras Negras
Carretera Córdoba-Veracruz
Río Cotaxtla
Río Blanco
Río Orizaba
Río Actopan
Río Pixquiac
Río Negro
Río Colorado
Río Seco
Río Tonto
Río Tuxpan
Río Tuxpan
Río Tuxpan

Por lo anterior, desde el punto de vista de las estructuras geológicas cartografiadas, no se identifica una condición de susceptibilidad directamente asociada con una falla o fractura que atraviese el Área del Proyecto. Para efectos de la presente evaluación ambiental, la ausencia de una estructura regional directamente coincidente con el AP permite considerar que este factor no constituye, por sí mismo, una condicionante geológica crítica para la lotificación.

III.5.2.5.2 SISMICIDAD Y VULNERABILIDAD SÍSMICA

La sismicidad constituye otro factor que debe considerarse dentro de la evaluación de las condiciones físicas del territorio, particularmente debido a que los efectos de un evento sísmico pueden manifestarse independientemente de la existencia de una falla directamente localizada dentro del área de un proyecto.

De acuerdo con la cartografía de vulnerabilidad sísmica consultada, el Área del Proyecto y su entorno inmediato se encuentran predominantemente dentro de una categoría de **vulnerabilidad sísmica media**.

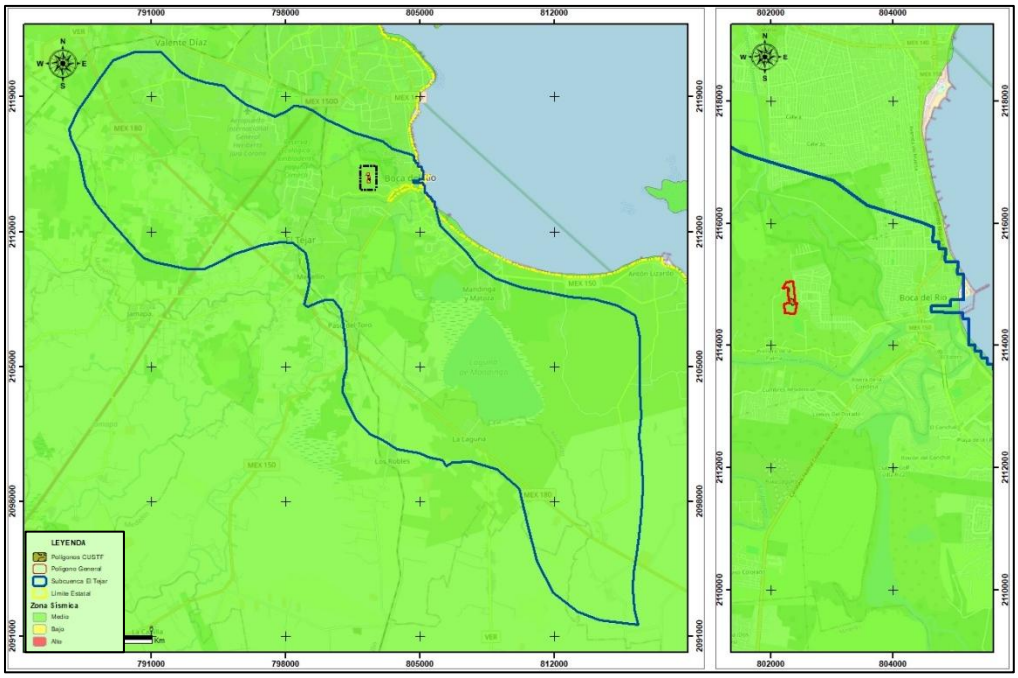


Imagen 3.143 Distribución de fallas y fracturas identificadas en la Región Ecológica y el Área del Proyecto.

La condición de vulnerabilidad sísmica media indica que los efectos asociados con un evento sísmico deben considerarse dentro de las condiciones naturales del sitio. Sin embargo, este factor debe diferenciarse de la identificación de una falla o fractura local, debido a que la vulnerabilidad sísmica responde a un conjunto de características territoriales y no exclusivamente a la presencia de estructuras tectónicas dentro del polígono del proyecto.

En consecuencia, la condición sísmica regional constituye un factor ambiental y de diseño preexistente, cuya atención corresponde principalmente a los criterios de ingeniería estructural y de seguridad aplicables a las obras que eventualmente se desarrollen dentro de los lotes, más que a una restricción ambiental que impida la ejecución de la lotificación.

Para efectos de la evaluación ambiental, la interacción principal se presenta durante la etapa de operación, cuando las viviendas e infraestructura asociada se encuentren en funcionamiento. La respuesta estructural de las edificaciones deberá sujetarse a las disposiciones técnicas y reglamentarias aplicables en materia de construcción y seguridad estructural.

III.5.2.5.3 SUSCEPTIBILIDAD ASOCIADA CON PENDIENTES Y MOVIMIENTOS DEL TERRENO

Los movimientos del terreno, particularmente los deslizamientos, derrumbes y otros procesos gravitacionales, presentan una relación directa con las características del relieve y la pendiente.

Como se estableció en el apartado geomorfológico, el Área del Proyecto se encuentra dentro de una llanura aluvial costera, caracterizada por un relieve predominantemente bajo y pendientes reducidas. La cartografía analizada muestra que en el AP predomina el intervalo de 0 a 3 %, sin que se identifiquen superficies extensas con pendientes pronunciadas.

Esta condición limita el desarrollo de procesos gravitacionales asociados con laderas de fuerte inclinación, por lo que no se considera que los deslizamientos o derrumbes constituyan un fenómeno geológico de susceptibilidad relevante para el Área del Proyecto, con base en las condiciones cartográficas analizadas.

La situación es diferente en algunos sectores de la Región Ecológica donde existen lomeríos y superficies con mayor variación topográfica; sin embargo, dichas condiciones no corresponden al emplazamiento directo del proyecto.

Por tanto, las actividades de desmonte, despalme, nivelación y conformación de vialidades no se desarrollarán sobre laderas pronunciadas que requieran cortes importantes del terreno por razones de pendiente. La principal consideración ambiental estará relacionada con el manejo de superficies expuestas y la estabilidad de los materiales durante las excavaciones temporales.

III.5.2.5.4 EROSIÓN HÍDRICA Y MOVILIZACIÓN DE SEDIMENTOS

La erosión constituye uno de los procesos geomorfológicos con mayor posibilidad de interacción con las actividades previstas, particularmente durante la etapa de preparación del sitio y construcción.

La condición regional de erosividad, aunada al régimen de precipitación característico de la zona, permite reconocer la posibilidad de que las superficies de suelo que sean temporalmente expuestas presenten pérdida y movilización de partículas durante eventos de lluvia.

Esta condición puede intensificarse temporalmente como consecuencia de las actividades de desmonte, despalme, excavación, apertura de zanjas, movimiento de tierras y conformación de vialidades, debido a que dichas actividades eliminan o modifican la cobertura superficial que protege al suelo frente al impacto directo de la precipitación.

La interacción prevista sería principalmente de carácter temporal, localizado y controlable, siempre que las actividades constructivas se desarrollen de manera progresiva y se implementen medidas de prevención y control.

De esta manera, la erosión representa una interacción potencial entre las condiciones naturales del terreno y las actividades constructivas, pero no constituye una condición que imposibilite el desarrollo del proyecto.

III.5.2.5.5 SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIÓN Y ACUMULACIÓN DE AGUA

Debido a la ubicación del proyecto dentro de una planicie costera y a las características de baja pendiente previamente descritas, la susceptibilidad a inundación constituye un factor que merece especial consideración.

La cartografía de susceptibilidad a inundación muestra la presencia de superficies susceptibles dentro del entorno regional, asociadas principalmente con sectores bajos de la planicie, cauces, zonas húmedas y áreas relacionadas con la dinámica de los sistemas hidrológicos.

En el caso particular del proyecto, los polígonos correspondientes al área de vegetación sujeta a Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) se encuentran dentro de la cobertura cartográfica identificada como susceptible a inundación. Esta condición debe interpretarse como una característica de vulnerabilidad preexistente del territorio y no como evidencia de que el proyecto genere inundaciones.

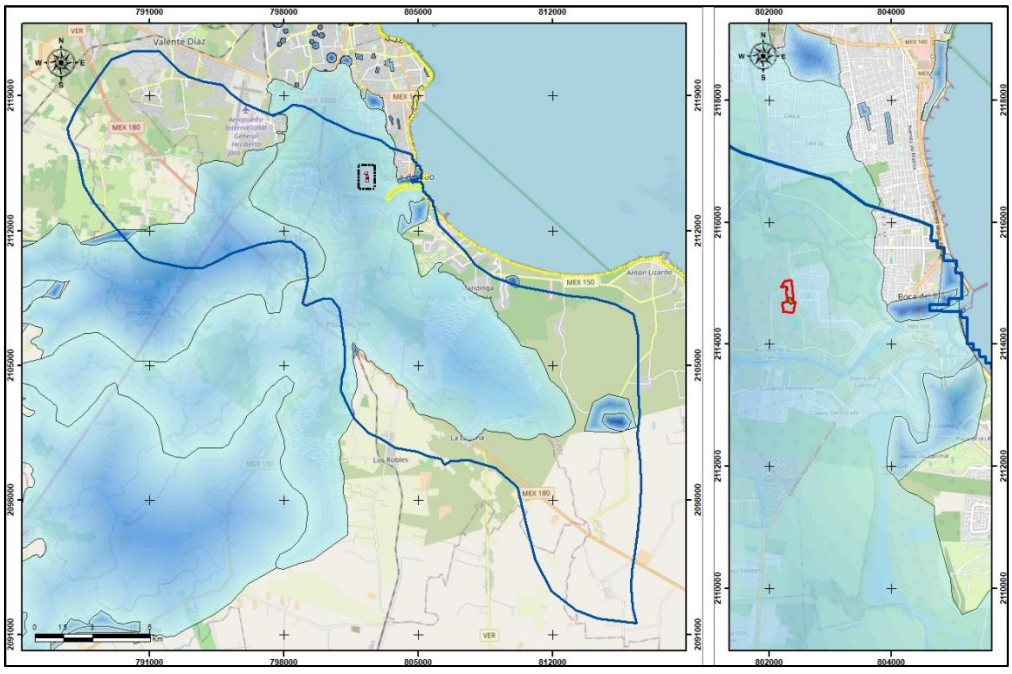


Imagen 3.144 Susceptibilidad de la zona a inundación.

La condición anterior adquiere relevancia durante la etapa de construcción, debido a que el desmonte, despalme, nivelación y conformación de vialidades pueden modificar temporalmente la distribución del escurrimiento

superficial. Asimismo, la acumulación de materiales, residuos o tierra producto de excavaciones podría obstruir localmente las rutas naturales del agua si no se lleva a cabo un manejo adecuado.

Por ello, el proyecto deberá conservar la funcionalidad del drenaje superficial durante la ejecución de las obras, evitando la formación de barreras que interrumpan el flujo natural del agua y estableciendo medidas para conducir de manera segura los escurrimientos generados durante eventos de precipitación.

Una vez concluida la construcción, las vialidades, lotes y áreas comunes constituirán superficies con una configuración diferente a la condición previa, por lo que el diseño del sistema de drenaje pluvial deberá considerar las condiciones de escurrimiento generadas por la urbanización y evitar concentraciones que puedan afectar tanto al propio desarrollo como a terrenos colindantes.

A partir del análisis conjunto de la información geológica, fisiográfica y geomorfológica, se identifica que las principales condiciones naturales que deberán ser consideradas para el desarrollo del proyecto corresponden a sismicidad, erosión hídrica y susceptibilidad a inundación, mientras que la presencia de fallas, fracturas y procesos gravitacionales asociados con pendientes pronunciadas no representa, de acuerdo con la cartografía disponible, una condicionante directa para el AP.

Cuadro 3.185 Interacción de fenómenos geológicos con obras del proyecto

Fenómeno / condición	Condición en RE/AP	Interacción potencial con el proyecto	Etapa de mayor relevancia
Fallas y fracturas	Existen estructuras regionales; no se identifica una que atraviese el AP	No se prevé interacción directa	Construcción / operación
Sismicidad	Vulnerabilidad sísmica predominantemente media	Condición natural que deberá considerarse en el diseño estructural	Operación
Deslizamientos / derrumbes	Baja relevancia en AP por predominio de pendientes reducidas	No se prevén procesos gravitacionales significativos	Construcción
Erosión hídrica	Potencial regional asociado con precipitación y superficies expuestas	Arrastre de partículas y sedimentos durante movimiento de tierras	Preparación / construcción
Inundación	Susceptibilidad regional; AP y	Acumulación temporal,	Preparación /

	CUSTF presentan coincidencia con cobertura susceptible	modificación del escurrimiento y afectación potencial de obras	construcción / operación
Degradación del suelo	Transformación antropogénica regional	El proyecto puede incrementar temporalmente la exposición y compactación	Preparación / construcción

La integración de los factores analizados permite establecer que la ejecución del proyecto deberá considerar las condiciones geomorfológicas y de susceptibilidad existentes, particularmente aquellas relacionadas con la dinámica del agua superficial.

En este sentido, las medidas ambientales deberán orientarse prioritariamente a mantener la continuidad de los escurrimientos, controlar la erosión y el transporte de sedimentos, evitar obstrucciones en zonas de drenaje y estabilizar progresivamente las superficies intervenidas.

Respecto a la condición sísmica, ésta representa una característica natural preexistente de la región y deberá ser considerada en los criterios de diseño y construcción de las edificaciones e infraestructura conforme a la normatividad aplicable. Desde la perspectiva ambiental, no se identifica que el proyecto pueda incrementar la sismicidad regional o modificar significativamente este fenómeno.

Por otra parte, la ausencia de fallas o fracturas cartografiadas atravesando directamente el Área del Proyecto, así como el predominio de pendientes reducidas, disminuyen la relevancia de procesos de inestabilidad asociados con movimientos gravitacionales del terreno.

En términos generales, no se identifican condiciones que, desde el punto de vista geológico o geomorfológico, constituyan una restricción absoluta para el desarrollo de la lotificación habitacional. No obstante, la susceptibilidad a ciertos fenómenos estará vinculada a la aplicación de medidas preventivas y de manejo que permitan conservar la funcionalidad del drenaje superficial, evitar la concentración artificial de escurrimientos, controlar la erosión de superficies expuestas y mantener condiciones adecuadas de estabilidad durante la ejecución de las obras.

III.5.3 TOPOGRAFÍA

La caracterización topográfica permite conocer la configuración actual de la superficie del terreno donde se pretende desarrollar el proyecto, considerando principalmente su elevación, relieve, desniveles y distribución de pendientes. Estos elementos son relevantes para determinar las condiciones de escurrimiento superficial, la estabilidad de las superficies intervenidas y la forma en que las actividades de preparación del sitio y construcción pueden modificar temporal o permanentemente la dinámica superficial del terreno.

Para el presente estudio, el análisis topográfico se realizó considerando la información cartográfica disponible para la Región Ecológica y, particularmente, la distribución de pendientes correspondiente al Área del Proyecto. Esta información se complementa con la interpretación fisiográfica y geomorfológica desarrollada en los apartados anteriores, con el propósito de establecer la relación entre la configuración superficial del terreno y las obras previstas para la lotificación habitacional.

III.5.3.1 CONTEXTO TOPOGRÁFICO REGIONAL

La Región Ecológica se encuentra en un contexto territorial caracterizado por el predominio de superficies de relieve bajo, asociado con la Llanura Costera Veracruzana y con diferentes expresiones de la planicie costera. En este ambiente, la configuración topográfica presenta variaciones locales relacionadas con la presencia de superficies de llanura y sectores con formas de relieve más onduladas.

En el caso particular del Área del Proyecto, su ubicación dentro de la Llanura aluvial costera determina una configuración superficial predominantemente plana, condición que se encuentra asociada con la baja variación de pendientes observada en el sitio.

Esta característica es relevante debido a que el relieve constituye uno de los principales factores que controlan la dirección y velocidad del escurrimiento superficial. En terrenos con pendientes reducidas, el agua puede presentar una menor velocidad de desplazamiento sobre superficies uniformes, aunque, ante precipitaciones intensas, la baja pendiente puede favorecer la acumulación temporal cuando la capacidad de infiltración o conducción del agua resulta limitada.

Por ello, la topografía del sitio debe analizarse conjuntamente con las condiciones climáticas, edafológicas, hidrológicas y de urbanización existentes, particularmente considerando que el proyecto contempla la transformación de superficies naturales y la incorporación de vialidades, lotes y redes de servicios.

III.5.3.2 CONFIGURACIÓN SUPERFICIAL DEL ÁREA DEL PROYECTO

La configuración topográfica del Área del Proyecto presenta condiciones de **relieve bajo y escasa variación de pendiente**, congruentes con su localización dentro de una llanura aluvial costera.

La ausencia de pendientes pronunciadas constituye una condición favorable para la ejecución de las obras desde el punto de vista de la estabilidad general del terreno, debido a que reduce la necesidad de realizar cortes importantes asociados con laderas y disminuye el potencial de procesos gravitacionales vinculados con superficies de alta inclinación.

No obstante, una superficie predominantemente plana no implica necesariamente una ausencia de condicionantes topográficas. Por el contrario, pequeñas variaciones de elevación pueden determinar la dirección de los escurrimientos y establecer zonas preferenciales para la acumulación temporal de agua.

En consecuencia, durante la ejecución del proyecto deberá procurarse que las actividades de nivelación y conformación del terreno respeten y

mejoren la funcionalidad del drenaje superficial, evitando generar depresiones artificiales, barreras al escurrimiento o cambios abruptos de nivel que puedan favorecer la concentración de agua.

III.5.3.3 DISTRIBUCIÓN DE PENDIENTES

La pendiente representa la relación entre la diferencia de elevación y la distancia horizontal existente entre dos puntos del terreno, por lo que constituye un indicador directo de la inclinación de la superficie.

El **Área del Proyecto** se encuentra predominantemente dentro del intervalo de **3 a 6 % de pendiente**, mientras que los rangos de mayor inclinación presentan una participación considerablemente menor dentro del área de estudio.

Esta condición confirma el carácter predominantemente plano del sitio y resulta congruente con su localización dentro de la Llanura aluvial costera.



Imagen 3.145 Pendientes en la zona del proyecto.

Las condiciones topográficas del Área del Proyecto presentan una interacción principalmente con las actividades de preparación del sitio y construcción, particularmente con el desmonte, despalme, nivelación, conformación de vialidades, excavaciones para la instalación de servicios y adecuación de las superficies destinadas a lotes y áreas comunes.

Debido al predominio de pendientes bajas, principalmente de 0 a 3 %, no se prevé la necesidad de realizar modificaciones sustanciales del relieve ni cortes importantes asociados con terrenos de elevada inclinación. Esta condición favorece la estabilidad general de las superficies durante la ejecución de las obras.

No obstante, las actividades de nivelación, compactación y conformación de vialidades pueden modificar localmente la dirección y distribución del escurrimiento superficial. Por ello, las obras deberán ejecutarse procurando mantener condiciones adecuadas para la conducción de aguas pluviales y evitando la generación de depresiones, barreras u obstrucciones que favorezcan la acumulación de agua.

Asimismo, durante el periodo en que el suelo permanezca expuesto por las actividades constructivas, deberá evitarse la concentración de escurrimientos sobre superficies desnudas, a fin de reducir el potencial de erosión y arrastre de sedimentos.

En términos generales, la topografía del sitio no representa una limitante para el desarrollo del proyecto; sin embargo, deberá ser considerada en la nivelación, diseño de vialidades y manejo de aguas pluviales, particularmente durante la etapa constructiva.

Por ello, la conformación final de las superficies deberá considerar pendientes funcionales que permitan conducir adecuadamente las aguas pluviales y evitar la formación de puntos bajos artificiales.

III.5.4 SUELOS (EDAFOLOGÍA)

El suelo constituye un componente ambiental estrechamente relacionado con las condiciones geológicas, geomorfológicas, climáticas y topográficas del territorio. Sus características determinan, entre otros aspectos, la capacidad de infiltración, almacenamiento y conducción del agua, la susceptibilidad a procesos erosivos y su respuesta ante actividades que impliquen remoción, compactación o transformación de la superficie.

Para la caracterización edafológica de la Región Ecológica se utilizó la información del Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, escala 1:250,000, Serie II (Continuo Nacional), del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), mediante la cual se identificaron las unidades de suelo presentes en la subcuenca y su correspondencia espacial con el Área del Proyecto.

La interpretación se realizó a escala regional y local, dando particular importancia a la unidad edafológica presente en el AP y en las superficies sujetas a Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF).

III.5.4.1 UNIDADES EDAFOLÓGICAS DE LA REGIÓN ECOLÓGICA

Dentro de la Región Ecológica se distribuyen diferentes unidades de suelo, entre las que se reconocen **Arenosol, Gleysol, Regosol y Vertisol**, además de superficies correspondientes a cuerpos de agua u otras áreas clasificadas como "No aplica".

La distribución de estas unidades se encuentra relacionada con las condiciones fisiográficas, geomorfológicas y de acumulación de materiales que caracterizan a la región. En particular, la presencia de diferentes tipos de suelo refleja la heterogeneidad ambiental existente dentro de la subcuenca, aun cuando ésta se encuentra dominada por superficies de planicie.

De acuerdo con la representación cartográfica, el **Área del Proyecto** se encuentra completamente comprendida dentro de la unidad de suelo **Vertisol**. Asimismo, los polígonos correspondientes a las superficies de CUSTF se encuentran espacialmente contenidos dentro de esta misma unidad edafológica.

Por lo tanto, para efectos de la evaluación ambiental del proyecto, el Vertisol constituye la unidad edafológica de mayor relevancia, ya que será el suelo directamente relacionado con las actividades de preparación del sitio, construcción y posterior establecimiento de las áreas habitacionales.

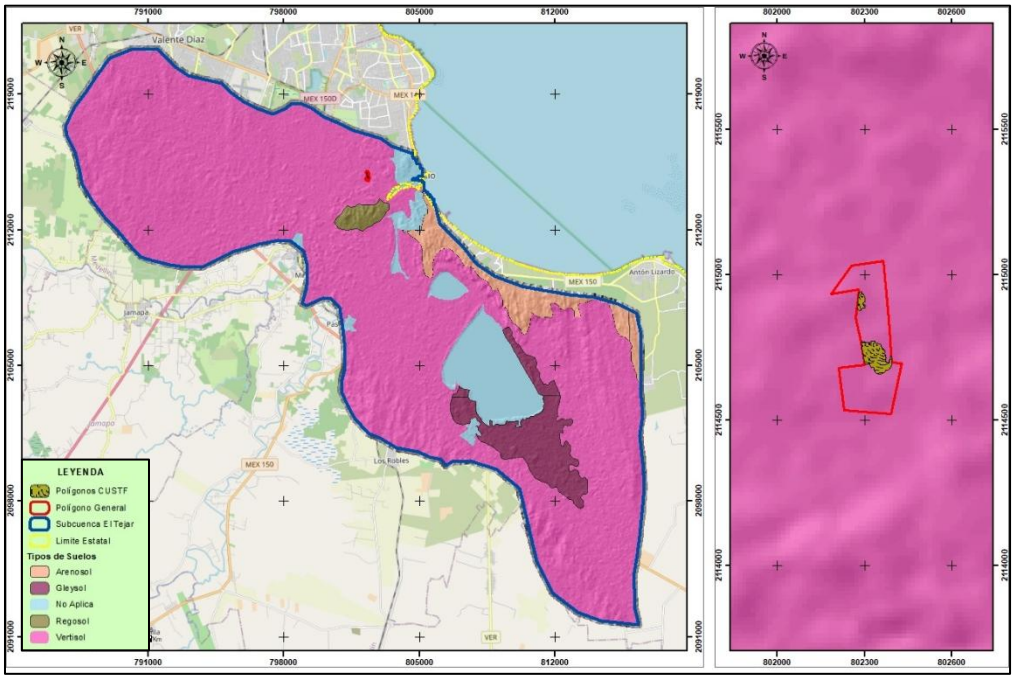


Imagen 3.146 Unidades edafológicas presentes en la Región Ecológica y Área del Proyecto.

III.5.4.2 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO PRESENTE EN EL ÁREA DEL PROYECTO

El **Vertisol** constituye la unidad edafológica que caracteriza al Área del Proyecto. Estos suelos se distinguen por presentar una elevada proporción de materiales arcillosos expansivos, lo que les confiere cambios volumétricos importantes asociados con las variaciones en su contenido de humedad.

Esta característica puede generar procesos de expansión y contracción del suelo durante los ciclos de humedecimiento y secado, condición que debe ser considerada particularmente en aquellas obras que requieran excavación, compactación o establecimiento de superficies permanentes.

Desde el punto de vista ambiental, el comportamiento del Vertisol también resulta relevante para la dinámica del agua superficial y subsuperficial. Las características físicas de estos suelos pueden favorecer una respuesta diferenciada frente a la precipitación dependiendo de su estado de humedad y grado de compactación, por lo que la transformación de la superficie puede modificar las condiciones locales de infiltración y escurrimiento.

En el contexto del proyecto, estas características deberán considerarse conjuntamente con la topografía predominantemente plana y las condiciones de

baja pendiente identificadas previamente. La combinación de ambos factores hace particularmente importante evitar modificaciones que favorezcan la acumulación de agua en sectores bajos y mantener una adecuada conducción de los escurrimientos pluviales.

III.5.4.3 SUELO Y PROCESOS DE EROSIÓN Y DEGRADACIÓN

La susceptibilidad del suelo a **procesos de erosión** depende de la interacción entre sus propiedades físicas, la pendiente, la cobertura vegetal, la precipitación y las condiciones de manejo del terreno.

En el Área del Proyecto, la predominancia de pendientes bajas constituye una condición que limita los procesos erosivos asociados con escurrimientos de elevada velocidad. Sin embargo, durante la preparación del sitio y construcción, el desmonte, despalme, excavación y movimiento de tierras generarán superficies temporalmente expuestas que podrán ser afectadas por la acción de la precipitación.

Esta condición resulta particularmente relevante en las superficies sujetas a CUSTF, donde la eliminación de la cobertura vegetal reducirá temporalmente la protección natural del suelo frente al impacto directo de la lluvia.

Por ello, el manejo ambiental deberá orientarse a evitar la exposición prolongada del suelo, controlar los escurrimientos sobre superficies desnudas y reducir el transporte de partículas hacia zonas bajas o sistemas de drenaje.

Como se señaló en el apartado de Geomorfología, la Región Ecológica presenta diferentes condiciones de erosión y degradación del suelo, sin embargo, la presencia de categorías de degradación a escala regional no debe interpretarse como evidencia de que el mismo grado de degradación se presenta en toda el Área del Proyecto. Para el Área del Proyecto, estas condiciones deberán interpretarse considerando la transformación actual del territorio y las actividades que serán desarrolladas durante la preparación del sitio

III.5.4.4 INTERACCIÓN DEL SUELO CON EL PROYECTO

La interacción principal entre el suelo y las actividades del proyecto se presentará durante las etapas de preparación del sitio y construcción, debido a la remoción de la cobertura superficial, movimiento de materiales, excavaciones, compactación y establecimiento de superficies destinadas a vialidades, lotes e infraestructura.

Los principales efectos potenciales sobre el componente edáfico serán:

- remoción del horizonte superficial;

- pérdida temporal de cobertura protectora;
- compactación del suelo por tránsito de maquinaria;
- modificación de las condiciones naturales de infiltración;
- incremento localizado del escurrimiento superficial;
- erosión y arrastre de partículas en superficies expuestas.

En el caso particular de los Vertisoles, deberá prestarse atención adicional a las condiciones de humedad del terreno durante los trabajos, así como a la compactación y conformación de las superficies, debido a las características físicas propias de este tipo de suelo.

No obstante, considerando la extensión del proyecto y que las modificaciones se concentrarán dentro del polígono autorizado para la lotificación, los efectos sobre el componente edáfico serán principalmente locales y asociados a la transformación directa de las superficies intervenidas.

III.5.4.5 RELACIÓN DEL SUELO CON EL CUSTF

Los polígonos identificados para Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales se encuentran dentro de la unidad de Vertisol, por lo que la remoción de la vegetación forestal implicará también la transformación de las condiciones superficiales del suelo en dichas áreas.

La cobertura vegetal actualmente presente contribuye a proteger el suelo frente al impacto de la precipitación y favorece la estabilidad de la superficie. En consecuencia, durante el periodo comprendido entre la remoción de la vegetación y la estabilización definitiva de las superficies, deberá evitarse la exposición innecesaria del suelo.

El manejo del suelo producto del despalme deberá realizarse de manera diferenciada, procurando conservar, cuando sus características y condiciones lo permitan, el material superficial con potencial de aprovechamiento posterior en áreas verdes, jardinería o actividades de recuperación de superficies.

De esta manera, el CUSTF no sólo deberá analizarse desde la perspectiva de pérdida de cobertura vegetal, sino también considerando la modificación temporal y permanente de las funciones ambientales asociadas al suelo.

En términos generales, las características edafológicas identificadas no representan una limitante absoluta para el desarrollo del proyecto, aunque deberán incorporarse al diseño y ejecución de las obras mediante prácticas adecuadas de manejo del suelo, control de escurrimientos y prevención de erosión.

III.5.5 HIDROLOGÍA

III.5.5.1 HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

El Área del Proyecto se encuentra dentro de la **Región Hidrológica RH-28 Papaloapan**, una de las principales regiones hidrológicas del estado de Veracruz. La ubicación del proyecto dentro de esta región establece el contexto hidrográfico general para el análisis de la dinámica del agua superficial y permite relacionar el sitio con los sistemas de cuencas y subcuencas que conducen los escurrimientos hacia las zonas bajas de la planicie costera.

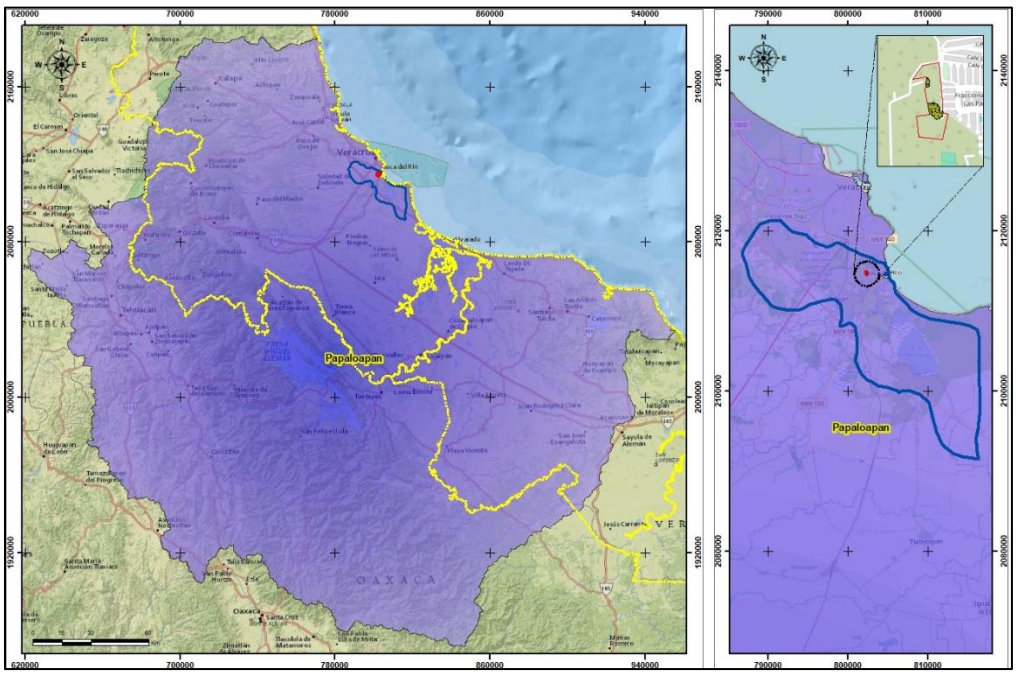


Imagen 3.147 Ubicación de la Región Ecológica y Área del Proyecto dentro de la Región Hidrológica RH-28 Papaloapan.

De acuerdo con la cartografía presentada, la Subcuenca El Tejar se encuentra contenida dentro de la Región Hidrológica RH-28 Papaloapan, constituyendo la unidad hidrológica seleccionada para la delimitación de la Región Ecológica utilizada en el presente estudio.

A una escala hidrográfica más detallada, el proyecto se encuentra dentro de la **Cuenca Hidrológica Río Jamapa y otros**, cuya red de drenaje constituye uno de los principales elementos de organización del escurrimiento superficial en el entorno regional.

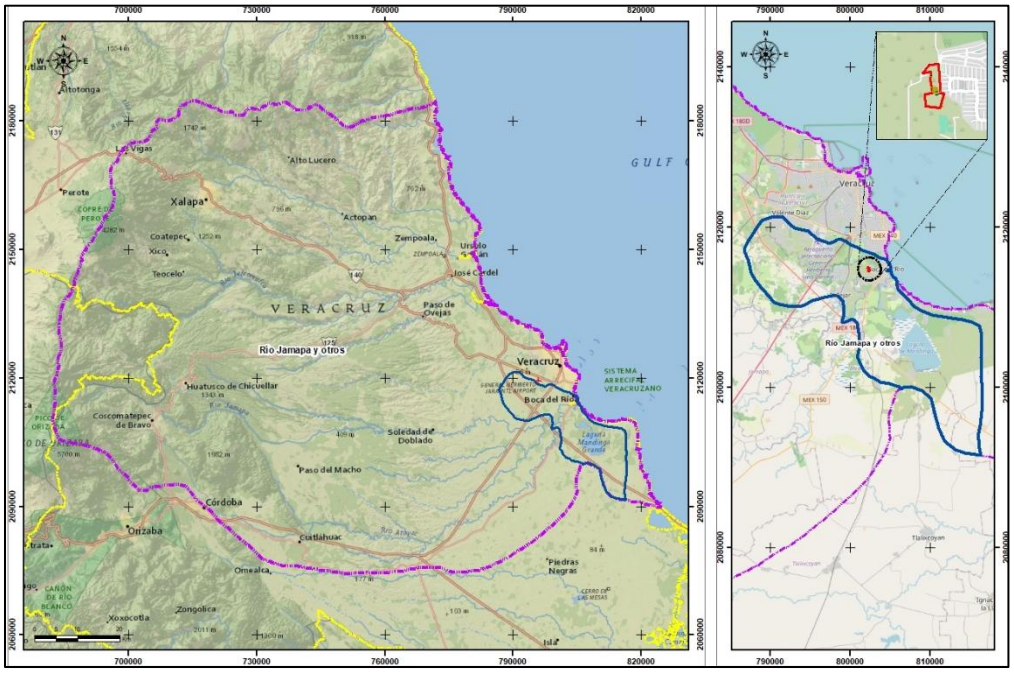


Imagen 3.148 Ubicación de la Región Ecológica y Área del Proyecto dentro de la Cuenca Hidrológica Río Jamapa y otros.

La relación entre estas unidades permite establecer una jerarquía hidrológica coherente: el proyecto forma parte de la RH-28 Papaloapan, se encuentra dentro de la Cuenca Río Jamapa y otros y, a una escala de mayor detalle, se localiza en la Subcuenca El Tejar, unidad que se adoptó como Región Ecológica para la presente evaluación.

III.5.5.1.1 HIDROLOGÍA SUPERFICIAL EN LA REGIÓN ECOLÓGICA Y ÁREA DEL PROYECTO

La **Subcuenca El Tejar** constituye una unidad hidrográfica de aproximadamente 333.33 km², dentro de la cual se distribuyen diferentes corrientes y cuerpos de agua que forman parte de la red de drenaje superficial regional.

La configuración de la red hidrográfica está condicionada por el relieve predominantemente bajo de la planicie costera y por las características de precipitación de la región. En este contexto, los escurrimientos superficiales se concentran progresivamente hacia sectores de menor elevación y se relacionan con cauces, cuerpos de agua, humedales y zonas de acumulación.

La cartografía de hidrología superficial elaborada para la **Región Ecológica** permite identificar las corrientes y cuerpos de agua presentes en el entorno, diferenciando corrientes perennes, intermitentes y de flujo virtual, además de canales en operación y cuerpos de agua.

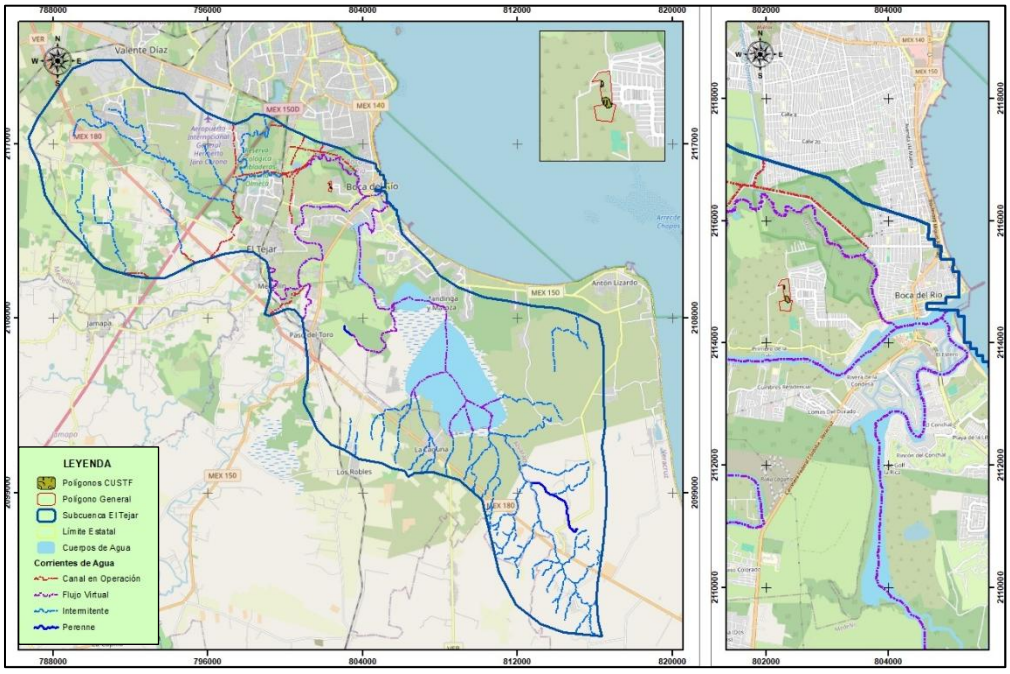


Imagen 3.149 Distribución de la hidrología superficial en la Región Ecológica.

En el entorno inmediato del **Área del Proyecto** se reconoce una red de escurrimientos superficiales asociada principalmente con las condiciones de la planicie y con los sistemas de drenaje que se desarrollan alrededor de las áreas urbanizadas y zonas de vegetación remanente.

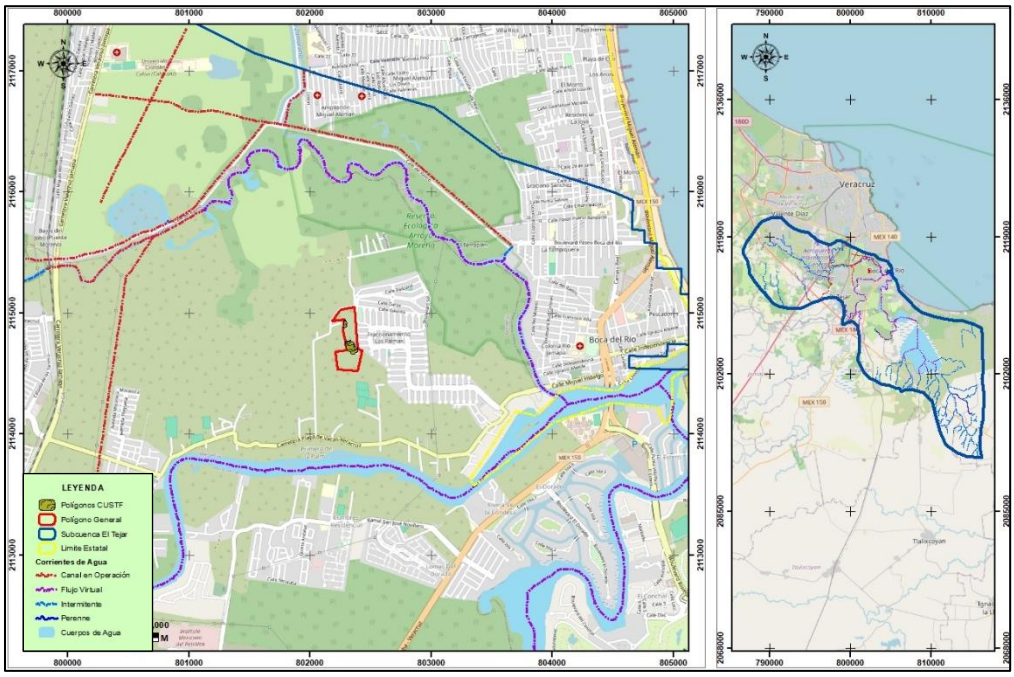


Imagen 3.150 Distribución de la hidrología superficial en la zona del proyecto.

La cartografía de detalle permite observar que las corrientes y trazas de flujo superficial identificadas no representan, de acuerdo con la escala de análisis utilizada, un cauce principal que atraviese directamente el polígono general del proyecto. No obstante, existen elementos de la red de drenaje en su entorno inmediato que deberán ser considerados durante la ejecución de las obras.

Esta condición resulta particularmente importante debido a que el proyecto contempla actividades de desmonte, despalme, nivelación, excavación y conformación de vialidades, las cuales pueden modificar temporalmente las rutas de escurrimiento superficial. Estas actividades pueden modificar localmente la infiltración y el patrón de escurrimiento, además de incrementar temporalmente el transporte de sedimentos durante eventos de precipitación.

En consecuencia, las obras deberán evitar la obstrucción de cauces, escurrimientos o depresiones naturales, así como la disposición de materiales producto de excavación, residuos o suelo sobre las rutas naturales de drenaje.

Por ello, será necesario conservar la continuidad hidráulica de los escurrimientos existentes, evitar su obstrucción y manejar adecuadamente las aguas pluviales durante la construcción.

Una vez terminadas las obras, la incorporación de vialidades, lotes y demás superficies modificadas producirá cambios permanentes en la relación entre precipitación, infiltración y escurrimiento. Por esta razón, el diseño del proyecto deberá considerar sistemas adecuados para la conducción y manejo de aguas pluviales.

III.5.5.1.2 CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL

La condición de calidad del agua superficial constituye un elemento complementario para establecer el escenario ambiental actual de la Región Ecológica.

La información disponible de la Red Nacional de Medición de la Calidad del Agua (RENAMECA) permite identificar estaciones de monitoreo dentro y en las proximidades de la Región Ecológica, cuyos resultados proporcionan un referente regional sobre las condiciones de calidad de los cuerpos y corrientes de agua superficiales.

La información cartográfica muestra estaciones con diferentes categorías de calidad, incluyendo puntos clasificados como contaminados, aceptables y de buena calidad. Estos resultados deberán interpretarse como una referencia del estado regional del recurso y no como una medición directa de la calidad del agua en el Área del Proyecto.

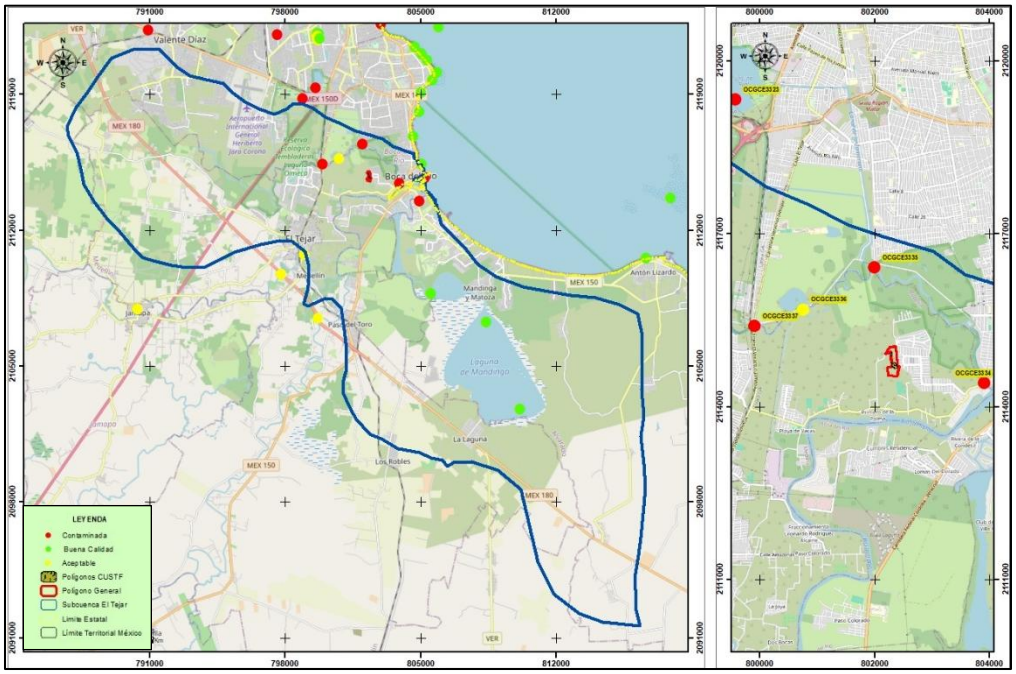


Imagen 3.151 Estaciones de monitoreo de la calidad del agua superficial en la Región Ecológica.

Es importante señalar que no se cuenta con una estación de monitoreo localizada directamente dentro del polígono del proyecto, por lo que los resultados disponibles no deben extrapolarse de manera directa al AP. Su utilidad consiste en proporcionar un contexto regional de las condiciones de calidad de los cuerpos de agua superficiales con los cuales existe conectividad hidrológica.

Desde la perspectiva del proyecto, la principal medida preventiva será evitar la incorporación de sedimentos, residuos, combustibles, aceites u otras sustancias contaminantes a los escurrimientos superficiales durante la construcción.

III.5.5.2 HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

III.5.5.2.1 HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA EN LA REGIÓN ECOLÓGICA Y ÁREA DEL PROYECTO

El análisis de la hidrología subterránea permite identificar las unidades acuíferas que se encuentran bajo el Área del Proyecto, así como establecer las condiciones generales de disponibilidad y calidad del agua subterránea y su posible interacción con las actividades previstas.

De acuerdo con la cartografía hidrogeológica consultada, el Área del Proyecto se encuentra dentro del ámbito del **acuífero Cotaxtla**.

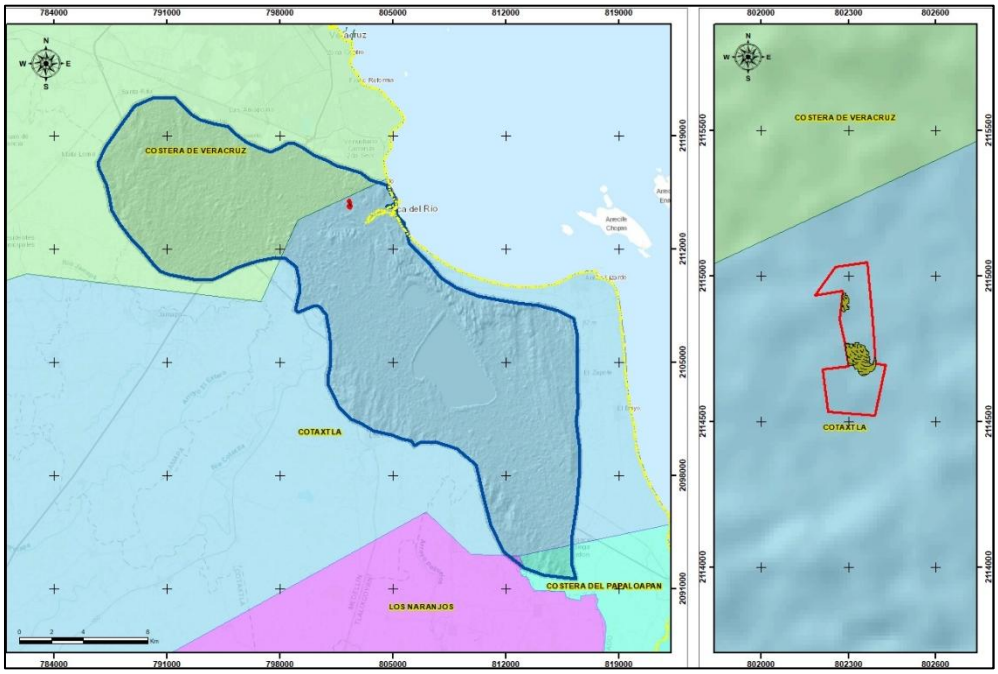


Imagen 3.152 Acuíferos presentes en la Región Ecológica y área del proyecto.

La presencia del acuífero Cotaxtla establece la condición hidrogeológica regional bajo la cual se desarrollará el proyecto. La importancia de esta unidad radica en su función como reservorio de agua subterránea y en su posible relación con los sistemas superficiales de la planicie costera.

La interacción potencial del proyecto con el agua subterránea estará determinada principalmente por las actividades que impliquen excavación y modificación de las condiciones superficiales del terreno.

Las obras previstas para la lotificación incluyen excavaciones para la instalación de redes de agua potable, drenaje sanitario y demás servicios, además de actividades de preparación y nivelación del terreno. En principio, por tratarse de obras superficiales y de infraestructura urbana convencional, **no se prevé una intervención directa y permanente del acuífero**.

Sin embargo, durante las excavaciones deberá evitarse el ingreso de combustibles, aceites, residuos u otras sustancias potencialmente contaminantes al subsuelo. Asimismo, cualquier eventual presencia de agua durante excavaciones deberá manejarse adecuadamente y conforme a las disposiciones aplicables.

En la etapa de operación, el adecuado funcionamiento del sistema de drenaje sanitario será un elemento fundamental para prevenir infiltraciones de aguas residuales hacia el subsuelo.

III.5.5.2.2 CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Como complemento del análisis hidrogeológico se revisó la información disponible sobre calidad del agua subterránea. La cartografía correspondiente muestra diversos puntos de monitoreo distribuidos dentro y alrededor de la Región Ecológica, con categorías de calidad diferenciadas.

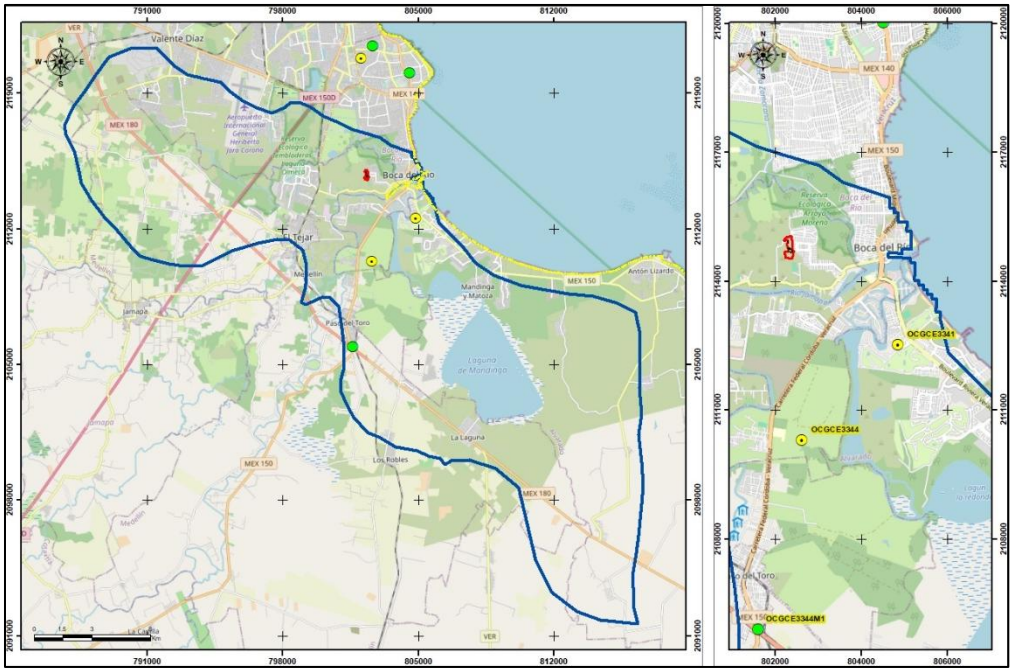


Imagen 3.153 Estaciones de monitoreo de calidad del agua subterránea en el entorno de la Región Ecológica y área del proyecto.

En el entorno regional se identifican puntos con condiciones clasificadas como **aceptables y de buena calidad**, además de otros puntos localizados a mayor distancia del Área del Proyecto. La información debe considerarse como referencia regional y no como una caracterización puntual de la calidad del agua subterránea debajo del AP.
En consecuencia, la evaluación ambiental debe concentrarse en la prevención de posibles fuentes de contaminación del subsuelo, particularmente durante la construcción y posteriormente durante la operación del desarrollo habitacional.

Por lo anterior, las principales interacciones hidrológicas del proyecto corresponden a la modificación local del escurrimiento superficial, incremento temporal del transporte de sedimentos, modificación de las condiciones de infiltración y prevención de contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

En términos generales, la hidrología regional no constituye una limitante absoluta para el desarrollo del proyecto, pero sí representa un componente ambiental que deberá integrarse al diseño y ejecución de las obras, particularmente mediante el adecuado manejo de aguas pluviales, conservación de las rutas de escurrimiento y prevención de fuentes de contaminación.

III.6 COMPONENTES SOCIOECONÓMICOS DE LA REGIÓN ECOLÓGICA CON LOS CUALES INTERACTÚA EL PROYECTO

III.6.1CONTEXTO SOCIOECONÓMICO REGIONAL

La Región Ecológica definida para el presente estudio corresponde a la Subcuenca Hidrológica El Tejar, unidad territorial que comprende un espacio con características ambientales y socioeconómicas diferenciadas, pero que mantiene una importante relación funcional con la zona urbana y metropolitana de Veracruz. Dentro de este contexto, el Área del Proyecto se localiza en el municipio de Medellín de Bravo, en un sector caracterizado por la presencia de desarrollos habitacionales y por un proceso de transformación progresiva del territorio hacia usos urbanos.

La dinámica socioeconómica de la Región Ecológica se encuentra estrechamente relacionada con el crecimiento de la zona conurbada Veracruz–Boca del Río–Medellín, donde la concentración de población, actividades económicas, infraestructura y servicios ha favorecido la expansión de los asentamientos humanos hacia áreas periféricas. Esta dinámica ha generado una progresiva incorporación de terrenos anteriormente destinados a actividades agropecuarias o con coberturas naturales hacia usos habitacionales, comerciales y de servicios.

En este contexto, Medellín de Bravo presenta una función importante como área de expansión y consolidación de la dinámica urbana regional, particularmente en sectores próximos a los principales corredores de comunicación y a los desarrollos habitacionales existentes. El Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Medellín de Bravo, publicado en la Gaceta Oficial del Estado en diciembre de 2024, reconoce precisamente la necesidad de orientar el crecimiento territorial mediante instrumentos de planeación que regulen la ocupación del suelo, la vivienda, la infraestructura, el equipamiento y la protección ambiental.

La dinámica anterior tiene especial relevancia para el proyecto debido a que éste no constituye un desarrollo habitacional aislado respecto de su entorno, sino que corresponde a una ampliación del Fraccionamiento Las Palmas de Medellín, incorporándose a un sector donde ya existe infraestructura habitacional y vial y donde se observa continuidad con el proceso de ocupación urbana existente.

En consecuencia, la interacción socioeconómica del proyecto debe analizarse dentro de un escenario caracterizado por la consolidación y expansión de la actividad habitacional, más que como la introducción de un nuevo uso de suelo urbano en un territorio carente de ocupación. Esta condición permite contextualizar las interacciones que posteriormente serán analizadas en materia de población, vivienda, empleo, infraestructura, servicios y equipamiento urbano.

Asimismo, el crecimiento habitacional de la zona genera una demanda progresiva de agua potable, drenaje sanitario, energía eléctrica, vialidades, transporte, comercio, educación, salud y demás servicios urbanos. Por ello, el análisis socioeconómico de la Región Ecológica se enfocará en determinar las condiciones existentes y las tendencias observadas en estos componentes, con el propósito de establecer cuáles presentan una interacción efectiva o potencial con el proyecto.

Desde esta perspectiva, el proyecto puede generar interacciones de carácter socioeconómico positivo y potencialmente adverso. Entre las primeras se encuentran la generación temporal de empleos durante la construcción, la demanda de materiales y servicios y la incorporación de oferta habitacional; mientras que entre las interacciones potencialmente adversas se encuentran el incremento de la demanda sobre determinados servicios e infraestructura urbana y el aumento de los desplazamientos asociados con la incorporación de nuevos residentes.

Por lo anterior, la caracterización socioeconómica de la Región Ecológica se desarrollará considerando la dinámica demográfica, vivienda y expansión habitacional, infraestructura y servicios urbanos, empleo y actividades económicas, equipamiento y condiciones sociales, dando mayor énfasis a aquellos componentes que presentan una relación funcional con la naturaleza y escala del proyecto.

III.6.2DEMOGRAFÍA Y DINÁMICA POBLACIONAL

III.6.2.1 POBLACIÓN

La dinámica demográfica constituye uno de los principales elementos para comprender las condiciones socioeconómicas bajo las cuales se desarrolla el Proyecto de Lotificación Habitacional, particularmente debido a que su naturaleza se encuentra directamente vinculada con la incorporación de nueva oferta de suelo destinado a vivienda y, consecuentemente, con la demanda de infraestructura, servicios y equipamiento urbano.

Para efectos del presente estudio, el análisis demográfico se realiza tomando como referencia principal la información del municipio de **Medellín de Bravo**, debido a que

el Área del Proyecto se encuentra localizada dentro de esta demarcación. Esta información se complementa con los antecedentes demográficos de la zona conurbada Veracruz–Boca del Río–Medellín y con los instrumentos de planeación urbana vigentes. Cabe señalar que la Región Ecológica fue delimitada con base en la Subcuenca Hidrológica El Tejar, por lo que sus límites no corresponden con los límites municipales; en consecuencia, la población municipal se emplea como unidad estadística de referencia y no como una equivalencia directa de la población existente dentro de la Región Ecológica.

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, el municipio de Medellín de Bravo registró una población de 95,202 habitantes al 15 de marzo de 2020. Esta población representó aproximadamente el 1.76 % de la población estatal. La información del SIEGVER muestra que el municipio ha mantenido un crecimiento demográfico sostenido durante las últimas décadas, pasando de 35,171 habitantes en 1995 a 95,202 habitantes en 2020, lo que evidencia un incremento de aproximadamente 171 % en dicho periodo.

De manera particular, entre 2010 y 2020 la población municipal pasó de 59,126 a 95,202 habitantes, equivalente a un incremento absoluto de 36,076 habitantes en diez años. Este comportamiento representa una tasa de crecimiento medio anual cercana al 4.88 %, valor que confirma la existencia de una dinámica demográfica considerablemente superior a la que caracteriza a territorios con crecimiento poblacional bajo o estable. El propio Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Medellín de Bravo identifica el periodo 2010–2020 como una etapa de importante densificación poblacional del territorio municipal.

EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN, 1995-2020

Año	Total	Hombres	Mujeres	Proporción Estatal (%)
2020	95,202	45,685	49,517	1.18
2015	75,346	36,209	39,137	0.93
2010	59,126	28,431	30,695	0.77
2005	38,840	18,840	20,000	0.55
2000	35,171	17,172	17,999	0.51
1995	32,828	16,312	16,516	0.49

Fuente: DGPE de la SEFIPLAN con base en el INEGI: Censos y Conteos de Población y Vivienda, 1995 a 2020. y Encuesta Intercensal, 2015.

Este comportamiento evidencia una dinámica demográfica expansiva, relacionada con el proceso de crecimiento urbano de la zona Veracruz–Boca del Río–Medellín. El crecimiento poblacional se ha acompañado de la consolidación de localidades y desarrollos habitacionales, particularmente en sectores vinculados con los principales corredores de comunicación y áreas de expansión urbana.

En este contexto, el municipio de Medellín de Bravo desempeña una función importante como área de expansión y consolidación habitacional de la zona conurbada. Esta tendencia ha incrementado progresivamente la demanda de suelo para vivienda, así como de agua potable, drenaje sanitario, energía eléctrica, vialidades, transporte, comercio y equipamiento urbano. El Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Medellín de Bravo reconoce esta dinámica y establece la necesidad de orientar el crecimiento territorial mediante instrumentos de planeación que permitan regular la ocupación del suelo y atender las necesidades de vivienda, infraestructura y servicios.

La localización del proyecto resulta particularmente relevante debido a que corresponde a una ampliación del Fraccionamiento Las Palmas de Medellín, incorporándose a un sector donde ya existe infraestructura habitacional y vial y donde se presenta un proceso de ocupación urbana previamente establecido. Por tanto, el proyecto no representa la introducción de un patrón de asentamiento aislado, sino la continuidad de una tendencia de consolidación habitacional existente.

Asimismo, el proyecto contempla 176 lotes habitacionales en una superficie aproximada de 7.04 ha, por lo que la incorporación de población será gradual y dependerá de la construcción y ocupación efectiva de las viviendas. En términos municipales, el incremento poblacional asociado al proyecto no representa una modificación significativa de la estructura demográfica; sin embargo, contribuirá de manera localizada al crecimiento de la población residente y a la demanda de servicios urbanos en el sector.

En términos ambientales, la interacción con el componente poblacional se considera principalmente indirecta y de carácter socioeconómico, al contribuir a la disponibilidad de suelo para vivienda dentro de un municipio con crecimiento demográfico sostenido. A su vez, la incorporación de nuevos residentes generará una demanda adicional de infraestructura y servicios, particularmente agua potable, drenaje sanitario, energía eléctrica, movilidad, recolección de residuos y equipamiento urbano.

En síntesis, Medellín de Bravo presenta una dinámica demográfica expansiva vinculada con el crecimiento de la zona conurbada Veracruz–Boca del Río–Medellín. El proyecto se inserta dentro de esta tendencia preexistente y representa una contribución localizada a la expansión habitacional, cuya principal interacción socioeconómica estará relacionada con la incorporación gradual de población y la demanda asociada de vivienda, infraestructura y servicios.

III.6.2.2 ESTRUCTURA POR EDAD

La estructura por edad de la población permite identificar las características demográficas predominantes del municipio de Medellín de Bravo y establecer su relación con las necesidades actuales y futuras de vivienda, infraestructura, servicios y equipamiento urbano. Para este análisis se utiliza como referencia la información del Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, considerando al municipio como unidad estadística de referencia para el proyecto.

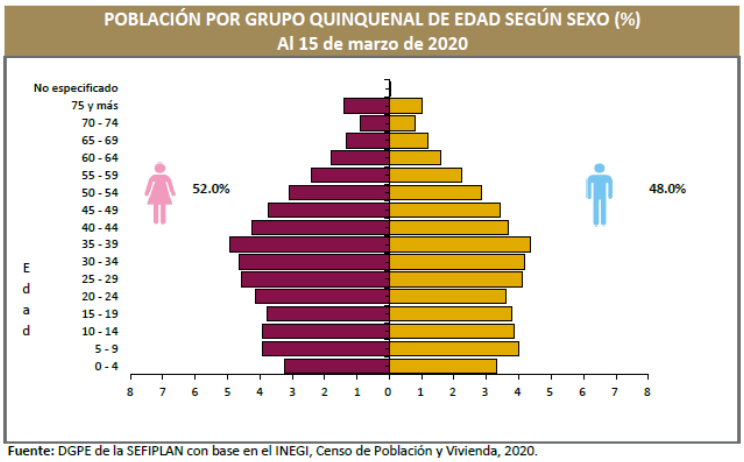
En 2020, Medellín de Bravo presentó una población de 95,202 habitantes, con una distribución por grandes grupos de edad de 21,144 habitantes de 0 a 14 años, 67,687 habitantes de 15 a 64 años y 6,281 habitantes de 65 años y más. Por lo tanto, aproximadamente 22.2 % de la población correspondía al grupo infantil, 71.1 % al grupo joven y adulto, y 6.6 % a la población de 65 años y más.

POBLACIÓN POR GRUPOS DE EDAD, 2020

Grupo de edad	Habitantes
Infantil (0-14 años)	21,144
Joven y adulta (15-64 años)	67,687
Tercera edad (65 años y más)	6,281

La estructura anterior muestra un predominio de población en edades productivas y potencialmente reproductivas, ya que aproximadamente siete de cada diez habitantes se encuentran entre los 15 y 64 años. Esta característica es consistente con la edad mediana municipal de 32 años y con una razón de dependencia de 40.5 personas por cada 100 en edad productiva.

Asimismo, la distribución por sexo presenta una ligera predominancia de mujeres, con 52.0 %, frente a 48.0 % de hombres, equivalente a una relación de aproximadamente 92 hombres por cada 100 mujeres.



Fuente: DGPE de la SEFIPLAN con base en el INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020.

Desde la perspectiva socioeconómica, la concentración de población en edades jóvenes y adultas constituye un elemento relevante para comprender la demanda potencial de vivienda, empleo, movilidad, educación superior, servicios de salud y equipamiento urbano. En particular, la presencia de una proporción elevada de población en edad productiva favorece la formación de nuevos hogares y, por tanto, mantiene una demanda potencial de espacios habitacionales dentro de los sectores urbanos en proceso de consolidación.

Para el proyecto, esta condición adquiere especial importancia debido a que se plantea la incorporación de 176 lotes habitacionales como parte de la ampliación del Fraccionamiento Las Palmas de Medellín. La población que eventualmente ocupará las viviendas se incorporará de manera gradual y su magnitud dependerá del proceso de construcción y ocupación; por ello, el proyecto no representa por sí mismo una modificación relevante de la estructura demográfica municipal, sino una contribución localizada a la oferta habitacional existente.

Por otra parte, la proporción de población infantil implica la permanencia de necesidades relacionadas con educación, espacios recreativos y servicios básicos, mientras que el grupo de adultos mayores, aunque actualmente representa una proporción menor, constituye un segmento cuya participación tenderá a adquirir mayor relevancia conforme avance la transición demográfica.

En términos ambientales y de planeación territorial, la estructura por edad no representa un impacto directo atribuible al proyecto. Su importancia radica en que permite contextualizar las necesidades sociales que acompañan el crecimiento urbano y establecer que la incorporación de nuevos espacios habitacionales deberá realizarse de manera compatible con la capacidad existente y proyectada de infraestructura, servicios y equipamiento.

Medellín de Bravo presenta una estructura poblacional predominantemente joven y adulta, con una elevada participación del grupo de 15 a 64 años y una edad mediana de 32 años. Este perfil demográfico es congruente con un municipio en proceso de crecimiento y consolidación urbana, donde existe una demanda potencial de vivienda y servicios asociada a la formación y establecimiento de nuevos hogares. Bajo este escenario, el proyecto se integra a una dinámica habitacional preexistente y contribuye de manera localizada a atender dicha demanda.

III.6.2.3 DISTRIBUCIÓN TERRITORIAL Y CRECIMIENTO POBLACIONAL

La distribución territorial de la población en el municipio de Medellín de Bravo se encuentra estrechamente relacionada con el proceso de urbanización experimentado durante las últimas décadas. Si bien históricamente la población se

concentraba principalmente en la cabecera municipal, El Tejar, Paso del Toro y Los Robles, a partir de principios de la década de 2000 se intensificó la incorporación de nuevos espacios al desarrollo urbano, particularmente mediante la construcción de fraccionamientos y conjuntos habitacionales.

Este proceso modificó de manera importante el patrón de ocupación territorial del municipio. El Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Medellín de Bravo señala que la expansión de desarrollos habitacionales, particularmente en la porción norte del municipio y en sectores colindantes con Veracruz y Boca del Río, produjo un incremento acelerado de la población y una mayor demanda de infraestructura, servicios básicos, transporte, movilidad y equipamiento urbano.

Entre los desarrollos que han contribuido a esta transformación destacan Puente Moreno y Arboledas San Ramón, cuya consolidación se relacionó con la incorporación de población proveniente principalmente de Veracruz y de otros municipios cercanos. Este fenómeno evidencia que el crecimiento poblacional de Medellín de Bravo no puede analizarse de manera aislada, sino como parte de una dinámica metropolitana y de expansión urbana regional.

La localización geográfica del municipio, próximo a los principales centros urbanos de Veracruz y Boca del Río, constituye uno de los factores que han favorecido esta dinámica. El propio instrumento de planeación municipal reconoce que Medellín de Bravo se ha convertido en un territorio receptor de parte de la demanda de vivienda generada por el crecimiento económico y demográfico de la zona metropolitana de Veracruz.

En este contexto, el crecimiento poblacional se ha acompañado de un proceso progresivo de transformación de terrenos anteriormente destinados a actividades agropecuarias hacia usos urbanos, principalmente habitacionales. Esta transición implica que la expansión de la población y la expansión física de los asentamientos humanos constituyen procesos estrechamente vinculados, generando requerimientos crecientes de vialidades, agua potable, drenaje sanitario, energía eléctrica, transporte, comercio y equipamiento.

Para el Proyecto de Lotificación Habitacional, esta condición resulta particularmente relevante, debido a que se localiza dentro de un sector donde el proceso de urbanización ya se encuentra establecido y corresponde a la ampliación del Fraccionamiento Las Palmas de Medellín. Por tanto, la incorporación de los 176 lotes proyectados se integra a un patrón de ocupación habitacional existente, en lugar de constituir un núcleo urbano aislado o desvinculado de las tendencias territoriales de la zona.

Desde el punto de vista socioeconómico, la interacción del proyecto con la distribución territorial de la población se considera principalmente indirecta, ya que su ejecución no modificará por sí misma los patrones generales de distribución poblacional del municipio. Su efecto se relacionará con la incorporación gradual de nuevos residentes a un sector habitacional en proceso de consolidación y, consecuentemente, con una demanda localizada de servicios e infraestructura.

Asimismo, la existencia de instrumentos de planeación urbana vigentes resulta relevante para determinar la compatibilidad de este proceso de expansión. El PMDU de Medellín de Bravo constituye el instrumento municipal destinado a orientar la ocupación territorial, regular la distribución de la población y las actividades económicas, y establecer criterios para el desarrollo de vivienda, infraestructura, equipamiento y protección ambiental.

La distribución territorial de la población de Medellín de Bravo ha experimentado una transformación significativa asociada con la expansión de la zona metropolitana Veracruz–Boca del Río–Medellín. El crecimiento de desarrollos habitacionales ha desplazado progresivamente el centro de gravedad poblacional hacia sectores anteriormente rurales o agropecuarios, generando nuevas demandas de infraestructura y servicios. El proyecto se inserta en esta dinámica preexistente y representa una continuidad localizada del proceso de consolidación habitacional, más que la generación de un nuevo patrón de ocupación territorial.

III.6.3 VIVIENDA Y DINÁMICA URBANA

La vivienda constituye uno de los principales componentes de la dinámica socioeconómica de Medellín de Bravo, debido a la relación existente entre el crecimiento demográfico, la expansión territorial de los asentamientos humanos y la incorporación progresiva de infraestructura y servicios urbanos. Esta relación adquiere particular relevancia para el presente proyecto, debido a que su objetivo es precisamente la lotificación de un área destinada al uso habitacional, como ampliación del Fraccionamiento Las Palmas de Medellín.

Durante las últimas décadas, el municipio ha experimentado un proceso acelerado de crecimiento urbano asociado con su integración funcional a la zona conurbada Veracruz–Boca del Río–Medellín. Este proceso se ha manifestado mediante la incorporación de nuevos desarrollos habitacionales, la consolidación de localidades existentes y la transformación gradual de terrenos anteriormente destinados a actividades agropecuarias hacia usos urbanos.

El crecimiento de la vivienda ha constituido uno de los principales elementos de transformación territorial del municipio. El Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Medellín de Bravo reconoce la expansión de los asentamientos humanos y el incremento de la demanda de suelo habitacional como parte de las principales tendencias que deben ser consideradas para orientar el desarrollo urbano municipal. En este sentido, la planeación territorial busca establecer condiciones para que el crecimiento de la vivienda se acompañe de infraestructura, equipamiento y servicios suficientes.

La expansión habitacional también se relaciona con la posición estratégica del municipio respecto de Veracruz y Boca del Río. La disponibilidad de suelo y la conectividad con los principales centros urbanos han favorecido que Medellín de Bravo funcione como un territorio receptor de población y de nuevos desarrollos habitacionales. Como consecuencia, se ha producido una modificación progresiva del patrón de ocupación del suelo, particularmente en las zonas próximas a los principales corredores viales y núcleos urbanos.

Dentro de este contexto se encuentra el Fraccionamiento Las Palmas de Medellín, desarrollo habitacional previamente establecido al cual se integra el proyecto objeto de la presente evaluación. Por ello, los nuevos 176 lotes habitacionales no se plantean como un desarrollo aislado, sino como una ampliación de un espacio urbano existente, aprovechando la continuidad funcional con las vialidades, infraestructura y servicios asociados al desarrollo habitacional.

Desde la perspectiva ambiental, la vivienda constituye un componente socioeconómico que presenta una relación directa con la transformación territorial. La creación de nuevos espacios habitacionales implica, durante su establecimiento, actividades de construcción y ocupación del suelo y, posteriormente, una demanda permanente de agua potable, drenaje sanitario, energía eléctrica, movilidad, manejo de residuos, comercio y demás servicios urbanos.

No obstante, es importante diferenciar entre la demanda regional de vivienda, derivada del crecimiento demográfico y urbano del municipio, y los efectos específicos atribuibles al proyecto. El proyecto representa únicamente una incorporación localizada de suelo habitacional dentro de una superficie de aproximadamente 7.04 ha, por lo que su contribución al crecimiento urbano municipal será proporcional a su escala.

En este sentido, la interacción del proyecto con el componente vivienda se considera principalmente positiva en términos de oferta habitacional, al incorporar nuevos lotes dentro de un sector que presenta una tendencia preexistente de consolidación

urbana. De manera complementaria, pueden presentarse interacciones relacionadas con el incremento de la demanda de servicios e infraestructura conforme los lotes sean ocupados, las cuales deberán ser atendidas mediante la infraestructura urbana contemplada para el desarrollo y mediante la coordinación correspondiente con los prestadores de servicios.

En términos territoriales, la ejecución del proyecto deberá mantener congruencia con los instrumentos de planeación urbana aplicables, procurando que la incorporación de vivienda se realice de manera ordenada y evitando generar presiones adicionales sobre zonas ambientalmente sensibles o sobre infraestructura cuya capacidad resulte insuficiente.

La dinámica habitacional de Medellín de Bravo se encuentra estrechamente vinculada con su proceso de crecimiento demográfico y con la expansión de la zona conurbada Veracruz–Boca del Río–Medellín. El proyecto se inserta dentro de esta tendencia preexistente y constituye una ampliación de un desarrollo habitacional establecido, por lo que su principal interacción socioeconómica corresponde a la incorporación de nueva oferta de suelo para vivienda y, de manera asociada, a la demanda gradual de infraestructura y servicios urbanos.

III.6.3.1 VIVIENDA Y CARACTERISTÍCAS HABITACIONALES

La vivienda existente en Medellín de Bravo refleja el proceso de crecimiento demográfico y urbano que ha experimentado el municipio. El incremento de población registrado durante las últimas décadas ha estado acompañado por un aumento en el número de viviendas particulares habitadas, particularmente en las localidades y sectores donde se han concentrado los nuevos desarrollos habitacionales.

De acuerdo con la información del Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, el municipio cuenta con una estructura habitacional predominantemente orientada a la vivienda particular, asociada tanto con localidades tradicionales como con fraccionamientos y conjuntos habitacionales de reciente consolidación. Esta composición es consistente con la función que actualmente desempeña Medellín de Bravo como área de expansión urbana de la zona metropolitana.

Las características de las viviendas permiten evaluar aspectos relacionados con la disponibilidad de servicios básicos y las condiciones generales de habitabilidad. Entre los indicadores de mayor relevancia se encuentran la disponibilidad de agua entubada, drenaje sanitario, energía eléctrica y servicios de saneamiento, debido a que estos elementos representan la infraestructura mínima necesaria para

garantizar condiciones adecuadas de habitabilidad y, al mismo tiempo, constituyen los principales servicios con los cuales tendrá relación el proyecto.

CARACTERÍSTICAS DE LAS VIVIENDAS, 2020		
Indicador	**Viviendas**	**Porcentaje**
Viviendas particulares habitadas	33,211	
Con disponibilidad de agua entubada	31,971	96.2
Con disponibilidad de drenaje	31,721	99.3
Con disponibilidad de energía eléctrica	31,813	99.6
Con disponibilidad de sanitario o excusado	31,379	98.3
Con piso de:		
Cemento o firme	12,878	38.8
Tierra	702	2.1
Madera, mosaico y otros recubrimientos	19,598	59.0
Con disposición de bienes y tecnologías de la información y la comunicación		
Automóvil o camioneta	11,723	35.3
Televisor	30,261	91.1
Refrigerador	30,642	92.2
Lavadora	26,336	79.2
Computadora	10,826	32.6
Aparato para oír radio	21,552	64.9
Línea telefónica fija	7,299	22.0
Teléfono celular	30,627	92.2
Internet	16,509	49.7

Fuente: DGPE de la SEFIPLAN con base en el INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020.

En términos generales, la consolidación de los desarrollos habitacionales ha favorecido una mayor incorporación de infraestructura y servicios básicos. Sin embargo, el crecimiento acelerado de la vivienda representa un reto para la planeación urbana, debido a que la ampliación de la oferta habitacional debe desarrollarse de manera paralela al fortalecimiento de las redes de agua potable, drenaje, energía, vialidades y equipamiento.

Para el proyecto, este aspecto resulta especialmente relevante debido a que los 176 lotes proyectados representan suelo destinado a la futura construcción de viviendas, y no viviendas terminadas desde la etapa inicial. Por tanto, la generación efectiva de demanda sobre los servicios urbanos será progresiva y estará asociada con el proceso de construcción y ocupación de cada lote.

Asimismo, las características habitacionales predominantes en el entorno inmediato corresponden principalmente a vivienda de tipo unifamiliar, complementada con algunos edificios de departamentos. En consecuencia, no se considera que el proyecto introduzca un patrón habitacional sustancialmente diferente al existente, sino que mantiene una tipología compatible con el proceso de consolidación residencial de la zona.

Desde el punto de vista ambiental, la principal interacción se relacionará con el consumo de recursos y generación de residuos y aguas residuales una vez que las viviendas sean ocupadas. Estas interacciones deberán ser consideradas dentro de la

planeación de los servicios del desarrollo, particularmente en materia de abastecimiento de agua, drenaje sanitario y manejo de residuos sólidos urbanos.

Las características habitacionales del municipio y del entorno del proyecto son congruentes con un territorio en proceso de consolidación urbana, donde predomina la vivienda particular y, principalmente, de tipo unifamiliar. El proyecto mantiene esta tendencia y permitirá ampliar la oferta de suelo habitacional sin introducir una modalidad de ocupación territorial ajena al contexto existente.

III.6.3.2 CRECIMIENTO URBANO Y DEMANDA DE VIVIENDA

El crecimiento urbano de Medellín de Bravo constituye un proceso estrechamente relacionado con el crecimiento poblacional y con la integración funcional del municipio a la zona conurbada Veracruz–Boca del Río–Medellín. El incremento de población registrado desde finales del siglo XX ha generado una demanda progresiva de suelo para vivienda, favoreciendo la expansión de los asentamientos humanos hacia sectores anteriormente ocupados por actividades agropecuarias.

El desarrollo de fraccionamientos y conjuntos habitacionales ha sido uno de los principales mecanismos mediante los cuales se ha materializado esta expansión. Este proceso ha permitido atender parte de la demanda habitacional generada tanto por el crecimiento natural de la población como por la llegada de población procedente de otros municipios de la región.

En este contexto, la demanda de vivienda no debe entenderse únicamente como una necesidad cuantitativa de nuevas casas, sino como una demanda integral de suelo urbanizable, infraestructura, servicios, movilidad y equipamiento. Por ello, el crecimiento habitacional requiere una planeación que permita establecer una relación adecuada entre la población incorporada y la capacidad de las redes y servicios urbanos existentes o proyectados.

El PMDU de Medellín de Bravo reconoce esta condición y plantea la necesidad de orientar el crecimiento de los asentamientos humanos hacia zonas aptas para su urbanización, procurando que la expansión urbana se acompañe de infraestructura y servicios suficientes.

El proyecto responde parcialmente a esta dinámica al incorporar 176 lotes habitacionales dentro de un desarrollo previamente establecido. Su ejecución, por tanto, contribuye a incrementar la disponibilidad de suelo para vivienda en un sector que ya presenta características urbanas y donde existe continuidad con el proceso de ocupación territorial.

La interacción con este componente se considera principalmente positiva, debido a que el proyecto contribuye a atender una demanda habitacional existente. Los efectos potencialmente adversos estarán relacionados con la demanda adicional de servicios y con la intensificación localizada de la ocupación del territorio, aspectos que deberán ser atendidos mediante la infraestructura y las medidas ambientales previstas.

Finalmente, el crecimiento urbano de Medellín de Bravo ha generado una demanda sostenida de vivienda y suelo urbanizable. El proyecto se integra a este proceso como una ampliación de un desarrollo habitacional existente, contribuyendo de manera localizada a la oferta de suelo para vivienda y evitando, por su propia naturaleza y ubicación, la creación de un nuevo núcleo urbano desvinculado de la estructura existente.

III.6.3.3 TENDENCIA DE OCUPACIÓN TERRITORIAL Y EXPANSIÓN HABITACIONAL

La expansión de la vivienda en Medellín de Bravo ha estado acompañada por una transformación progresiva de la ocupación del territorio. El crecimiento demográfico y la incorporación del municipio a la dinámica funcional de la zona conurbada Veracruz–Boca del Río–Medellín han favorecido la utilización de terrenos periféricos para el establecimiento de nuevos asentamientos y desarrollos habitacionales.

A diferencia de los procesos de crecimiento que se producen exclusivamente mediante densificación de las áreas urbanas consolidadas, en Medellín de Bravo una parte importante de la expansión reciente se ha materializado mediante la incorporación de nuevos espacios al tejido urbano, particularmente a través de fraccionamientos y conjuntos habitacionales. Este patrón ha permitido atender la demanda de vivienda generada por el crecimiento de la población, pero también ha implicado la extensión de vialidades, redes de infraestructura y servicios hacia sectores anteriormente destinados a actividades agropecuarias o que presentaban una ocupación urbana menor.

El proceso ha sido particularmente evidente en las áreas próximas a Veracruz y Boca del Río, donde la disponibilidad relativa de suelo y la conectividad con los principales corredores regionales han favorecido el establecimiento de desarrollos residenciales. De esta manera, el crecimiento urbano de Medellín de Bravo debe entenderse como parte de un proceso de expansión metropolitana, en el cual las necesidades de vivienda de los municipios centrales tienen efectos territoriales sobre las áreas periféricas.

El patrón habitacional observado en el entorno del proyecto es predominantemente horizontal, con viviendas unifamiliares organizadas mediante lotes individuales y vialidades internas. Si bien existen algunos desarrollos de vivienda vertical o edificios de departamentos, éstos representan una modalidad complementaria y no constituyen el patrón dominante del sector donde se ubica el proyecto.

Esta característica resulta relevante para la evaluación, debido a que el proyecto mantiene una configuración compatible con el patrón de ocupación existente. La propuesta contempla 176 lotes habitacionales, vialidades y áreas destinadas a infraestructura y espacios de uso común, por lo que su incorporación representa una extensión del tejido habitacional existente y no la introducción de una modalidad de desarrollo sustancialmente diferente.

Desde la perspectiva territorial, la expansión habitacional genera una progresiva sustitución de coberturas y usos del suelo preexistentes por superficies destinadas a viviendas, vialidades y servicios. En el caso particular del proyecto, esta transformación se encuentra delimitada espacialmente por la superficie de aproximadamente 7.04 ha y por las áreas específicas destinadas a cada componente del desarrollo. Dentro de esta superficie se identificaron 0.8559 ha de vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, cuya remoción será objeto del procedimiento correspondiente de cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

Por otra parte, la expansión urbana incrementa la importancia de mantener una adecuada planeación de los servicios y de la infraestructura. La incorporación progresiva de nuevos habitantes requiere que el crecimiento habitacional se acompañe de redes funcionales de agua potable, drenaje sanitario, energía eléctrica, vialidades y manejo de residuos, evitando que la expansión física de los asentamientos genere déficits de infraestructura.

En este sentido, la ubicación del proyecto dentro de un área de ampliación de desarrollo habitacional existente representa una condición favorable desde el punto de vista de integración urbana, ya que permite aprovechar la continuidad territorial y funcional con las áreas urbanizadas circundantes. La lotificación propuesta deberá mantener esta integración mediante la conexión de sus vialidades y redes de servicios con la infraestructura correspondiente, de acuerdo con las factibilidades y autorizaciones emitidas por las instancias competentes.

La tendencia identificada permite establecer que la expansión habitacional constituye un proceso preexistente en el municipio, por lo que la transformación territorial asociada con el proyecto debe analizarse dentro de un escenario de crecimiento urbano ya establecido. El proyecto contribuirá de manera puntual a este

proceso mediante la incorporación de nuevos lotes, pero no constituye por sí mismo el origen de la tendencia de expansión ni representa un cambio aislado respecto de la dinámica territorial de Medellín de Bravo.

En consecuencia, la interacción más relevante con este componente corresponde a la continuidad y consolidación del uso habitacional en un sector previamente integrado a la dinámica urbana. La evaluación ambiental deberá considerar, por separado, los efectos derivados de la transformación física del terreno, la remoción de vegetación y la construcción de infraestructura, así como los efectos socioeconómicos asociados con la incorporación gradual de población y la demanda de servicios que se producirá durante la ocupación de los lotes.

III.6.4 INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y SERVICIOS URBANOS

La disponibilidad y cobertura de infraestructura, equipamiento y servicios urbanos constituye un componente fundamental para caracterizar las condiciones socioeconómicas de la Región Ecológica y, particularmente, del municipio de Medellín de Bravo, debido a la relación que estos elementos mantienen con el crecimiento demográfico y la expansión de los asentamientos humanos.

El crecimiento urbano experimentado por Medellín de Bravo durante las últimas décadas ha generado una demanda progresiva de infraestructura y servicios, principalmente en materia de abastecimiento de agua potable, drenaje sanitario, energía eléctrica, vialidades, movilidad, manejo de residuos y equipamiento urbano. Esta demanda se encuentra estrechamente vinculada con la incorporación de nuevos desarrollos habitacionales y con el incremento de población residente en el municipio.

La expansión de los asentamientos humanos hacia sectores periféricos también implica la necesidad de extender las redes de infraestructura y garantizar su continuidad y funcionalidad. Por ello, la disponibilidad de servicios constituye uno de los factores que condicionan la consolidación urbana y que deben ser considerados en la incorporación de nuevos espacios habitacionales.

En el entorno del proyecto, esta condición adquiere particular importancia debido a que el Proyecto de Lotificación Habitacional forma parte de la continuidad del Fraccionamiento Las Palmas de Medellín. Por lo tanto, su desarrollo se plantea dentro de un contexto territorial donde ya existe infraestructura habitacional y urbana, reduciendo la necesidad de establecer un núcleo completamente independiente de servicios.

III.6.4.1 AGUA POTABLE

El abastecimiento de agua potable constituye uno de los servicios básicos de mayor relevancia para el desarrollo habitacional, debido a que determina las condiciones de habitabilidad de las viviendas y representa una demanda permanente durante la etapa de ocupación.

En Medellín de Bravo, la disponibilidad del servicio se encuentra relacionada con la distribución territorial de la población y con el proceso de expansión de los asentamientos humanos. Los sectores con mayor concentración urbana presentan una demanda creciente de infraestructura hidráulica, particularmente aquellos donde se han desarrollado fraccionamientos y conjuntos habitacionales.

Para el proyecto, el suministro de agua potable deberá garantizarse mediante la infraestructura y factibilidad correspondiente, de acuerdo con las disposiciones del organismo prestador del servicio y las autoridades competentes. La demanda generada por los 176 lotes será progresiva y estará determinada por la ocupación efectiva de las viviendas, por lo que no se espera que ésta se produzca de manera inmediata durante la etapa de lotificación.

Desde el punto de vista ambiental, el principal aspecto a considerar corresponde al incremento del consumo de agua asociado con la futura población residente. Por ello, resulta importante que la infraestructura hidráulica se encuentre dimensionada de acuerdo con la demanda prevista y que su operación se realice conforme a las autorizaciones y condiciones establecidas por las autoridades competentes.

URBANIZACIÓN, 2022	
Indicador	**Valor**
Fuentes de abastecimiento de agua a/	895
Volumen promedio diario de extracción (miles de metros cúbicos)	278
Plantas potabilizadoras de agua	2
Capacidad instalada (litros por segundo)	1,850
Volumen suministrado anual de agua potable (millones de metros cúbicos)	36

III.6.4.2 DRENAJE SANITARIO Y MANEJO DE AGUAS RESIDUALES

El drenaje sanitario constituye otro de los servicios fundamentales para la consolidación de los desarrollos habitacionales, debido a que permite conducir y disponer adecuadamente las aguas residuales generadas por la población.

El crecimiento de la vivienda en Medellín de Bravo ha incrementado la necesidad de ampliar y mantener la infraestructura de drenaje sanitario, particularmente en las

zonas de expansión urbana. La ausencia o insuficiencia de este servicio puede generar problemas sanitarios y ambientales relacionados con descargas inadecuadas, contaminación del suelo y cuerpos de agua y deterioro de las condiciones de habitabilidad.

En el caso del proyecto, la infraestructura sanitaria deberá establecerse de acuerdo con el proyecto ejecutivo y las factibilidades correspondientes, procurando que las aguas residuales generadas durante la ocupación de las viviendas sean conducidas mediante un sistema sanitario formal y reciban el tratamiento o disposición que corresponda.

PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, 2020 y 2022		
Plantas de tratamiento	**2020**	**2022**
Total	5	5
En operación	2	2
Fuera de operación	3	3

La interacción ambiental asociada será principalmente posterior a la construcción, durante la etapa de ocupación de los lotes, debido a la generación permanente de aguas residuales domésticas. En consecuencia, la capacidad y funcionamiento de la infraestructura sanitaria constituyen elementos relevantes para garantizar que el crecimiento habitacional no se traduzca en una fuente adicional de contaminación.

III.6.4.3 ENERGÍA ELÉCTRICA

La disponibilidad de energía eléctrica constituye un elemento esencial para la habitabilidad y funcionamiento de las viviendas, además de representar uno de los principales componentes de infraestructura requeridos para la consolidación de nuevos desarrollos urbanos.

La expansión habitacional de Medellín de Bravo ha generado una demanda creciente de conexiones y redes de distribución eléctrica. En este contexto, la incorporación de nuevos lotes requiere ampliar o complementar la infraestructura existente de acuerdo con las especificaciones de la empresa suministradora.

Para el proyecto se contempla la instalación de la infraestructura eléctrica correspondiente, incluyendo las redes de distribución y elementos asociados establecidos en el proyecto ejecutivo. La demanda de energía se incrementará de manera gradual conforme se construyan y ocupen las viviendas.

La interacción con el componente socioeconómico se considera principalmente positiva, al ampliar la disponibilidad de suelo con acceso potencial a servicios básicos,

mientras que desde la perspectiva ambiental los principales efectos se encuentran asociados a la construcción de la infraestructura y al consumo energético durante la operación de las viviendas.

III.6.4.4 VIALIDADES, MOVILIDAD Y CONECTIVIDAD

La conectividad constituye uno de los factores que han favorecido el crecimiento urbano de Medellín de Bravo, particularmente por su proximidad con Veracruz y Boca del Río y por la existencia de corredores viales que permiten la comunicación entre los principales centros urbanos de la región.

El crecimiento de los desarrollos habitacionales ha incrementado los desplazamientos cotidianos de la población hacia zonas de empleo, educación, comercio, servicios y equipamiento. Por ello, la movilidad constituye un componente directamente relacionado con la expansión habitacional.



Imagen 3.154 Rutas de acceso al área del proyecto.

En el caso del proyecto, se contempla la conformación de vialidades internas que permitirán la comunicación entre los lotes y su integración con la estructura vial existente. Al tratarse de una ampliación del Fraccionamiento Las Palmas de Medellín, el proyecto deberá mantener continuidad funcional con las vialidades existentes y con los accesos correspondientes.

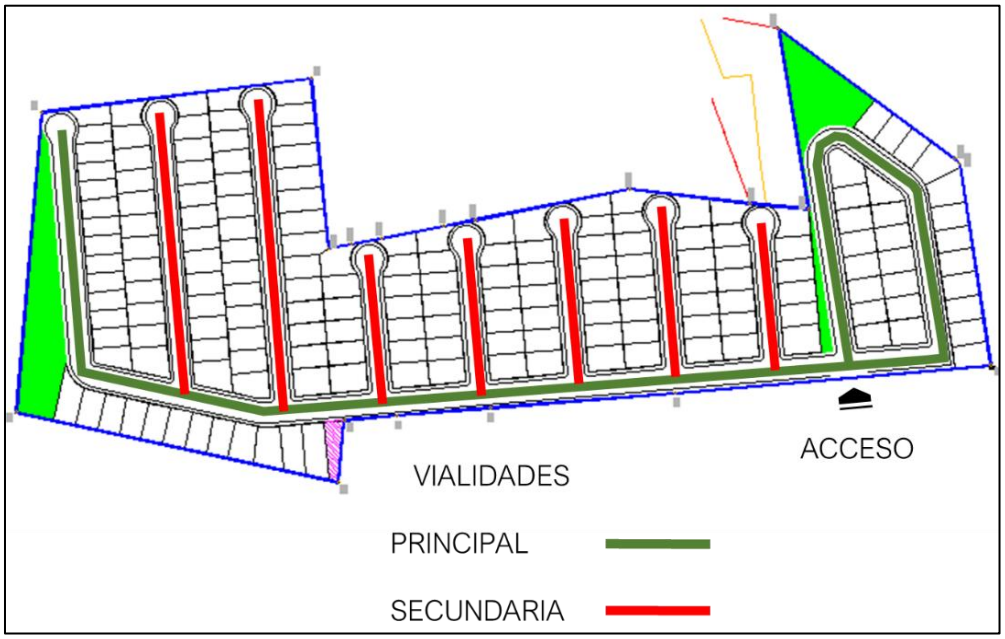


Imagen 3.155 Vialidades internas del proyecto.

La incorporación gradual de nuevos residentes generará un incremento localizado en los desplazamientos vehiculares y peatonales. No obstante, considerando la escala del proyecto y su integración con un desarrollo habitacional existente, no se prevé que por sí misma modifique significativamente los patrones de movilidad regional.

III.6.4.5 EQUIPAMIENTO URBANO

El equipamiento urbano comprende los espacios e instalaciones destinados a atender necesidades colectivas de la población, entre ellas educación, salud, recreación, deporte, administración, comercio y otros servicios.

El crecimiento demográfico y habitacional de Medellín de Bravo ha generado una necesidad progresiva de ampliar y mejorar el equipamiento urbano, particularmente en las zonas de mayor crecimiento residencial. La distribución territorial de estos servicios adquiere especial relevancia cuando los nuevos desarrollos se localizan alejados de los núcleos urbanos consolidados.

Para el proyecto, la incorporación de población será gradual y estará relacionada con la ocupación efectiva de los lotes. Por ello, la demanda de equipamiento deberá analizarse principalmente en función de la población adicional que potencialmente se establecerá en el desarrollo y de la disponibilidad de servicios existentes en su entorno.

En términos territoriales, la integración del proyecto con un fraccionamiento previamente establecido constituye una condición favorable, debido a que los futuros habitantes se incorporarán a una estructura urbana existente y tendrán acceso a los servicios y equipamientos disponibles en el entorno regional.

En conjunto, la infraestructura y los servicios urbanos representan uno de los componentes socioeconómicos con mayor interacción potencial con el proyecto, debido a que la lotificación constituye la primera etapa para la incorporación de nueva población y, posteriormente, de nuevas demandas de agua potable, drenaje, energía, movilidad, manejo de residuos y equipamiento.

La evaluación de estas interacciones deberá considerar la capacidad de las redes existentes y las factibilidades emitidas por las instancias competentes, evitando atribuir al proyecto demandas que correspondan al crecimiento urbano general del municipio. Bajo esta consideración, los efectos asociados con la infraestructura serán principalmente localizados, graduales y directamente proporcionales al proceso de construcción y ocupación de los lotes.

III.6.5 ECONOMÍA Y EMPLEO

La estructura económica de Medellín de Bravo se encuentra vinculada con su proceso de urbanización y con la relación funcional que mantiene con la zona conurbada Veracruz–Boca del Río–Medellín. Si bien el municipio conserva actividades primarias asociadas con la agricultura y la ganadería, durante las últimas décadas ha adquirido mayor relevancia la actividad vinculada con los sectores secundario y, principalmente, terciario, en correspondencia con el crecimiento de los asentamientos humanos, la vivienda, el comercio y los servicios.

De acuerdo con la información del Cuadernillo Municipal de Medellín de Bravo 2024, en 2020 la población de 12 años y más ascendió a 78,338 habitantes, de los cuales 51,422 correspondieron a población económicamente activa (PEA). De esta última, 50,617 personas se encontraban ocupadas, mientras que 805 estaban desocupadas. Esto representa una tasa de participación económica de aproximadamente 65.6 % y una tasa de ocupación de 98.4 %.

EMPLEO, 2020	
Indicador	**Valor**
Población de 12 años y más	78,338
Población económicamente activa	51,422
PEA ocupada	50,617
Sector primario	7.1%
Sector secundario	19.8%
Sector terciario	70.7%
No especificado	2.5%
PEA desocupada	805
Población no económicamente activa	26,743
Estudiantes	9,248
Quehaceres del hogar	12,589
Jubilados y pensionados	2,095
Incapacitados permanentes	836
Otro tipo	1,975
Tasa de participación económica	65.6%
Tasa de ocupación	98.4%

Fuente: DGPE de la SEFIPLAN con base en el INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020.

La distribución de la PEA ocupada por sectores económicos muestra una clara predominancia del sector terciario, relacionado con actividades de comercio y servicios, seguido por el sector secundario y, en menor proporción, las actividades primarias. Esta composición es congruente con la transformación progresiva del municipio hacia un territorio con mayor presencia urbana y habitacional.

No obstante, las actividades agropecuarias continúan formando parte de la estructura económica municipal. El Cuadernillo Municipal registra para 2023 una superficie sembrada de 7,671.2 ha, destacando entre los principales cultivos la caña de azúcar, pastos y praderas y maíz grano. Asimismo, se registra producción ganadera y avícola, principalmente de bovinos, porcinos y aves.

Por otra parte, la actividad económica no primaria presenta una relación directa con la expansión urbana. Para 2018 se registraron 5,698 unidades económicas en el municipio, con 10,118 personas ocupadas, además de un valor agregado censal bruto superior a 5,528 millones de pesos. Estos indicadores reflejan la presencia de una base económica diversificada y de establecimientos que atienden tanto las necesidades de la población local como las de los sectores urbanos y habitacionales de la región.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES ECONÓMICAS, 2018	
Indicador	**Valor**
Unidades económicas	1,449
Personal ocupado total	10,118
Personal ocupado dependiente de la razón social total	4,420
Personal ocupado dependiente de la razón social remunerado	2,337
Personal ocupado no dependiente de la razón social	5,698
Total de remuneraciones (miles de pesos)	280,538
Producción bruta total (miles de pesos)	53,261,164
Consumo intermedio (miles de pesos)	43,675,515
Valor agregado censal bruto (miles de pesos)	9,585,649
Formación bruta de capital fijo (miles de pesos)	5,528,162
Variación total de existencias (miles de pesos)	-803,578
Total de activos fijos (miles de pesos)	32,400,208

Fuente: DGPE de la SEFIPLAN con base en el INEGI, Censos Económicos, 2019.

La ubicación de Medellín de Bravo respecto de Veracruz y Boca del Río favorece, además, la movilidad cotidiana de la población hacia diferentes puntos de la zona conurbada para desarrollar actividades laborales, comerciales, educativas y de servicios. Esta condición refuerza la integración económica y funcional del municipio con el sistema urbano regional.

Para el Proyecto de Lotificación Habitacional, esta estructura económica representa un contexto favorable para la incorporación progresiva de población, debido a la existencia de actividades económicas y fuentes de empleo dentro del municipio y en su entorno regional. La disponibilidad de vivienda en zonas próximas a los principales centros de empleo puede contribuir a reducir distancias de desplazamiento para determinados sectores de la población, aunque la movilidad regional continuará dependiendo de la localización de los empleos y de la estructura vial existente.

Durante la etapa de construcción, el proyecto también tendrá una interacción directa con la economía local mediante la demanda temporal de mano de obra, materiales, transporte y servicios especializados, generando oportunidades de empleo y actividad económica asociada a la ejecución de las obras. Estos efectos serán temporales y estarán determinados por el programa constructivo.

Una vez concluida la construcción, la ocupación de los lotes permitirá la incorporación gradual de nuevos habitantes, quienes participarán en la economía local y regional mediante el consumo de bienes y servicios. En consecuencia, la interacción económica del proyecto no se limita a la generación de empleos durante la construcción, sino que puede prolongarse durante la etapa de ocupación mediante el incremento localizado de la demanda de comercio y servicios.

Desde el punto de vista ambiental, las actividades económicas constituyen principalmente un factor contextual que explica la demanda de vivienda y la transformación urbana del territorio. Las actividades primarias existentes en el municipio deberán considerarse particularmente en aquellos sectores donde la expansión urbana represente una transformación de terrenos anteriormente destinados a usos agropecuarios; sin embargo, en el caso del proyecto, su localización dentro de la continuidad del Fraccionamiento Las Palmas de Medellín permite analizarlo principalmente como parte de un proceso de consolidación habitacional.

La estructura económica y ocupacional de Medellín de Bravo, por tanto, evidencia un municipio con una población predominantemente incorporada a la actividad económica y con una creciente orientación hacia actividades urbanas y de servicios, sin que ello implique la desaparición de las actividades agropecuarias. Esta condición

resulta consistente con el proceso de transición territorial observado en el municipio y con la expansión de la vivienda que se ha descrito en los apartados anteriores.

III.6.5.1 ACTIVIDADES ECONÓMICAS PREDOMINANTES

La estructura económica de Medellín de Bravo presenta una combinación de actividades primarias, secundarias y terciarias, aunque la dinámica reciente del municipio muestra una mayor vinculación con actividades comerciales, de servicios y aquellas asociadas al crecimiento urbano.

Las actividades primarias continúan teniendo presencia en el territorio municipal. De acuerdo con el Cuadernillo Municipal 2024, durante 2023 se registraron 7,671.2 ha sembradas, destacando la caña de azúcar, los pastos y praderas y el maíz grano. Asimismo, se desarrolla actividad ganadera y avícola, principalmente relacionada con la producción de bovinos, porcinos y aves.

El sector secundario se encuentra asociado principalmente con actividades de transformación, construcción y otros establecimientos productivos. Su presencia complementa la estructura económica municipal y genera parte de los empleos de la población residente.

Por su parte, el sector terciario presenta especial relevancia debido al proceso de urbanización y a la integración funcional de Medellín de Bravo con Veracruz y Boca del Río. El crecimiento de la población y de los desarrollos habitacionales ha favorecido la expansión de establecimientos comerciales y de servicios destinados a atender las necesidades de la población.

Esta estructura económica es consistente con la transformación territorial descrita anteriormente: mientras las actividades agropecuarias permanecen como parte importante del territorio municipal, las zonas urbanizadas han incrementado progresivamente su participación en la dinámica económica mediante el comercio, los servicios y las actividades relacionadas con la construcción.

Para el Proyecto de Lotificación Habitacional, la relación más significativa se establece con los sectores de construcción, comercio y servicios. Durante la ejecución de las obras se generará una demanda temporal de mano de obra, materiales, transporte y servicios especializados; posteriormente, la ocupación de las viviendas incrementará de manera gradual la demanda local de bienes y servicios.

Por su naturaleza, el proyecto no contempla actividades productivas, industriales o agropecuarias, por lo que no se prevé una modificación directa de la estructura

económica municipal. Su interacción se limitará principalmente a la generación de actividad económica durante la construcción y al incremento localizado de la demanda derivada de la futura población residente.

III.6.5.2 EMPLEO Y POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA

La estructura ocupacional de Medellín de Bravo refleja la dinámica económica y urbana del municipio. De acuerdo con el Cuadernillo Municipal 2024, en 2020 la población de 12 años y más fue de 78,338 habitantes, de los cuales 51,422 correspondieron a la Población Económicamente Activa (PEA). De ésta, 50,617 personas se encontraban ocupadas y 805 desocupadas, lo que representa una tasa de participación económica de 65.6 % y una tasa de ocupación de 98.4 %.

La población ocupada se distribuye entre los diferentes sectores económicos, con predominio de las actividades terciarias, relacionadas con comercio y servicios, en concordancia con el proceso de urbanización y con la integración funcional del municipio con Veracruz y Boca del Río. Las actividades secundarias y primarias complementan esta estructura, manteniendo estas últimas presencia importante en las áreas rurales y productivas del municipio.

La elevada participación de población ocupada constituye un indicador de una economía municipal con una importante población incorporada al mercado laboral. Asimismo, la presencia de población en edad productiva, señalada anteriormente, favorece la formación de hogares y mantiene una demanda potencial de vivienda, particularmente en un municipio que ha experimentado un crecimiento urbano sostenido.

Para el Proyecto de Lotificación Habitacional, la relación con el empleo se presenta en dos momentos. Durante la etapa de construcción se generará empleo temporal asociado con actividades de preparación del sitio, construcción, instalación de infraestructura, transporte y servicios especializados. Posteriormente, la ocupación de los lotes incorporará nuevos residentes que formarán parte de la población económicamente activa municipal o regional, dependiendo de sus características laborales.

La incorporación de nuevos habitantes también puede favorecer de manera indirecta las actividades comerciales y de servicios del entorno, al incrementar gradualmente la demanda de bienes y servicios cotidianos. No obstante, considerando la superficie y escala del proyecto, esta interacción será localizada y proporcional al número de viviendas que lleguen a ocuparse, sin representar una modificación significativa de la estructura laboral municipal.

Por lo anterior, el proyecto presenta una interacción socioeconómica principalmente positiva con el componente empleo, derivada de la generación temporal de fuentes de trabajo durante su ejecución y, posteriormente, de la incorporación de población residente a la dinámica económica local y regional.

III.6.5.3 RELACIÓN ENTRE EMPLEO, MOVILIDAD Y VIVIENDA

La distribución del empleo en Medellín de Bravo y su integración funcional con Veracruz y Boca del Río mantienen una relación directa con los patrones de movilidad de la población. El crecimiento de los desarrollos habitacionales en el municipio ha permitido incorporar nuevos espacios residenciales, mientras que una parte de las actividades laborales, comerciales, educativas y de servicios se concentra en distintos puntos de la zona conurbada.

Esta condición genera desplazamientos cotidianos de la población entre las zonas habitacionales y los principales centros de empleo y servicios. Por ello, la disponibilidad y localización de vialidades constituye un elemento importante para la consolidación de los nuevos desarrollos residenciales.

El Cuadernillo Municipal registra para Medellín de Bravo 129.8 km de red carretera, integrada por tramos de jurisdicción federal, estatal y caminos rurales, además de un parque vehicular que incluye automóviles, camiones de pasajeros, vehículos de carga y motocicletas. Estos elementos reflejan la importancia de la infraestructura vial para la comunicación del municipio con su entorno regional.

RED CARRETERA, 2022	
Tipo	Longitud (Kilómetros)
Total en el municipio	**129.8**
Troncal federal pavimentada	61.5
Alimentadoras estatales pavimentadas	47.2
Alimentadoras estatales revestidas	13.1
Caminos rurales pavimentados	0.0
Caminos rurales revestidos	8.0

En el caso del Proyecto de Lotificación Habitacional, la relación entre vivienda y movilidad se producirá principalmente durante la etapa de ocupación de los lotes. Los nuevos residentes generarán desplazamientos hacia sus lugares de trabajo, centros educativos, establecimientos comerciales y servicios, incrementando de manera localizada el tránsito asociado al desarrollo.

No obstante, debido a que el proyecto constituye una ampliación del Fraccionamiento Las Palmas de Medellín y se integra a una estructura urbana

previamente establecida, los desplazamientos generados formarán parte de los flujos vehiculares y peatonales existentes en el sector, sin que se prevea la creación de un sistema de movilidad independiente.

Durante la construcción también se presentará un incremento temporal de tránsito relacionado con el ingreso de maquinaria, materiales y vehículos de transporte. Este efecto será de carácter temporal y estará limitado al periodo de ejecución de las obras.

En términos generales, la relación entre empleo, vivienda y movilidad constituye un factor que explica parte de la expansión habitacional de Medellín de Bravo. El proyecto se incorpora a esta dinámica regional mediante la generación de nuevos espacios residenciales, por lo que su principal efecto será el incremento gradual de desplazamientos conforme los lotes sean construidos y ocupados.

III.6.6 CONDICIONES SOCIALES Y CALIDAD DE VIDA

Las condiciones sociales de Medellín de Bravo permiten complementar la caracterización socioeconómica de la Región Ecológica, particularmente en aspectos relacionados con el acceso de la población a educación, servicios de salud y condiciones adecuadas de vivienda. Estos factores son relevantes para valorar el contexto en el que se desarrolla el proyecto y las necesidades que pueden acompañar el crecimiento habitacional.

Las condiciones de vivienda muestran, asimismo, una cobertura importante de servicios básicos. El Cuadernillo Municipal reporta para 2020 31,813 viviendas particulares habitadas, de las cuales 98.3 % disponían de agua entubada, 92.2 % de drenaje y 96.2 % de energía eléctrica. Estos indicadores permiten identificar condiciones generales favorables de cobertura de servicios, aunque persisten diferencias entre localidades y sectores del municipio.

En cuanto a las condiciones socioeconómicas, el municipio presenta un grado de rezago social muy bajo, mientras que el Índice de Desarrollo Humano municipal alcanzó en 2020 un valor de 0.792, clasificado como alto. No obstante, estos indicadores no implican la ausencia de necesidades sociales, particularmente aquellas relacionadas con acceso a servicios, educación, salud e ingresos.

ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO (IDH), 2010, 2015 y 2020			
Índice Dimensión	2010	2015	2020
Índice de Desarrollo Humano	0.730	0.749	0.755
Grado de Desarrollo Humano	Alto	Alto	Alto
Subíndice de Salud	0.914	0.837	0.892
Subíndice de Educación	0.564	0.652	0.648
Subíndice de Ingreso	0.753	0.771	0.744

Para el Proyecto de Lotificación Habitacional, estas condiciones representan el contexto social en el que se incorporará la futura población residente. La disponibilidad de infraestructura educativa, sanitaria y de servicios básicos constituye un elemento favorable para la consolidación del desarrollo; simultáneamente, el crecimiento habitacional genera una demanda gradual sobre dichos servicios conforme los lotes sean ocupados.

La interacción del proyecto con este componente será principalmente indirecta, ya que la construcción de 176 lotes no modifica por sí misma las condiciones generales de educación, salud o calidad de vida del municipio. Su efecto estará relacionado con la incorporación progresiva de población y con las necesidades adicionales de servicios que ésta genere.

III.6.6.1 EDUCACIÓN

La educación constituye un componente relevante de las condiciones sociales del municipio, particularmente considerando la presencia de población infantil, joven y adulta identificada en la estructura demográfica de Medellín de Bravo. La disponibilidad de infraestructura educativa permite atender parte de las necesidades asociadas con el crecimiento poblacional y la consolidación de los asentamientos humanos.

De acuerdo con el Cuadernillo Municipal de Medellín de Bravo 2024, durante el ciclo escolar 2022-2023 se registraron 132 escuelas, 821 docentes y 13,724 alumnos, distribuidos entre los diferentes niveles educativos. La mayor participación corresponde a los niveles de educación básica, particularmente preescolar, primaria y secundaria, complementados por instituciones de educación media superior y otros niveles de formación.

CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR EDUCATIVO, CICLO ESCOLAR 2022-2023

Nivel educativo	Escuelas	Docentes	Grupos	Alumnos		
				Hombres	Mujeres	Total
Total	**132**	**821**	**656**	**6,966**	**6,758**	**13,724**
Educación inicial	0	0	0	0	0	0
Educación especial	3	14	1	127	60	187
Preescolar	45	152	152	982	966	1,948
Primaria	56	323	323	3,582	3,457	7,039
Secundaria	20	163	127	1,474	1,456	2,930
Profesional técnico	0	0	0	0	0	0
Bachillerato	7	94	53	598	640	1,238
Técnico superior universitario	0	0	0	0	0	0
Normal	0	0	0	0	0	0
Licenciatura Univ. y Tec.	1	75	0	187	163	350
Posgrado Univ. y Tec.	0	0	0	16	16	32
Educación para adultos	0	0	0	0	0	0
Formación para el trabajo	0	0	0	0	0	0

Fuente: DGPE con base en la SEV, Información Estadistica del Sistema Educativo Estatal, 2023.

Los indicadores de cobertura muestran diferencias entre los niveles educativos. Para el ciclo 2022-2023 se reportan coberturas de 79.50 % en primaria, 68.09 % en secundaria y 44.49 % en bachillerato, mientras que los niveles inicial y superior presentan valores que deben interpretarse de acuerdo con la metodología y población de referencia utilizada para cada indicador.

COBERTURA ESCOLAR EN NIVELES SELECCIONADOS, CICLO ESCOLAR 2022-2023 (%)

Nivel	Cobertura (%)
Inicial	0.00
Preescolar	44.49
Primaria	79.50
Secundaria	68.09
Profesional Técnico	0.00
Bachillerato	29.26
Superior	4.90

Asimismo, el municipio presenta condiciones favorables en materia de alfabetización. Para 2020 se registró una población de 73,968 habitantes de 15 años y más, mientras que la población analfabeta representó aproximadamente 3.4 % de este grupo.

Para el Proyecto de Lotificación Habitacional, la educación constituye principalmente un componente asociado con la futura demanda de servicios. La incorporación gradual de habitantes puede incrementar las necesidades de espacios educativos, particularmente en los niveles básicos, dependiendo de la composición por edad de las familias que ocupen las viviendas.

No obstante, considerando la escala del proyecto y su incorporación a un sector habitacional ya establecido, no se prevé que los 176 lotes generen por sí mismos una

presión significativa sobre la infraestructura educativa municipal. La demanda adicional será gradual y deberá ser atendida mediante la oferta educativa existente y, en su caso, mediante la ampliación de servicios conforme evolucione el crecimiento poblacional de la zona.

Desde el punto de vista socioeconómico, la disponibilidad de infraestructura educativa en el entorno contribuye a favorecer la consolidación habitacional, mientras que el crecimiento de la vivienda requiere mantener una adecuada correspondencia entre el incremento de población y la capacidad de los servicios públicos.

III.6.6.2 SALUD

Los servicios de salud constituyen un componente importante de las condiciones sociales del municipio, debido a su relación con el bienestar de la población y con la capacidad del territorio para atender las necesidades derivadas de su crecimiento demográfico.

De acuerdo con el Cuadernillo Municipal de Medellín de Bravo 2024, para 2022 el municipio contaba con seis unidades de consulta externa y un hospital, además de personal médico para la atención de la población. Asimismo, se registraron 30 médicos, considerando las instituciones reportadas en el documento.

CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR SALUD, 2022

Institución	Unidades de consulta externa	Consultas externas otorgadas	Hospitales		Médicos a/
			General	Especialidad	
Total	**6**	**19,549**	**0**	**0**	**30**
IMSS	ND	ND	ND	ND	ND
ISSSTE	ND	ND	ND	ND	ND
PEMEX	0	0	0	0	0
SEDENA	0	0	0	0	0
SEMAR	0	0	0	0	0
IMSS-BIENESTAR	0	0	0	0	0
SS	6	19,549	0	0	30

a/ Comprende: médicos generales, especialistas, residentes, pasantes, odontólogos y en otras labores.
Fuente: DGPE de la SEFIPLAN con base en el INEGI, IEGEMC, 2023.

En cuanto a la cobertura de servicios de salud, el Cuadernillo reporta 31,971 personas derechohabientes y 30,261 personas usuarias de los servicios médicos. Estos indicadores muestran la existencia de una infraestructura institucional que atiende las necesidades de la población municipal, aunque su capacidad debe analizarse en función del crecimiento demográfico y de la distribución territorial de los habitantes.

El crecimiento de la población y la expansión de los desarrollos habitacionales incrementan gradualmente la demanda de servicios médicos. Esta situación adquiere mayor relevancia en los sectores de expansión urbana, donde la incorporación de nuevos residentes requiere mantener una adecuada accesibilidad a los servicios de salud existentes.

Para el Proyecto de Lotificación Habitacional, la interacción con este componente será principalmente indirecta, ya que la incorporación de 176 lotes no implica por sí misma la construcción de infraestructura sanitaria de atención médica. La demanda adicional se generará de manera gradual conforme las viviendas sean construidas y ocupadas.

La escala del proyecto permite considerar que dicha demanda representará una contribución localizada al requerimiento de servicios de salud, sin modificar significativamente la estructura municipal. No obstante, la disponibilidad y accesibilidad de estos servicios constituye una condición favorable para la consolidación del desarrollo habitacional y para las condiciones de habitabilidad de la futura población residente.

III.6.6.3 POBREZA, MARGINACIÓN Y REZAGO SOCIAL

Las condiciones de pobreza, marginación y rezago social permiten complementar la caracterización socioeconómica de Medellín de Bravo, al identificar las condiciones generales de acceso de la población a bienes, servicios y oportunidades que inciden en su calidad de vida.

De acuerdo con el Cuadernillo Municipal de Medellín de Bravo 2024, para 2020 el municipio presentó un grado de rezago social muy bajo. Asimismo, el Índice de Rezago Social registró una mejoría respecto a 2015, lo que refleja una evolución favorable de las condiciones relacionadas con educación, salud, servicios básicos y características de la vivienda.

ÍNDICE DE REZAGO SOCIAL, 2015 y 2020

Concepto	Valor
2015	
Grado de rezago social	Bajo
Lugar a nivel estatal	200
2020	
Grado de rezago social	Muy bajo
Lugar a nivel estatal	205

Fuente: DGPE de la SEFIPLAN con base en el CONEVAL, ÍRS 2015 y 2020, 2021.

En materia de marginación, el municipio presentó en 2020 un grado de marginación bajo, mientras que el Índice de Marginación mostró condiciones relativamente favorables respecto de otros municipios del estado. Estos indicadores deben interpretarse como una referencia municipal general, ya que pueden existir diferencias entre localidades y sectores específicos del territorio.

Por otra parte, la medición de pobreza de 2020 muestra que 36.2 % de la población se encontraba en situación de pobreza, de la cual 32.6 % correspondía a pobreza moderada y 3.5 % a pobreza extrema. Adicionalmente, 28.3 % de la población era vulnerable por carencias sociales y 2.0 % vulnerable por ingresos, mientras que 32.6 % se encontraba en condición de no pobreza y no vulnerabilidad.

POBREZA, 2020

Indicador	Personas	Porcentaje
Población en situación de pobreza	37,415	39.8
Población en situación de pobreza moderada	30,699	32.6
Población en situación de pobreza extrema	6,716	7.1
Población vulnerable por carencia social	28,034	29.8
Población vulnerable por ingreso	7,008	7.4
Población no pobre y no vulnerable	21,607	23.0

Fuente: DGPE de la SEFIPLAN con base en el CONEVAL, Medición de pobreza a nivel municipal 2020 y su comparativo con los años 2010 y 2015, 2021.

Estos indicadores muestran que, aunque Medellín de Bravo presenta condiciones generales de rezago social muy bajo y un nivel de desarrollo relativamente favorable, persisten sectores de población con carencias sociales o económicas, por lo que el crecimiento urbano debe acompañarse de infraestructura y servicios que contribuyan a mantener y mejorar las condiciones de habitabilidad.

Para el Proyecto de Lotificación Habitacional, este componente presenta una interacción principalmente socioeconómica e indirecta. La incorporación de nuevos espacios habitacionales puede contribuir a ampliar la oferta de vivienda, pero no modifica por sí misma los índices municipales de pobreza, marginación o rezago social. Su importancia para la evaluación radica en contextualizar las condiciones existentes y evitar que el crecimiento habitacional se traduzca en nuevas carencias de servicios básicos.

En este sentido, la disponibilidad de agua potable, drenaje, energía eléctrica y demás servicios urbanos adquiere especial importancia, debido a que estos elementos forman parte de las condiciones consideradas en la evaluación del rezago social y de la calidad de vida de la población.

III.6.7 COMERCIO, SERVICIOS Y ACTIVIDADES TURÍSTICAS

El sector terciario tiene una participación importante en la dinámica económica de Medellín de Bravo, particularmente como consecuencia del crecimiento poblacional y de la integración funcional del municipio con Veracruz y Boca del Río. La expansión de los asentamientos habitacionales ha favorecido el establecimiento de establecimientos comerciales y de servicios destinados a atender las necesidades cotidianas de la población.

El Cuadernillo Municipal de Medellín de Bravo 2024 reporta 5,698 unidades económicas para 2018, lo que evidencia una actividad comercial y de servicios diversificada. Esta estructura se complementa con la movilidad cotidiana de la población hacia otros municipios de la zona conurbada, donde se concentran diversos centros de empleo, comercio, servicios especializados y equipamiento.

El comercio y los servicios mantienen una relación directa con la expansión habitacional, ya que el establecimiento de nuevos hogares genera una demanda adicional de productos y servicios básicos, como alimentos, transporte, mantenimiento, servicios personales y establecimientos de proximidad. A su vez, la consolidación de las zonas residenciales incrementa la viabilidad de nuevos establecimientos destinados a atender esta demanda.

En materia turística, Medellín de Bravo cuenta con recursos naturales y culturales que forman parte de la oferta regional; sin embargo, el turismo no constituye un componente directamente relacionado con la naturaleza del Proyecto de Lotificación Habitacional. La actividad turística se considera, por tanto, como parte del contexto económico regional, pero no como un factor determinante para la operación del desarrollo.

Para el proyecto, la interacción más significativa corresponde al comercio y los servicios, tanto durante la construcción, por la adquisición de materiales, contratación de servicios y transporte, como durante la ocupación de las viviendas, mediante el consumo cotidiano de bienes y servicios por parte de los nuevos residentes.

Esta interacción puede favorecer la actividad económica local al generar una demanda adicional, aunque su magnitud será proporcional a la escala del proyecto y se presentará de manera gradual conforme se construyan y ocupen los lotes.

III.6.8 SÍNTESIS DE LA DINÁMICA SOCIOECONÓMICA Y SU INTERACCIÓN CON EL PROYECTO

La caracterización socioeconómica de la Región Ecológica, tomando como referencia estadística al municipio de Medellín de Bravo, permite identificar un territorio con una dinámica demográfica y urbana expansiva, estrechamente vinculada con la zona conurbada Veracruz–Boca del Río–Medellín. El municipio ha experimentado un crecimiento sostenido de su población, acompañado por la incorporación de nuevos desarrollos habitacionales y por la ampliación de infraestructura, servicios y actividades económicas.

La estructura poblacional, caracterizada por una importante participación de población en edades productivas, mantiene una demanda potencial de vivienda y servicios. Paralelamente, el crecimiento de los asentamientos humanos ha favorecido la transformación progresiva del territorio y la consolidación de sectores residenciales, particularmente en las zonas vinculadas con los principales corredores de comunicación.

En materia de infraestructura y servicios, el municipio cuenta con cobertura significativa de agua entubada, drenaje y energía eléctrica, además de infraestructura educativa, sanitaria y vial. No obstante, el crecimiento poblacional y habitacional genera una demanda progresiva sobre estos servicios, por lo que la planeación y factibilidad de las redes constituyen elementos relevantes para la consolidación de nuevos desarrollos.

La economía municipal presenta una estructura diversificada, con predominio de las actividades terciarias y permanencia de actividades agropecuarias. Esta condición, aunada a la integración funcional con Veracruz y Boca del Río, favorece una dinámica de movilidad cotidiana relacionada con el empleo, comercio, educación y servicios.

Dentro de este escenario, el Proyecto de Lotificación Habitacional se integra a una tendencia urbana preexistente, al constituir una ampliación del Fraccionamiento Las Palmas de Medellín. La incorporación de 176 lotes en aproximadamente 7.04 ha contribuirá de manera localizada a la oferta de suelo para vivienda y permitirá la incorporación gradual de nuevos residentes.

Las principales interacciones socioeconómicas identificadas corresponden a:

- Demografía: incorporación gradual de población, sin modificar significativamente la estructura demográfica municipal.

- Vivienda: incremento de la oferta de suelo destinado a uso habitacional.
- Infraestructura y servicios: generación progresiva de demanda de agua potable, drenaje sanitario, energía eléctrica, manejo de residuos y demás servicios urbanos.
- Movilidad: incremento localizado de desplazamientos asociados con los futuros residentes.
- Empleo y economía: generación temporal de empleos y demanda de materiales y servicios durante la construcción, así como incremento posterior de la demanda de bienes y servicios.
- Equipamiento: posible incremento gradual de la demanda de servicios educativos, de salud y recreativos.

En términos generales, las interacciones socioeconómicas del proyecto son principalmente de carácter positivo y gradual, debido a su contribución a la oferta habitacional y a la actividad económica durante su ejecución. Las interacciones potencialmente adversas se relacionan fundamentalmente con el incremento localizado de la demanda sobre infraestructura, servicios y movilidad, cuya magnitud estará determinada por el proceso efectivo de construcción y ocupación de los lotes.

Por su localización y características, el proyecto se encuentra vinculado con un proceso de consolidación urbana previamente establecido, por lo que sus efectos socioeconómicos deberán valorarse dentro de la dinámica general de crecimiento de Medellín de Bravo y no como un fenómeno independiente del desarrollo urbano regional.

III.7 DIÁGNÓSTICO AMBIENTAL

El diagnóstico ambiental de la Región Ecológica (RE), correspondiente a la Subcuenca Hidrográfica El Tejar, tiene como finalidad integrar los resultados obtenidos en la caracterización de los componentes bióticos, abióticos, paisajísticos y socioambientales, con objeto de determinar las condiciones ambientales actuales, identificar los principales procesos de deterioro y transformación que operan en el territorio y establecer el grado de conservación de los elementos que conforman el sistema ambiental de referencia.

La RE presenta una superficie aproximada de 33,333.47 ha y se caracteriza por un territorio ambientalmente heterogéneo, en el que coexisten remanentes de vegetación secundaria, cuerpos y corrientes de agua, áreas agropecuarias, pastizales y superficies transformadas por el crecimiento de los asentamientos humanos. En este contexto, las condiciones ambientales actuales no corresponden a un sistema homogéneo ni completamente conservado, sino a un mosaico territorial sujeto a

diferentes grados de transformación, cuya intensidad se relaciona principalmente con el desarrollo urbano, las actividades agropecuarias, la infraestructura y la modificación histórica de la cobertura vegetal.

Los componentes naturales mantienen, sin embargo, funciones ambientales relevantes. La vegetación secundaria conserva elementos florísticos propios de la selva baja caducifolia y constituye un hábitat utilizado por diferentes grupos de fauna; asimismo, la configuración topográfica, los suelos, la red de escurrimientos y las áreas bajas asociadas a la llanura costera participan en los procesos de regulación hidrológica y funcionamiento del territorio. La fauna registrada demuestra que, aun bajo condiciones de perturbación, persiste una comunidad de vertebrados capaz de utilizar de manera diferenciada los fragmentos de vegetación secundaria, pastizales y espacios abiertos.

En consecuencia, el estado ambiental de la RE puede caracterizarse como un sistema con grado de transformación medio, en el que persisten elementos naturales de importancia funcional, pero que se encuentran inmersos en un proceso continuo de ocupación y modificación del territorio. Esta condición resulta particularmente evidente en las áreas próximas a los principales asentamientos urbanos y corredores de comunicación.

III.7.1 PROBLEMÁTICAS AMBIENTALES EN LA REGIÓN ECOLÓGICA

Las principales problemáticas ambientales identificadas dentro de la Región Ecológica se relacionan con la transformación de la cobertura vegetal, fragmentación del hábitat, expansión de las áreas urbanizadas, modificación de las condiciones naturales del suelo y del drenaje superficial, presión sobre los recursos hídricos y generación de residuos y emisiones asociadas a las actividades humanas.

Una de las principales presiones corresponde al cambio progresivo de superficies con cobertura vegetal y usos agropecuarios hacia áreas destinadas a vivienda, vialidades, infraestructura y servicios. Este proceso ha generado un paisaje caracterizado por la sustitución y fragmentación de comunidades vegetales naturales o secundarias, particularmente en sectores con mayor accesibilidad y cercanía a zonas urbanas.

La VSa/SBC constituye uno de los elementos de vegetación natural o secundaria que persisten dentro de este mosaico. En la RE se identificaron aproximadamente 344.2548 ha, mientras que la superficie de CUSTF del proyecto representa únicamente alrededor del 0.25 % de dicha cobertura. Aunque esta proporción es reducida a escala regional, la problemática ambiental asociada a la transformación de esta vegetación debe considerarse debido a que la pérdida acumulativa de

pequeños fragmentos puede contribuir a la reducción de continuidad y conectividad del hábitat. En el caso particular del proyecto, el análisis comparativo mostró que las especies registradas en el CUSTF cuentan con representación dentro de la RE, sin identificarse especies florísticas exclusivas del polígono solicitado.

Otra problemática corresponde a la simplificación de la estructura del paisaje, derivada de la sustitución de coberturas vegetales por pastizales, áreas agrícolas, infraestructura y asentamientos. Esta transformación modifica la disponibilidad y distribución de refugios, sitios de alimentación y zonas de desplazamiento para la fauna. No obstante, los resultados faunísticos indican que las comunidades presentes utilizan distintos componentes del paisaje y que una proporción importante de las especies registradas en el CUSTF también se encuentra representada regionalmente.

Desde el punto de vista hidrológico, la RE presenta sectores susceptibles a inundación, particularmente asociados con las características de la llanura costera, zonas bajas y proximidad a cuerpos y corrientes de agua. Esta condición constituye una vulnerabilidad ambiental preexistente y no atribuible al proyecto; sin embargo, cualquier modificación de la cobertura y del relieve puede alterar localmente los patrones de escurrimiento si no se incorporan medidas adecuadas de manejo de aguas pluviales.

Asimismo, la transformación del suelo mediante despalmes, compactación, excavaciones y construcción de infraestructura constituye una presión ambiental relevante, particularmente durante las etapas de preparación y construcción. En un contexto de pendientes predominantemente bajas, el riesgo de procesos erosivos de gran magnitud es limitado; sin embargo, la exposición temporal del suelo y el movimiento de materiales pueden favorecer procesos locales de erosión y transporte de sedimentos.

En materia de calidad ambiental, el crecimiento de las áreas habitacionales y la intensificación de las actividades humanas incrementan potencialmente la generación de residuos sólidos, aguas residuales, emisiones atmosféricas, ruido y tránsito vehicular. Por ello, la prevención de contaminación de suelo y agua constituye un aspecto prioritario para cualquier nuevo desarrollo dentro de la RE.

En términos generales, las problemáticas ambientales identificadas responden principalmente a procesos acumulativos de ocupación y transformación territorial, más que a condiciones de deterioro asociadas exclusivamente al sitio del proyecto.

III.7.2 DIAGNÓSTICO DE LOS FACTORES BIÓTICOS

Los factores bióticos de la Región Ecológica presentan un grado de conservación intermedio, caracterizado por la coexistencia de comunidades vegetales secundarias, pastizales, áreas agropecuarias y superficies urbanizadas. La vegetación natural remanente se encuentra distribuida de manera fragmentada, por lo que su importancia ambiental se relaciona tanto con la composición de especies como con su función como elementos de conectividad y refugio dentro del paisaje transformado.

La VSa/SBC analizada regionalmente presentó una composición de 51 especies, 51 géneros y 36 familias, con predominio de especies nativas y presencia de diferentes formas de vida. Aunque algunos estratos muestran concentración de la importancia estructural en pocas especies, el conjunto mantiene elementos característicos de la comunidad. Se identificaron además especies sujetas a instrumentos de conservación, entre ellas Cedrela odorata bajo categoría Pr de la NOM-059-SEMARNAT-2010 a escala regional.

En el CUSTF se registraron 20 especies, todas ellas representadas dentro de la comunidad regional, por lo que no se identificaron elementos florísticos exclusivos de la superficie solicitada. La superficie propuesta para cambio de uso del suelo constituye aproximadamente el 0.25 % de la VSa/SBC regional, lo que permite considerar que la afectación sobre este componente será espacialmente localizada.

Respecto de la fauna, el conjunto de ambientes evaluados permitió registrar 61 especies de vertebrados terrestres, correspondientes a anfibios, reptiles, mamíferos y aves. La fauna utiliza de manera diferenciada la VSa/SBC, el pastizal cultivado y otros elementos del paisaje, lo que demuestra que la estructura actual del territorio mantiene cierta funcionalidad para el desplazamiento, alimentación, refugio y utilización temporal de diferentes especies.

El análisis comparativo mostró que 28 de las 34 especies registradas en el CUSTF también fueron identificadas en la VSa/SBC regional, equivalente a una correspondencia de 82.35 %. Las especies registradas exclusivamente durante el muestreo del CUSTF no fueron consideradas exclusivas del polígono debido a las diferencias de detectabilidad, movilidad y temporalidad propias de la fauna.

Por lo anterior, el componente biótico presenta evidencias de transformación y fragmentación, pero conserva capacidad para mantener comunidades vegetales y faunísticas funcionales. Su condición actual debe interpretarse dentro de un paisaje

antropizado, en el que la conservación de los fragmentos remanentes y la prevención de una mayor pérdida de conectividad adquieren importancia.

III.7.3 DIAGNÓSTICO DE LOS FACTORES ABIÓTICOS

Los factores abióticos de la RE presentan condiciones propias de la Llanura Costera del Golfo Sur y de la Subprovincia Llanura Costera Veracruzana, con predominio de terrenos de baja pendiente y materiales geológicos asociados principalmente con depósitos aluviales y eólicos.

El Área del Proyecto se encuentra sobre materiales aluviales (Qho(al)), en un terreno predominantemente plano a ligeramente inclinado, con pendientes generalmente menores a 3 %. Estas condiciones reducen la susceptibilidad a procesos gravitacionales como deslizamientos, aunque durante la construcción pueden presentarse procesos localizados de erosión y transporte de sedimentos derivados de la remoción temporal de la cobertura y exposición del suelo.

El suelo predominante corresponde a Vertisol, caracterizado por su contenido elevado de arcillas y comportamiento de expansión y contracción asociado a cambios en humedad. Desde el punto de vista del proyecto, estas características hacen necesario considerar adecuadamente las condiciones de humedad, compactación y capacidad de soporte durante la ejecución de las obras.

El clima regional es cálido subhúmedo con lluvias en verano, condición que favorece una importante dinámica estacional de precipitación, escurrimiento y humedad del suelo. A ello se suma la exposición regional a fenómenos hidrometeorológicos asociados con ciclones tropicales. Por tanto, la precipitación intensa constituye un factor que puede incrementar temporalmente el escurrimiento superficial, la erosión y el transporte de sedimentos durante las actividades constructivas.

Un elemento de particular importancia es la susceptibilidad a inundación identificada para el sector donde se localiza el proyecto. Esta condición se relaciona con la configuración de la llanura costera y con las características de drenaje natural de las zonas bajas. El diagnóstico debe entender esta susceptibilidad como una condición de vulnerabilidad previa del territorio y no como un impacto generado por el proyecto; sin embargo, requiere que las obras mantengan condiciones adecuadas de conducción y manejo de aguas pluviales.

En términos geológicos y estructurales, no se identificaron fallas o fracturas cartografiadas que crucen directamente el Área del Proyecto, mientras que la susceptibilidad sísmica regional se considera predominantemente media. En

conjunto, los factores abióticos no muestran condiciones que impidan el desarrollo del proyecto, pero sí establecen restricciones y precauciones relacionadas principalmente con manejo de escurrimientos, estabilidad temporal del suelo, erosión, compactación y prevención de contaminación del agua y suelo.

III.7.4 DIAGNÓSTICO DEL PAISAJE Y ESTRUCTURA TERRITORIAL

El paisaje de la Región Ecológica presenta una estructura heterogénea y altamente influenciada por las actividades humanas, en la que se intercalan fragmentos de vegetación secundaria con pastizales, terrenos agropecuarios, infraestructura vial, asentamientos humanos y otros espacios transformados.

La distribución actual de las coberturas refleja un proceso histórico de transformación del territorio, en el cual las áreas con vegetación original han sido sustituidas o modificadas progresivamente por actividades productivas y urbanas. En consecuencia, la VSa/SBC remanente no constituye una unidad continua de gran extensión, sino un conjunto de fragmentos inmersos en una matriz predominantemente transformada.

El crecimiento de la zona metropolitana de Veracruz–Boca del Río–Medellín constituye uno de los principales factores que explican esta configuración. El incremento de la población y la demanda de vivienda han favorecido la expansión de asentamientos y desarrollos habitacionales hacia sectores anteriormente ocupados por usos agropecuarios o coberturas secundarias.

Dentro de este contexto, el proyecto se inserta en un territorio donde la transformación antrópica ya constituye un componente dominante de la estructura paisajística. El predio presenta una combinación de VSa/SBC y pastizal cultivado, y se encuentra relacionado funcionalmente con un entorno donde existen vialidades, infraestructura y áreas habitacionales.

Por tanto, la incorporación de un nuevo desarrollo habitacional representa una continuación de una tendencia de ocupación territorial previamente establecida, aunque implica una modificación adicional de la cobertura y estructura local. La importancia ambiental del proyecto desde la perspectiva paisajística estará determinada principalmente por su capacidad para evitar una fragmentación innecesaria, conservar las áreas verdes previstas, mantener condiciones adecuadas de drenaje y reducir los contrastes entre la nueva infraestructura y el entorno.

III.7.5 DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL

La Región Ecológica se encuentra inmersa en un proceso de crecimiento demográfico y expansión urbana, particularmente relacionado con la dinámica de la zona conurbada Veracruz–Boca del Río–Medellín. Este proceso ha incrementado la demanda de vivienda, infraestructura, servicios, movilidad y equipamiento urbano, generando simultáneamente oportunidades de desarrollo económico y presiones sobre los componentes ambientales.

El municipio de Medellín de Bravo pasó de 35,171 habitantes en 1995 a 95,202 en 2020, lo que representa un incremento aproximado de 171 % en 25 años. Esta dinámica evidencia un proceso sostenido de crecimiento poblacional que se ha traducido en una mayor demanda de suelo para vivienda y servicios.

La estructura económica municipal presenta un predominio de las actividades del sector terciario, acompañado por actividades secundarias y, en menor proporción, primarias. Esta configuración es congruente con el proceso de urbanización y con la creciente integración funcional del municipio con la zona metropolitana.

Desde la perspectiva habitacional, existe una infraestructura consolidada de servicios básicos, aunque persisten diferencias en cobertura y condiciones de acceso. El crecimiento de la población y de los desarrollos habitacionales genera necesidades permanentes de ampliación y modernización de infraestructura hidráulica, sanitaria, eléctrica, vial y de equipamiento.

En este contexto, el desarrollo habitacional representa una respuesta a una dinámica territorial y demográfica existente, pero al mismo tiempo incrementa la demanda de recursos y servicios ambientales. Por ello, el crecimiento urbano debe acompañarse de medidas que eviten trasladar los costos ambientales hacia los sistemas naturales, particularmente en materia de agua, drenaje, manejo de residuos, movilidad, conservación de áreas verdes y prevención de inundaciones.

El diagnóstico socioambiental evidencia, por tanto, una relación estrecha entre crecimiento urbano y transformación ambiental. La principal presión no deriva de una actividad productiva aislada, sino de la acumulación de procesos de ocupación territorial que han modificado progresivamente el paisaje regional.

III.7.6 SÍNTESIS DEL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

La integración de los componentes analizados permite establecer que la Región Ecológica presenta un grado de conservación intermedio, con un territorio

caracterizado por la coexistencia de elementos naturales remanentes y una matriz ampliamente transformada por actividades agropecuarias, infraestructura y crecimiento urbano.

Desde el punto de vista biótico, persisten comunidades de vegetación secundaria capaces de mantener una composición florística representativa de la VSa/SBC y de proporcionar condiciones de refugio, alimentación y desplazamiento para diferentes grupos de fauna. Sin embargo, la distribución fragmentada de estas comunidades evidencia un proceso previo de transformación y pérdida de continuidad del hábitat. En el caso particular del CUSTF, la superficie representa únicamente 0.25 % de la VSa/SBC regional, y las especies florísticas registradas en ella se encuentran representadas dentro de la RE. En fauna, una proporción importante de las especies registradas en el CUSTF también presenta representación regional.

Los componentes abióticos presentan condiciones relativamente estables para el territorio, aunque existen factores de vulnerabilidad que deben ser considerados, principalmente la susceptibilidad a inundación, la ocurrencia de precipitaciones intensas, las características arcillosas del Vertisol, la exposición temporal del suelo durante las obras y la necesidad de mantener el funcionamiento del drenaje superficial.

El paisaje muestra un proceso evidente de transformación y fragmentación, con predominio de una matriz agropecuaria y urbana en la que persisten fragmentos de vegetación secundaria. La tendencia territorial observada es de expansión de los asentamientos y de consolidación de usos habitacionales, por lo que la incorporación de nuevos proyectos debe evaluarse dentro de este proceso acumulativo y no como un fenómeno aislado.

Desde la perspectiva socioambiental, el crecimiento demográfico y urbano de Medellín de Bravo constituye uno de los principales factores de transformación del territorio. La demanda de vivienda, infraestructura y servicios continuará ejerciendo presión sobre el suelo y los recursos naturales, por lo que resulta necesario que el crecimiento urbano se acompañe de criterios de prevención, mitigación y manejo ambiental.

En términos integrales, el sistema ambiental no corresponde a un territorio prístino ni de alta integridad ecológica, pero tampoco se encuentra completamente degradado. Mantiene elementos naturales funcionales dentro de un paisaje transformado, particularmente fragmentos de vegetación secundaria, áreas de importancia hidrológica y comunidades de fauna que utilizan de manera complementaria los diferentes ambientes existentes.

En este contexto, la superficie propuesta para CUSTF constituye una intervención localizada dentro de un proceso regional más amplio de transformación territorial. La afectación directa sobre la vegetación será relevante a escala del sitio debido a la remoción de 0.855907 ha de VSa/SBC; sin embargo, su magnitud relativa dentro de la cobertura regional es reducida. Los resultados de flora y fauna tampoco evidencian que el polígono constituya un reservorio exclusivo de especies o componentes biológicos cuya eliminación comprometa su permanencia regional.

Por lo anterior, el diagnóstico ambiental permite considerar que la principal sensibilidad del proyecto se concentra en la escala local, particularmente en la remoción de vegetación, modificación del suelo, alteración temporal del escurrimiento y desplazamiento de fauna. A escala regional, la incidencia espacial es reducida; no obstante, esta conclusión se encuentra condicionada a que el proyecto incorpore y ejecute eficazmente las medidas de prevención, mitigación, rescate, reubicación, compensación, manejo de residuos, control de erosión y seguimiento ambiental.

En conjunto, la RE presenta un sistema ambiental funcional pero transformado, con una condición de conservación intermedia y con procesos activos de urbanización, fragmentación de hábitats y modificación de las coberturas naturales. Las condiciones actuales reflejan principalmente una transformación histórica y acumulativa del territorio, a la cual el proyecto se incorpora.

La evaluación integrada no identifica, a escala regional, un elemento ambiental cuya afectación por sí sola determine la inviabilidad del proyecto; sin embargo, sí reconoce condicionantes ambientales relevantes, principalmente la presencia de VSa/SBC, la susceptibilidad a inundación, la necesidad de conservar la funcionalidad hidrológica, la prevención de contaminación y la protección de la fauna durante el cambio de cobertura vegetal.

En consecuencia, el desarrollo del proyecto resulta ambientalmente condicionado a una ejecución ordenada y a la aplicación efectiva de las medidas ambientales previstas, de manera que la transformación local del territorio no se traduzca en efectos acumulativos o secundarios que incrementen innecesariamente el deterioro de la Región Ecológica.

CAPÍTULO IV

IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN

CONTENIDO

IV.1 METODOLOGÍA, EVALUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES ____ 509
IV.2.4 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS ____ 509
IV.1.1.1 METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES ____ 509
IV.2.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS. ____ 511
IV.1.1.2 INDICADORES DE IMPACTO. ____ 511
LISTA DE INDICADORES DE IMPACTO ____ 513
IV.2.4 VALORACIÓN DE IMPACTOS. ____ 514
IV.1.1.3 CRITERIOS ____ 514
IV.2.4 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES ____ 519
IV.1.1.4 DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DURANTE LA ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO. ____ 523
IV.1.1.5 DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DURANTE LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN ____ 534
IV.1.1.6 DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DURANTE LA ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ____ 545
IV.2.4 CONCLUSION GENERAL DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES ____ 552

IV.2 ESTRATEGIAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y/O RESTAURACIÓN ____ 555
IV.2.4 FACTOR AMBIENTAL: SUELO ____ 555
IV.2.4 FACTOR AMBIENTAL: AGUA ____ 563
IV.2.4 FACTOR AMBIENTAL: AIRE ____ 570
IV.2.4 FACTOR AMBIENTAL: FLORA ____ 576
IV.2.5 FACTOR AMBIENTAL: FAUNA ____ 584
IV.2.6 FACTOR AMBIENTAL: PAISAJE ____ 591
IV.2.7 FACTOR AMBIENTAL: ENTORNO SOCIAL ____ 597

IV.3 VALORACIÓN ECONÓMICA DEL COSTO DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN ____ 604
IV.3.2 COSTOS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DURANTE LA PREPARACIÓN Y CONSTRUCCIÓN ____ 605
IV.3.2 VALORACIÓN ECONÓMICA DEL PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE FLORA ____ 606
IV.3.3 VALORACIÓN ECONÓMICA DEL PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE FAUNA SILVESTRE ____ 607
IV.3.4 VALORACIÓN ECONÓMICA DEL PROGRAMA DE REFORESTACIÓN ____ 608

IV.3.5 MEDIDAS DE INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA 608
IV.3.6 MEDIDAS PARA EL ENTORNO SOCIAL 609
IV.3.7 SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL 609
IV.3.8 RESUMEN DE LA VALORACIÓN ECONÓMICA 610

IV.4 IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS, ACUMULATIVOS, SINÉRGICOS Y RESIDUALES DEL PROYECTO 611
IV.4.1 IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS 612
IV.4.2 IMPACTOS AMBIENTALES ACUMULATIVOS 615
IV.4.3 IMPACTOS AMBIENTALES SINÉRGICOS 616
IV.4.4 IMPACTOS AMBIENTALES RESIDUALES 617

IV.5 DELIMITACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL ÁREA DE INLFUENCIA DEL PROYECTO 619
IV.5.1 JUSTIFICACIÓN DEL RADIO DE 500 M 621
IV.5.2 RELACIÓN ENTRE LOS IMPACTOS Y EL ÁREA DE INFLUENCIA 623
IV.5.3 RELACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA CON LA CONDICIÓN AMBIENTAL EXISTENTE 624
IV.5.4 RELACIÓN CON LA REGIÓN ECOLÓGICA 624
IV.5.5 CONSIDERACIÓN DE LOS IMPACTOS ACUMULATIVOS, SINÉRGICOS Y RESIDUALES 625
IV.5.6 CONCLUSIÓN DE LA DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA 625

ÍNDICE CUADROS

Cuadro 4.1 Actividades del proyecto 513
Cuadro 4.2 Indicadores de impacto ambiental 514
Cuadro 4.3 Significancia ambiental de los impactos. 517
Cuadro 4.4 Criterios y calificaciones cuantitativas para estimar el valor de significancia 517
Cuadro 4.5 Matriz de calificación de impactos ambientales para la etapa de preparación del sitio. 520
Cuadro 4.6 Matriz de calificación de impactos ambientales para la etapa de construcción 521
Cuadro 4.7 Matriz de calificación de impactos ambientales para la etapa de operación y mantenimiento 522
Cuadro 4.8 Resumen de impactos detectados por etapa 523
Cuadro 4.9 Síntesis de los impactos ambientales identificados durante la etapa de preparación del sitio 530
Cuadro 4.10 Síntesis de los impactos ambientales identificados durante la etapa de construcción 540
Cuadro 4.11 Síntesis de los impactos ambientales identificados durante la etapa de construcción 550

Cuadro 4.12 Estrategias de prevención y mitigación para el factor suelo ____ *562*
Cuadro 4.12 Estrategias de prevención y mitigación para el factor agua ____ *569*
*Cuadro 4.14 Estrategias de prevención y mitigación para el factor aire*____ *575*
Cuadro 4.12 Estrategias de prevención y mitigación para el factor flora ____ *583*
*Cuadro 4.16 Estrategias de prevención y mitigación para el factor fauna*____ *590*
Cuadro 4.17 Estrategias de prevención y mitigación para el factor paisaje ____ *597*
Cuadro 4.18 Estrategias de prevención y mitigación para el entorno social ____ *603*
Cuadro 4.19 Valoración económica de medidas generales de prevención y mitigación __ *605*
Cuadro 4.20 Costo estimado del Programa de Rescate y Reubicación de Flora ____ *606*
*Cuadro 4.21 Costo estimado del Programa de Rescate y Reubicación de Fauna*____ *607*
Cuadro 4.22 Costo estimado del Programa de Reforestación ____ *608*
Cuadro 4.23 Costo estimado de medidas de integración paisajística ____ *609*
Cuadro 4.24 Costo estimado de medidas para el entorno social ____ *609*
Cuadro 4.19 Costo estimado de supervisión ambiental ____ *610*
Cuadro 4.26 Resumen general de costos ambientales ____ *610*
Cuadro 4.26 Resumen de la relación entre impactos y el área de influencia ____ *623*

ÍNDICE IMÁGENES

Imagen 4.1 Área de Influencia delimitada. ____ *621*

IV.1 METODOLOGÍA, EVALUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

IV.2.4 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

La fase de identificación de los impactos ambientales es la parte más importante del presente trabajo, una vez diagnosticado el ambiente, se valora con mayor precisión las consecuencias del desarrollo del proyecto, para proponer y evaluar las medidas de mitigación. En este capítulo se identifican, evalúan y describen los impactos ambientales que se generarán debido a la ejecución de las obras que conforman el proyecto.

El análisis de los impactos incluye variables socioeconómicas, culturales, históricas, ecológicas, físicas, químicas y visuales, las cuales serán tomadas en cuenta en la medida en que ellas se generen en el territorio afectado por la acción y que representen las alteraciones ambientales prioritarias derivadas de una acción humana.

Las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA's) son consideradas como análisis integrales mediante los cuales se pueden derivar inferencias lógicas en relación son los efectos del desarrollo de proyectos.

La técnica más generalizada para la evaluación de impactos es la **matriz de interacciones**; esta técnica ha sido recomendada en una amplia variedad de procedimientos de EIA alrededor del mundo, sin embargo, las matrices presentan diversos inconvenientes que limitan su efectividad en la evaluación de impactos.

IV.1.1.1 METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES

La identificación de los impactos ambientales, es fundamental para incorporar cualquier proyecto a su entorno, tomando en cuenta que se está afectado en conjunto, diversos tópicos del medio ambiente.

Para lograr una adecuada identificación de los mismos existe una amplia gama de técnicas, que van desde las más simples, en las que se evalúa cualitativamente el grado de afectación generado, determinando los principales impactos (frecuentes y/o importantes), hasta las de mayor complejidad donde se evalúan los impactos cuantitativamente en función de factores como antecedentes de otros estudios,

investigaciones específicas y principalmente la experiencia de los evaluadores del impacto.

Cualquier técnica que se emplee debe considerar básicamente el entorno ambiental donde se pretende insertar el proyecto y las características del mismo. La selección de la metodología a emplear depende básicamente de las características del proyecto y de los objetivos que se requieran alcanzar, como son identificación de impactos, descripción del medio afectado, predicción y estimación de impactos, y selección de alternativas y medidas de mitigación.

Para lograr lo anterior, se han desarrollado metodologías para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental, las que dentro del término "metodología" se refieren a los planteamientos estructurados sobre cómo llevar a cabo las acciones necesarias dentro del proceso de desarrollo de una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).

Para el análisis ambiental, se elaboró una lista de cotejo identificando las principales actividades que se llevarán a cabo durante la preparación del sitio, la construcción y operación de las obras, a partir de las cuales se definieron los aspectos e impactos ambientales del proyecto, determinando su influencia sobre los elementos del medio físico, biológico y socioeconómico.

El análisis ambiental utiliza como método de evaluación la interrelación de las acciones y/o actividades del proyecto con los elementos del ambiente, con un criterio de **causa–efecto** y evaluando el carácter adverso o favorable del impacto. Luego se agrupan los impactos, de acuerdo a su mayor o menor significación, con el fin de establecer las prioridades de atención para la mitigación.

Un primer criterio a incluir en la selección de técnicas y métodos es definir si se necesita medir la capacidad de una variable del ambiente o el impacto que sobre ella se genera. Un segundo elemento, se relaciona con su comportamiento en el tiempo. Por ejemplo, se considera a la naturaleza como un estado de equilibrio que es ocasionalmente perturbado por eventos propios o inducidos. Esta percepción obedece, probablemente, a que los cambios ecológicos acontecen en escalas temporales mayores que las humanas.

Una vez descritas las unidades ecológicas que conforman la región ecológica, pueden referirse las siguientes consecuencias, el ecosistema, sufrirá un cambio en sus características intrínsecas, es por ello que a continuación se indican los impactos que generara la obra dentro y en su radio de afectación.

Para evaluar los impactos ambientales, se realizará una estimación cuali-cuantitativa, la cual consiste en efectuar una valoración cualitativa, donde se llenará una **matriz de impacto tipo causa-efecto**, la cual se constituye en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figurarán las acciones necesarias para la realización del proyecto; y dispuestos en filas todos los factores medioambientales que pueden recibir un impacto ya sea positivo o negativo. Para su ejecución será necesario identificar las acciones que puedan causar impactos, sobre una serie de factores del medio, o sea determinar la matriz de identificación de efectos.

Esta matriz nos permitirá identificar, prevenir y comunicar los efectos de este proyecto en el medio. Así mismo, se podrá obtener la valoración de estos impactos. Una vez identificadas las acciones y los factores del medio, la matriz de importancia servirá para realizar una valoración cualitativa. Cada casilla de cruce, nos dará una idea del efecto de cada acción impactante sobre cada factor ambiental impactado.

Cabe indicar, que el análisis e identificación de impactos ambientales presentado se efectúa con la experiencia y el criterio interdisciplinario de los diferentes especialistas que intervienen en este estudio, y en las valoraciones asignadas a las afectaciones detectadas (impactos identificados), se señalan los diferentes niveles de afectación con una calificación estimativa o subjetiva, basada en la observación y en la experiencia de actividades similares desarrolladas con anticipación en sitios similares.

IV.2.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS.

IV.1.1.2 INDICADORES DE IMPACTO.

Un indicador ambiental, es un elemento del medio ambiente afectado, o potencialmente afectado, por un agente de cambio. En el contexto que nos ocupa, los indicadores de impactos serían índices cuantitativos o cualitativos que permiten evaluar la cuantía de las alteraciones que se producen como consecuencia de un determinado proyecto.

Un indicador de impacto ambiental es: una variable o suma de variables que proporciona información sintética sobre un fenómeno ambiental complejo, y permite conocer y evaluar el estado y la variación de la calidad ambiental.

Se considera que los *indicadores de impacto,* deben cumplir por lo menos con ocho criterios básicos, que son los siguientes:

1. ***Validez científica.*** Los indicadores deben estar basados en el conocimiento científico, siendo su significado claro e inequívoco.

2. ***Disponibilidad y fiabilidad de los datos.*** Los datos necesarios para el diseño de los indicadores deben ser accesibles y estar basados en estadísticas fiables.

3. ***Representatividad.*** Los indicadores deben estar fuertemente asociados a las propiedades que ellos mismos describen y argumentan.

4. ***Sensibilidad a cambios.*** El indicador debe responder a los cambios que se producen en el medio, reflejando las tendencias y posibilitando la predicción de situaciones futuras.

5. ***Sencillez.*** Los indicadores deben ser medibles y cuantificables con relativa facilidad. A su vez, tienen que ser claros, simples y específicos, facilitando su comprensión por no especialistas que vayan a hacer uso de los mismos.

6. ***Relevancia y utilidad.*** Los indicadores no sólo tienen que ser relevantes a nivel científico, sino también a nivel político, ya que deben ser útiles en la toma de decisiones.

7. ***Comparabilidad.*** La información que aporten los indicadores debe permitir la comparación a distintas escalas territoriales y temporales.

8. ***Razonable relación costo/beneficio.*** El costo de obtención de información debe estar compensado con la utilidad de la información obtenida.

Los indicadores de impacto tienen su principal valor a la hora de comparar alternativas, puesto que permiten cotejar, para cada elemento del ecosistema, la magnitud de la alteración que produce. Además, estos indicadores pueden ser también útiles para estimar los impactos de un determinado proyecto, puesto que, dentro de lo que cabe, permiten cuantificar y obtener una idea del orden de la magnitud de las alteraciones.

Otro aspecto importante de los indicadores de impacto, es que estos pueden variar según la etapa en que se encuentra del proceso de construcción del proyecto, ya que el nivel de detalle que se posee sobre las acciones del proyecto suele ser muy diferente. En la realización de cualquier obra o actividad se prevé la alteración, en mayor o menor grado, de las condiciones naturales del área donde éstas desarrollan.

LISTA DE INDICADORES DE IMPACTO

En el siguiente cuadro, se listan las principales actividades del proyecto susceptibles de causar impactos ambientales en su área de influencia. Estas actividades se presentan según el orden de la etapa del proyecto.

Cuadro 4.1 Actividades del proyecto

Etapas	Actividades
Preparación del Sitio	▪ Actividades del Cambio de Uso de Suelo
	▪ Limpieza del terreno
	▪ Relleno y terracerías
	▪ Topografía y nivelación
Construcción	▪ Vialidades
	▪ Red eléctrica y de alumbrado
	▪ Red hidráulica
	▪ Red sanitaria
	▪ Áreas verdes
	▪ Pintura y acabados
Operación del proyecto	▪ Venta y comercialización de lotes
	▪ Funcionamiento del desarrollo habitacional
	▪ Mantenimiento a infraestructura básica

Los elementos o factores ambientales son el conjunto de componentes del medio físico (aire, agua, suelo, relieve, entre otros), biológico (fauna, vegetación) y del medio social (relaciones sociales y actividades económicas), susceptibles de sufrir cambios, positivos o negativos, como consecuencia de la operación del proyecto.

En el siguiente cuadro, se listan los indicadores de impacto ambiental que se analizarán para medir los impactos ambientales ocasionados por el desarrollo del proyecto; estos se presentan agrupados según el componente ambiental al que pertenecen, y que serán potencialmente afectados por el desarrollo de las actividades del proyecto.

Cuadro 4.2 Indicadores de impacto ambiental

Componente	Elemento Ambiental	Indicador de Impacto
Medio Abiótico	Suelo	▪ Topografía
		▪ Erosión
		▪ Almacenamiento de carbono
		▪ Calidad del suelo
	Agua	▪ Calidad del agua superficial y subterránea
		▪ Captación e Infiltración del agua
	Aire	▪ Emisiones atmosféricas
		▪ Partículas suspendidas
		▪ Ruido
	Paisaje	▪ Unidades paisajísticas afectadas
Medio Biótico	Vegetación	▪ Riqueza específica
		▪ Diversidad
	Fauna	▪ Desplazamiento de fauna
		▪ Biodiversidad
Entorno Social	Empleo	▪ Formación de Empleos
	Infraestructura	▪ Calidad de Vida

IV.2.4 VALORACIÓN DE IMPACTOS.

Los criterios y métodos de evaluación del impacto ambiental pueden definirse como aquellos elementos que permiten valorar el impacto ambiental de un proyecto o actuación sobre el medio ambiente. En ese sentido estos criterios y métodos tienen una función similar a los de la valoración del inventario, puesto que los criterios permiten evaluar la importancia de los impactos producidos, mientras que los métodos de evaluación lo que tratan es de valorar conjuntamente el impacto global de la obra.

IV.1.1.3 CRITERIOS

Los criterios de valoración del impacto que pueden aplicarse en un Estudio de Impacto Ambiental son variados y su selección depende en gran medida del autor y del estudio. Cabe destacar que la mayoría de los criterios, pueden valorar los impactos de manera cualitativa sin embargo en algunos, es posible llegar a una cuantificación de los impactos. A continuación, se presenta la descripción de los criterios a considerar para la calificación de los impactos:

Naturaleza del impacto (N).- Hace alusión al carácter beneficioso o perjudicial de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados; para el caso de este proyecto, se utilizó el signo (-) para identificar un impacto perjudicial (negativo) y el signo (+) para la identificación de un impacto beneficioso (positivo).

- **Impacto Positivo (+)**, es aquél admitido como tal, tanto por la comunidad técnica y científica como por la población en general, en el contexto de un análisis completo de los costos y beneficios genéricos y de los aspectos externos de la actuación contemplada.
- **Impacto Negativo (-),** es aquél cuyo efecto se traduce en pérdida de valor natural, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica o en aumento de los perjuicios derivados de la contaminación o de la erosión y demás riesgos ambientales en discordancia con la estructura ecológico-geográfica, el carácter y la personalidad de una zona determinada.
- **Impacto Nulo (/)**, este tipo de impacto se produce cuando, aparentemente, la actividad a desarrollar no genera ningún impacto en el ambiente

Presencia o Probabilidad de Ocurrencia (P).- Este análisis permite diferenciar los impactos que ocurrirán inevitablemente y los que están asociados a ciertos niveles de probabilidad de ocurrencia, pueden ser:

- **De ocurrencia indefectible,** es seguro o inevitable que aparezca.
- **Moderada probabilidad de ocurrencia**, no es seguro que se pueda presentar.
- **Posible probabilidad,** su aparición es remota, aunque no se puede descartar,
- **Poco probable**, la probabilidad de que ocurra es casi nula.

Desarrollo (De).- Evalúa el tiempo que tarda el efecto en alcanzar la máxima perturbación, estableciéndose una escala que va de la siguiente manera:

- **Muy rápido**, menor a 1 mes
- **Rápido,** de 1 a 3 meses
- **Medio,** de 3 a 6 meses
- **Lento,** de 6 a 12 meses.
- **Muy lento,** mayor a 12 meses.

Magnitud del Efecto (M).- Este término se refiere al grado de medida, extensión o escala de un impacto, incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa; la asignación de un valor numérico de la magnitud debe basarse en una valoración objetiva de los hechos relacionados con el impacto previsto; para el presente proyecto se asignaron los siguientes valores:

- **Muy Bajo,** sin efecto significativo aparente.
- **Bajo,** efecto mínimo, el cual no sobre pasa el sitio sobre el cual se está desarrollando el proyecto.
- **Medio,** efecto moderado que no sobre pasa la franja de amortiguamiento definida para el sitio del proyecto.

- **Alto,** efecto significativo, el cual afecta áreas contiguas a la franja definida como zona de amortiguamiento.
- **Muy alto,** efecto que se presenta a más de 10 km a la redonda.

Duración de la Acción (Du).- Se refiere a las características de permanencia del impacto y califica la temporalidad del efecto independientemente de toda acción de mitigación; se consideran de la siguiente manera:

- **Muy corta,** si el efecto se manifiesta en un lapso no mayor a la duración de la acción que lo origina.
- **Corta,** cuando el efecto se manifiesta en un lapso entre 1 y 4 años, posteriores a la actividad que lo origino.
- **Media,** el efecto se manifiesta durante los próximos 4 a 7 años posteriores a la actividad que lo origino.
- **Larga,** el efecto se manifiesta durante los próximos 7 a 10 años posteriores a la actividad que lo origino.
- **Permanente,** cuando las acciones o sucesos practicados al medio ambiente son de influencia a largo plazo (mayores a 10 años), y extensibles a través del tiempo, es decir, cuando continúa su efecto a pesar de haber cesado la actividad que le dio origen.

Significancia del Componente Afectado (S).- La calificación por Significancia, incluye un análisis global del impacto y determina el grado de importancia de este sobre el ambiente receptor. La calificación define la significancia del efecto, dependiendo de la modificación de las condiciones iniciales del factor ambiental analizado.

Para la calificación de los efectos se empleó un "Índice de Significación (S)"; este índice o valor numérico se obtuvo en función de la probabilidad de ocurrencia del impacto (P), su desarrollo o temporalidad (De), magnitud (m) y duración (Du), según la evaluación siguiente:

S= P (a (De x M/10) + b(Du)), donde:

S: Calificación por significancia expresada entre 0 y 10
P: Presencia (probabilidad de ocurrencia)
De: Desarrollo
M: Magnitud
Du: Duración
a,b: Factores de ponderación (a=0.7, b=0.3)

Los valores numéricos obtenidos permitieron agrupar los impactos de acuerdo al siguiente rango de significación:

Cuadro 4.3 Significancia ambiental de los impactos.

Atributo	Calificación	Rangos**
Significancia (S)*	Muy Baja	0 – 2
	Baja	2 – 4
	Media o Moderada	4 – 6
	Alta	6 – 8
	Muy Alta	8 – 10
* Resulta de la valoración asignada a los demás atributos que intervienen en la calificación. ** Los rangos se establecen en función de valores promedios.		

Los criterios y la calificación cuantitativa de los parámetros que permitirán estimar los índices o valores numéricos de significación son presencia o probabilidad de ocurrencia, desarrollo, magnitud y duración, según los valores de ponderación presentados a continuación.

Cuadro 4.4 Criterios y calificaciones cuantitativas para estimar el valor de significancia

Atributo	Calificación	Ponderación
Presencia o probabilidad de ocurrencia (P)	Cierto o inevitable	1
	Muy probable	0.7 – 0.9
	Probable	0.3 – 0.7
	Poco Probable	0 – 0.3
Desarrollo (De)	Muy Rápido (< 1 mes)	0.8 – 1.0
	Rápido (1 a 3 meses)	0.6 – 0.8
	Medio (3 a 6 meses)	0.4 – 0.6
	Lento (6 a 12 meses)	0.2 – 0.4
	Muy lento (> 12 meses)	0 – 0.2
Magnitud (M)	Muy Alta (se presenta a más de 10 km a la redonda)	80 – 100
	Alta (de 5 a 10 km a la redonda)	60 – 80
	Media (Hasta 5 km a la redonda)	40 – 60
	Baja (no sobre pasa la franja de amortiguamiento definida)	20 – 40
	Muy Baja (no sobre pasa el área del proyecto)	0 – 20
Duración (Du)	Permanente (> 10 años)	10
	Larga (7 a 10 años)	7 – 10
	Media (4 a 7 años)	4 – 7
	Corta (1 a 4 años)	1 – 4
	Muy corta (< 1 año)	0 - 1

Una vez descritos los criterios de evaluación, éstos se considerarán luego de la descripción del impacto ocasionado por las distintas acciones del proyecto; así, para cada subindicador, se agregará el valor de cada atributo mencionado anteriormente.

Una vez identificada cada una de las actividades del proyecto y los elementos ambientales, se inició la identificación de los impactos ambientales del proyecto**,** para la evaluación del impacto ambiental del presente proyecto se llevó a cabo mediante la metodología de **matrices de interacción**, la cual es una variante de la matriz interactiva desarrollada por Luna B. Leopold, a la que se le ha llamado matriz modificada. Se ha considerado con cada acción del proyecto y su potencial de impacto sobre cada elemento ambiental. Es importante recalcar, que este método ha sido adaptado por los evaluadores.

Una matriz interactiva muestra las acciones del proyecto o actividades en un eje y los factores ambientales pertinentes a lo largo de otro eje de la matriz y se describe además en términos de consideraciones de magnitud e importancia.

Se ha elegido esta metodología porque permite formar un universo de análisis **causa – efecto**, con lo cual se puede identificar un impacto como resultado del análisis de interacción entre una acción del proyecto y un factor ambiental o indicador.

Para la realización de las matrices de impactos ambientales, inicialmente se realizó un recuadro de correlación de etapas del proyecto, el cual cuenta con 5 indicadores, los cuales son:

- Presencia o probabilidad de ocurrencia (P)
- Desarrollo (De)
- Magnitud (M)
- Duración (Du)
- Significancia (S)

Para el llenado de la matriz de interacción, se elige una de las actividades del proyecto y se evalúa respecto a cada factor o atributo ambiental, los cuales fueron identificados previamente.

IV.2.4 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

En las siguientes secciones se presentan las matrices de identificación, calificación por etapa del proyecto y resumen de los impactos ambientales resultado del análisis y uso de las metodologías descritas anteriormente.

Es importante aclarar, cualquier metodología utilizada para efectuar la evaluación de un impacto dependerá, en gran medida, de la subjetividad con que sea tomada por el evaluador, por lo tanto, los resultados obtenidos pueden ser diferentes según el evaluador y el momento en que se efectúe el análisis.

En los cuadros siguientes se muestran las matrices de calificación y resumen de impactos ambientales para las obras comprendidas dentro del proyecto; en dicho cuadro se observan las calificaciones asignadas a los impactos se consideran negativos y que se generarán en las diferentes etapas del proyecto.

Los impactos positivos estarán relacionados con la generación de empleos de manera directa e indirecta, por la contratación de mano de obra local no especializada, así como la consolidación de procesos de mejora para el desarrollo de la zona, que traen consigo beneficios en el entorno local en materia de desarrollo social y económico de sus habitantes. Dada la naturaleza positiva de los impactos que se generarán en el aspecto socio- económico, estas interacciones no se incluyeron en el análisis matricial presentado, puesto que para ellos no existirá una medida de mitigación como tal.

A continuación, se presentan las matrices de interacción de impactos ambientales para el proyecto en evaluación, y posterior a ellas, se presenta la descripción de los impactos ambientales identificados por elemento ambiental.

Cuadro 4.5 Matriz de calificación de impactos ambientales para la etapa de preparación del sitio.

Actividades			Preparación del sitio																		
			Actividades del Cambio de Uso de Suelo					Limpieza del terreno					Relleno y Terracerías					Topografía y Nivelación				
Criterios			P	De	M	Du	S	P	De	M	Du	S	P	De	M	Du	S	P	De	M	Du	S
Factores Ambientales	Suelo	Topografía	1	0.2	20	10	3.28	0.2	0.8	20	1	0.524	1	0.8	20	10	4.12	1	0.8	20	10	4.12
		Erosión	1	0.2	40	10	3.56	0.3	0.8	20	1	0.636	0.3	0.8	20	1	0.636	1	0.8	20	1	1.42
		Almacenamiento de Carbono	1	0.2	20	10	3.28	0.3	0.8	20	1	0.636	0.1	0.8	20	10	3.112	1	0.8	20	1	1.42
		Calidad del Suelo	1	0.2	40	1	0.86	0.3	0.8	20	1	0.636	0.5	0.8	20	1	0.86	1	0.8	20	1	1.42
	Agua	Calidad del Agua Superficial y subterránea	1	0.2	50	1	1	0.3	0.8	30	1	0.804	0.5	0.8	30	1	1.14	1	0.8	30	1	1.98
		Captación e Infiltración del Agua	1	0.2	50	10	3.7	0.3	0.8	30	1	0.804	0.5	0.8	30	10	3.84	1	0.8	30	1	1.98
	Aire	Emisiones Atm. / Partículas Susp.	1	0.2	60	1	1.14	0.5	0.8	40	1	1.42	1	0.8	40	1	2.54	1	0.8	40	1	2.54
		Ruido	1	0.2	60	1	1.14	0.5	0.8	40	1	1.42	1	0.8	40	1	2.54	1	0.8	40	1	2.54
	Flora	Riqueza específica	1	0.2	60	10	3.84	0.1	0.8	20	1	0.412	0.2	0.8	20	1	0.524	0.2	0.8	20	1	0.524
		Diversidad	1	0.2	60	10	3.84	0.1	0.8	20	1	0.412	0.2	0.8	20	1	0.524	0.2	0.8	20	1	0.524
	Fauna	Desplazamiento de Fauna	1	0.2	60	10	3.84	0.3	0.8	20	1	0.636	0.3	0.8	20	1	0.636	0.3	0.8	20	1	0.636
		Biodiversidad	1	0.2	60	10	3.84	0.1	0.8	20	1	0.412	0.2	0.8	20	1	0.524	0.3	0.8	20	1	0.636
	Paisaje	Unidades Paisajísticas Afectadas	1	0.2	20	10	3.28	1	0.8	20	1	1.42	0.5	0.8	20	1	0.86	1	0.8	20	1	1.42

Significancia ambiental de los impactos.		
Atributo	Calificación	Rangos**
Significancia (S)	Muy Baja	0 – 1
	Baja	1 – 2
	Media o Moderada	3 – 6
	Alta	7 – 8
	Muy Alta	9 – 10

Cuadro 4.6 Matriz de calificación de impactos ambientales para la etapa de construcción

Actividades			Construcción																		
			Vialidades					Red Eléctrica y Alumbrado					Red hidráulica y Sanitaria					Áreas Verdes y Acabados				
Criterios			P	De	M	Du	S	P	De	M	Du	S	P	De	M	Du	S	P	De	M	Du	S
Factores Ambientales	Suelo	Topografía	0.7	0.7	20	10	2.786	0.3	0.7	20	1	0.594	1	0.5	30	1	1.35	0.3	0.8	20	1	0.636
		Erosión	0.7	0.7	30	1	1.239	0.3	0.7	20	1	0.594	0.5	0.5	30	1	0.825	0.3	0.8	20	1	0.636
		Almacenamiento de Carbono	0.1	0.7	30	10	0.447	0.1	0.7	10	1	0.349	0.3	0.5	20	1	0.51	0.3	0.8	20	1	0.636
		Calidad del Suelo	1	0.7	40	1	2.26	0.4	0.7	30	1	0.888	0.7	0.5	40	1	1.28	0.3	0.8	20	1	0.636
	Agua	Calidad del Agua Superficial y subterránea	0.4	0.7	40	1	0.904	0.1	0.7	30	1	0.447	0.7	0.5	50	1	1.525	0.3	0.8	10	1	0.468
		Captación e Infiltración del Agua	1	0.7	40	1	2.26	0.1	0.7	10	1	0.349	1	0.5	40	1	1.7	0.3	0.8	10	1	0.468
	Aire	Emisiones Atm. / Partículas Susp.	1	0.7	60	1	3.24	1	0.7	50	1	2.75	1	0.5	40	1	1.7	0.7	0.8	30	1	1.476
		Ruido	1	0.7	60	1	3.24	1	0.7	50	1	2.75	1	0.5	40	1	1.7	0.7	0.8	30	1	1.476
	Flora	Riqueza específica	0.2	0.7	20	1	0.256	0.1	0.7	10	1	0.349	0.2	0.5	20	1	0.44	0.2	0.8	10	1	0.412
		Diversidad	0.2	0.7	20	1	0.256	0.1	0.7	20	1	0.398	0.2	0.5	20	1	0.44	0.2	0.8	10	1	0.412
	Fauna	Desplazamiento de Fauna	0.5	0.7	30	1	0.885	0.3	0.7	20	1	0.594	0.5	0.5	30	1	0.825	0.2	0.8	10	1	0.412
		Biodiversidad	0.2	0.7	20	1	0.256	0.1	0.7	30	1	0.447	0.2	0.5	20	1	0.44	0.2	0.8	10	1	0.412
	Paisaje	Unidades Paisajísticas Afectadas	1	0.7	20	1	1.28	1	0.7	20	1	1.28	0.7	0.5	20	1	0.79	1	0.8	20	1	1.42

Significancia ambiental de los impactos.		
Atributo	Calificación	Rangos**
Significancia (S)	Muy Baja	0 – 0.9
	Baja	1 – 2
	Media o Moderada	2 – 5
	Alta	6 – 8
	Muy Alta	9 – 10

Cuadro 4.7 Matriz de calificación de impactos ambientales para la etapa de operación y mantenimiento

Actividades			Operación y Mantenimiento													
			Venta y Comercialización de Lotes					Funcionamiento del Desarrollo Habitacional					Mantenimiento a Infraestructura Básica			
Criterios			P	De	M	Du	S	P	De	M	Du	S	P	De	M	Du	S
Factores Ambientales	Suelo	Topografía	0.1	0.1	10	1	0.037	0.1	0.1	10	10	3.007	0.1	0.8	10	1	0.356
		Erosión	0.1	0.1	10	1	0.037	0.1	0.1	10	10	3.007	0.1	0.8	10	1	0.356
		Almacenamiento de Carbono	0.1	0.1	10	1	0.037	0.1	0.1	10	10	3.007	0.1	0.8	10	1	0.356
		Calidad del Suelo	0.1	0.1	10	1	0.037	0.5	0.1	10	10	3.035	0.1	0.8	10	1	0.356
	Agua	Calidad del Agua Superficial y subterránea	0.1	0.1	10	1	0.037	0.5	0.1	10	10	3.035	0.1	0.8	10	1	0.356
		Captación e Infiltración del Agua	0.1	0.1	10	1	0.037	0.5	0.1	10	10	3.035	0.1	0.8	10	1	0.356
	Aire	Emisiones Atm. / Partículas Susp.	0.2	0.1	10	1	0.074	0.5	0.1	10	10	3.035	0.5	0.8	10	1	0.58
		Ruido	0.5	0.1	10	1	0.185	1	0.1	10	10	3.07	0.7	0.8	10	1	0.692
	Flora	Riqueza específica	0.1	0.1	10	1	0.037	0.1	0.1	10	10	3.007	0.1	0.8	10	1	0.356
		Diversidad	0.1	0.1	10	1	0.037	0.1	0.1	10	10	3.007	0.1	0.8	10	1	0.356
	Fauna	Desplazamiento de Fauna	0.3	0.1	10	1	0.111	1	0.1	10	10	3.07	0.5	0.8	10	1	0.58
		Biodiversidad	0.1	0.1	10	1	0.037	0.1	0.1	10	10	3.007	0.1	0.8	10	1	0.356
	Paisaje	Unidades Paisajísticas Afectadas	0.1	0.1	10	1	0.037	1	0.1	10	10	3.07	0.5	0.8	10	1	0.58

Significancia ambiental de los impactos.		
Atributo	Calificación	Rangos**
Significancia (S)	Muy Baja	0 – 0.9
	Baja	1 – 2
	Media o Moderada	2 – 5
	Alta	6 – 8
	Muy Alta	9 – 10

Se analizaron un total de 143 interacciones entre factores ambientales y actividades del proyecto, distribuidos de la siguiente manera:

Cuadro 4.8 Resumen de impactos detectados por etapa

Etapa	Impactos identificados	Porcentaje (%)
Preparación del sitio	52	36.36 %
Construcción	52	36.36 %
Operación y Mantenimiento	39	27.28 %
Total	143	100.00 %

A continuación, se describen los impactos ambientales identificados, agrupados de acuerdo a la **etapa del proyecto** y **factor ambiental** en el que se presentan:

IV.1.1.4 DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DURANTE LA ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO.

La etapa de preparación del sitio constituye el conjunto de actividades mediante las cuales se liberarán, delimitarán y acondicionarán las superficies necesarias para posteriormente ejecutar la infraestructura básica del proyecto de lotificación habitacional. Esta etapa comprende tanto las actividades directamente relacionadas con el **Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF)** como aquellas necesarias para la limpieza, conformación y preparación general del terreno.

En particular, las actividades asociadas al CUSTF implicarán la delimitación de las superficies autorizadas, identificación y marcaje de ejemplares, ejecución de acciones de rescate y reubicación de flora y fauna, remoción gradual de la vegetación, manejo del material vegetal, despalme y recuperación del suelo. De manera complementaria, se realizarán actividades de limpieza, relleno, terracerías, topografía y nivelación, orientadas a generar las condiciones físicas necesarias para la posterior ejecución de las vialidades y redes de infraestructura.

Los impactos ambientales derivados de esta etapa se relacionan principalmente con la remoción de cobertura vegetal, modificación temporal de las condiciones superficiales del suelo, movimiento de materiales, tránsito y operación de maquinaria, generación de partículas y ruido, modificación de patrones locales de escurrimiento y desplazamiento temporal de fauna. La magnitud de estos efectos dependerá de la superficie efectivamente intervenida, de la duración de cada actividad y de la aplicación de las medidas de manejo ambiental previstas.

SUELO

TOPOGRAFÍA

Las actividades de preparación del sitio producirán modificaciones localizadas en la configuración superficial del terreno como consecuencia de las labores de despalme, relleno, terracerías y nivelación, así como por el movimiento y redistribución de materiales requerido para generar las condiciones de desplante de las obras posteriores.

El efecto será particularmente asociado con las actividades de relleno y terracerías y de topografía y nivelación, para las cuales la matriz asigna una significancia de 4.12, mientras que las actividades directamente relacionadas con el CUSTF presentan una significancia de 3.28. La limpieza del terreno presenta una interacción de menor magnitud, con un valor de 0.524.

La modificación topográfica no se considera extensiva a escala regional, debido a que las obras se desarrollarán dentro de los límites del predio y estarán orientadas a conformar las superficies necesarias para las vialidades, lotes e infraestructura. Asimismo, las condiciones actuales del terreno, caracterizadas por pendientes predominantemente bajas, permiten que las modificaciones de relieve sean principalmente de carácter local.

Por lo anterior, el impacto sobre la topografía se considera directo, localizado y de significancia moderada, particularmente durante las actividades de relleno, terracerías y nivelación. Una vez concluida la conformación del terreno, la modificación permanecerá asociada a la configuración física establecida para el desarrollo.

EROSIÓN

La remoción de la cobertura vegetal, el despalme y la exposición temporal del suelo incrementarán su susceptibilidad a procesos erosivos, principalmente durante los periodos en que las superficies permanezcan sin cobertura y estén expuestas a la acción de la precipitación y del escurrimiento superficial.

El efecto adquiere mayor relevancia durante las actividades asociadas al CUSTF, para las cuales se obtuvo una significancia de 3.56. En contraste, la limpieza del terreno y el relleno y terracerías presentan valores de 0.636, mientras que la topografía y nivelación alcanza 1.42.

La susceptibilidad será temporal y estará asociada principalmente a superficies en proceso de preparación. La condición de baja pendiente del terreno contribuye a limitar la generación de procesos erosivos intensos; sin embargo, la eliminación de la cobertura vegetal puede favorecer el desprendimiento y transporte de partículas durante eventos de lluvia.

En consecuencia, el impacto se considera directo, localizado y de significancia moderada durante la remoción de vegetación, con posibilidad de control mediante la ejecución progresiva de los trabajos, estabilización de superficies, manejo de escurrimientos y aplicación de medidas para evitar el arrastre de sedimentos hacia áreas colindantes.

ALMACENAMIENTO DE CARBONO

La remoción de la vegetación forestal implicará una disminución localizada del carbono almacenado en la biomasa vegetal existente dentro de los polígonos sujetos a CUSTF. Esta afectación se concentra en los 0.855907 ha de VSa/SBC, superficie que representa aproximadamente el 12.17 % del predio y cuya remoción constituye la modificación permanente de la cobertura forestal prevista por el proyecto.

El efecto será directo y permanente en la superficie forestal removida, debido a la sustitución de la cobertura vegetal por el uso habitacional e infraestructura proyectados. No obstante, su incidencia territorial es reducida respecto de la superficie de VSa/SBC identificada en la Región Ecológica, ya que los 0.8559 ha representan aproximadamente 0.25 % de las 344.2548 ha regionales de esta comunidad vegetal.

Por tanto, la afectación sobre el almacenamiento de carbono se considera localizada y de significancia moderada, debiendo ser atendida mediante las medidas de manejo de vegetación, rescate de ejemplares, recuperación de suelo y compensación ambiental previstas para el proyecto.

CALIDAD DEL SUELO

La calidad del suelo podrá verse modificada durante la preparación del sitio como consecuencia del despalme, remoción de la capa superficial, movimiento de materiales, tránsito de maquinaria y manejo de residuos. Estas actividades pueden producir alteraciones físicas relacionadas con compactación, pérdida o mezcla del horizonte superficial y modificación de sus condiciones naturales.

La mayor significancia se presenta durante las actividades del CUSTF, con un valor de 0.86, mientras que limpieza del terreno presenta 0.636, relleno y terracerías 0.86 y topografía y nivelación 1.42.

A diferencia de la remoción de vegetación, la alteración de la calidad edáfica puede evitarse o reducirse mediante el manejo adecuado del suelo producto del despalme, evitando su mezcla con materiales de construcción o residuos y restringiendo el tránsito de maquinaria a las superficies destinadas para ello.

En este sentido, el impacto se considera directo, localizado y de significancia baja a muy baja, con mayor probabilidad de ocurrencia en las áreas donde se concentren las actividades de movimiento de tierras.

AGUA

CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

Durante la preparación del sitio existe un riesgo potencial de alteración de la calidad del agua superficial y, en menor medida, del agua subterránea, principalmente por el arrastre de sedimentos provenientes de superficies desnudas, así como por la posibilidad de derrames accidentales de combustibles, lubricantes u otras sustancias utilizadas durante la operación y mantenimiento de la maquinaria.

La naturaleza del impacto será predominantemente indirecta, ya que no se contempla durante esta etapa una descarga deliberada de aguas residuales hacia cuerpos de agua. El principal mecanismo de interacción corresponde al transporte de partículas y posibles contaminantes desde las áreas de trabajo hacia zonas de drenaje natural.

Debido a ello, el impacto se considera localizado y de significancia baja, cuya magnitud dependerá principalmente del control de sedimentos, del manejo de combustibles y lubricantes y de la prevención de derrames durante la operación de maquinaria.

CAPTACIÓN E INFILTRACIÓN DEL AGUA

La modificación de la cobertura superficial y la compactación progresiva de determinadas áreas pueden alterar temporalmente la relación entre escurrimiento superficial e infiltración. Este efecto será más evidente en las superficies sometidas a despalme, relleno, terracerías y nivelación.

El efecto se relaciona con la eliminación de la vegetación y de parte de las condiciones naturales de la superficie edáfica, así como con la compactación derivada del tránsito de maquinaria y la conformación del terreno. No obstante, durante esta etapa la modificación será progresiva y estará limitada espacialmente a las superficies que sean efectivamente acondicionadas.

Considerando las condiciones topográficas del predio y la necesidad de mantener funcional el drenaje superficial durante la ejecución de las obras, el impacto se considera directo, localizado y de significancia moderada, principalmente para las actividades del CUSTF y de relleno y terracerías.

AIRE

EMISIONES ATMOSFÉRICAS Y PARTÍCULAS SUSPENDIDAS

Durante la preparación del sitio se generarán emisiones atmosféricas principalmente por la operación de maquinaria pesada y vehículos de transporte, asociadas con la combustión de diésel y gasolina. Adicionalmente, las actividades de limpieza, despalme, movimiento de tierras, relleno y terracerías favorecerán la generación temporal de partículas suspendidas por la remoción y manipulación de materiales.

La generación de partículas será particularmente dependiente de las condiciones de humedad del suelo, intensidad del tránsito y duración de las actividades. Se tratará de un efecto temporal, localizado y reversible una vez que concluya el movimiento de materiales y se estabilicen las superficies.

En consecuencia, el impacto sobre la calidad del aire se considera directo, temporal y de significancia baja a moderada, con mayor intensidad durante las actividades de relleno, terracerías y nivelación.

RUIDO

La operación de maquinaria, vehículos y equipos durante la preparación del sitio producirá un incremento temporal de los niveles de presión sonora respecto de las condiciones existentes.

El impacto será principalmente puntual o localizado alrededor de los frentes de trabajo, disminuyendo con la distancia y cesando cuando deje de operar la maquinaria. Asimismo, su intensidad estará condicionada por el número y tipo de equipos utilizados y por la duración de las jornadas de trabajo.

Por lo anterior, se considera un impacto directo, temporal, localizado y de significancia baja a moderada.

FLORA

RIQUEZA ESPECÍFICA

La afectación sobre la riqueza específica se concentrará en la superficie de 0.855907 ha de VSa/SBC sujeta a CUSTF, donde la remoción de vegetación implicará la eliminación directa de individuos y de la cobertura vegetal existente.

En el área de CUSTF fueron registradas 20 especies, todas ellas representadas también dentro de la VSa/SBC de la Región Ecológica. En consecuencia, aunque la preparación del sitio ocasionará una pérdida local de individuos, no se identificaron especies exclusivas del polígono forestal cuya remoción implique una pérdida de componentes florísticos no representados regionalmente.

La matriz asigna una significancia de 3.84 a la interacción entre las actividades del CUSTF y la riqueza específica, mientras que limpieza del terreno, relleno y terracerías y topografía y nivelación presentan valores de 0.412, 0.524 y 0.524, respectivamente.

Por tanto, el impacto será directo y permanente sobre la cobertura forestal intervenida, aunque espacialmente localizado y de significancia moderada a escala del componente vegetal.

DIVERSIDAD

La remoción de la vegetación modificará la composición y estructura de la comunidad vegetal presente dentro de los polígonos forestales. En particular, se perderá la estructura vertical y horizontal actualmente conformada por los componentes arbóreo, arbustivo, bejuco, cactáceas/bromeliáceas terrestres, epífitas, herbáceas y palma.

No obstante, el análisis comparativo demostró que la totalidad de las especies registradas en el CUSTF cuenta con representación dentro de la VSa/SBC de la Región Ecológica, mientras que la superficie forestal solicitada representa únicamente aproximadamente 0.25 % de la cobertura regional de este tipo de vegetación.
La matriz asigna a las actividades del CUSTF una significancia de 3.84, frente a valores de 0.412, 0.524 y 0.524 para las actividades restantes de preparación.

En consecuencia, el efecto sobre la diversidad será directo y permanente a escala local, pero reducido espacialmente a escala regional, por lo que se considera de significancia moderada para el sitio y manejable mediante las medidas de rescate, reubicación, conservación y compensación previstas.

FAUNA

DESPLAZAMIENTO DE FAUNA

La remoción progresiva de la vegetación, el tránsito de maquinaria, el ruido y la presencia de personal provocarán una modificación temporal de las condiciones de uso del hábitat, favoreciendo el desplazamiento de individuos hacia áreas adyacentes.

La caracterización faunística mostró que el área del proyecto constituye parte de un mosaico ambiental integrado por VSa/SBC y pastizal cultivado. De las 34 especies registradas en la VSa/SBC del CUSTF, 28 también fueron identificadas en la vegetación equivalente de la Región Ecológica, equivalente a una correspondencia del 82.35 %.

El efecto será predominantemente temporal y reversible para la fauna móvil, mientras que los organismos de baja movilidad y aquellos que utilicen refugios, cavidades, hojarasca o vegetación serán los más susceptibles a afectaciones directas durante el desmonte.

Por ello, el impacto se considera directo, temporal y de significancia moderada, siendo indispensable realizar ahuyentamiento preventivo, recorridos de inspección, rescate y reubicación antes y durante la liberación de los frentes de trabajo.

BIODIVERSIDAD

La modificación de la cobertura vegetal y la perturbación temporal del hábitat producirán una afectación localizada sobre la biodiversidad faunística. Sin embargo, la información obtenida indica que las comunidades registradas no se encuentran restringidas exclusivamente a los polígonos sujetos a CUSTF.

El impacto será mayor durante la remoción de vegetación, debido a que esta actividad elimina directamente refugios, sitios de alimentación y elementos estructurales utilizados por diferentes especies. No obstante, la elevada correspondencia entre la fauna del CUSTF y la registrada regionalmente, así como la

movilidad de buena parte de los grupos faunísticos, permiten considerar que la afectación no comprometerá la permanencia regional de las comunidades.

Se considera, por tanto, un impacto directo, localizado y de significancia moderada, condicionado a la aplicación efectiva de las medidas de manejo de fauna.

PAISAJE

UNIDADES PAISAJÍSTICAS AFECTADAS

La preparación del sitio modificará temporalmente la percepción visual del predio debido a la remoción de vegetación, presencia de maquinaria, acumulación y movimiento de materiales y transformación progresiva de las superficies naturales y seminaturales.

La afectación será principalmente local, debido a que las modificaciones visuales estarán restringidas al predio y serán apreciables principalmente desde los puntos de observación cercanos. Durante la preparación, el paisaje adquirirá un carácter temporal de obra, caracterizado por superficies desnudas, maquinaria, movimientos de tierra y ausencia parcial de la cobertura vegetal.

Posteriormente, esta condición evolucionará hacia la configuración urbana prevista para el proyecto, por lo que el impacto paisajístico debe entenderse como una transformación progresiva del carácter visual del sitio, más que como una afectación generalizada del paisaje regional.

En función de su alcance espacial y de las condiciones actuales de transformación del entorno, se considera un impacto directo, localizado y de significancia moderada para las actividades del CUSTF y baja para las demás actividades de preparación.

Cuadro 4.9 Síntesis de los impactos ambientales identificados durante la etapa de preparación del sitio

Actividad	Factor ambiental	Impacto ambiental identificado	Naturaleza	Duración	Significancia (S)	Nivel
Actividades del CUSTF	Suelo – Topografía	Modificación de la configuración superficial del terreno por remoción de vegetación, despalme y acondicionamiento de la superficie	Adverso	Permanente	3.28	Media / Moderada
Actividades del CUSTF	Suelo – Erosión	Incremento de la susceptibilidad del suelo a procesos erosivos debido a	Adverso	Temporal	3.56	Media / Moderada

		la remoción de la cobertura vegetal y exposición de la superficie edáfica				
Actividades del CUSTF	Suelo – Almacenamiento de carbono	Disminución localizada del carbono almacenado en la biomasa vegetal como consecuencia de la remoción de la cobertura forestal	Adverso	Permanente	3.28	Media / Moderada
Actividades del CUSTF	Agua – Captación e infiltración	Modificación de las condiciones de infiltración y escurrimiento superficial asociada con la remoción de vegetación y alteración del suelo	Adverso	Permanente	3.70	Media / Moderada
Actividades del CUSTF	Aire – Emisiones y partículas	Generación temporal de emisiones y partículas suspendidas por remoción de vegetación, despalme y operación de maquinaria	Adverso	Temporal	1.14	Baja
Actividades del CUSTF	Aire – Ruido	Incremento temporal de los niveles de ruido por operación de maquinaria y vehículos	Adverso	Temporal	1.14	Baja
Actividades del CUSTF	Flora – Riqueza específica	Remoción directa de individuos y pérdida localizada de especies vegetales dentro de la superficie sujeta a CUSTF	Adverso	Permanente	3.84	Media / Moderada
Actividades del CUSTF	Flora – Diversidad	Modificación y pérdida de la estructura y composición de la comunidad vegetal dentro de la superficie forestal	Adverso	Permanente	3.84	Media / Moderada
Actividades del CUSTF	Fauna – Desplazamiento	Perturbación y desplazamiento temporal de individuos por pérdida de cobertura, ruido, presencia humana y operación de maquinaria	Adverso	Temporal	3.84	Media / Moderada
Actividades del CUSTF	Fauna – Biodiversidad	Alteración localizada de las condiciones de hábitat, refugio y disponibilidad de recursos para la fauna	Adverso	Permanente	3.84	Media / Moderada
Actividades del CUSTF	Paisaje	Modificación de la unidad paisajística por remoción de vegetación y transformación de la cobertura del terreno	Adverso	Permanente	3.28	Media / Moderada
Limpieza del terreno	Aire – Emisiones y partículas	Generación temporal de partículas y emisiones por limpieza, manipulación de materiales y operación de maquinaria	Adverso	Temporal	1.42	Baja
Limpieza del	Aire – Ruido	Incremento temporal de	Adverso	Temporal	1.42	Baja

terreno		los niveles de ruido por maquinaria y vehículos				
Limpieza del terreno	Paisaje	Alteración temporal de la percepción visual del terreno por retiro de materiales y presencia de maquinaria	Adverso	Temporal	1.42	Baja
Relleno y terracerías	Suelo – Topografía	Modificación de la configuración superficial mediante relleno, corte y conformación del terreno	Adverso	Permanente	4.12	Media / Moderada
Relleno y terracerías	Suelo – Almacenamiento de carbono	Transformación localizada de las superficies previamente intervenidas y consolidación del uso proyectado	Adverso	Permanente	3.112	Media / Moderada
Relleno y terracerías	Agua – Captación e infiltración	Modificación de la infiltración y aumento potencial del escurrimiento por compactación y conformación del terreno	Adverso	Permanente	3.84	Media / Moderada
Relleno y terracerías	Aire – Emisiones y partículas	Generación de partículas suspendidas y emisiones por movimiento, transporte y compactación de materiales	Adverso	Temporal	2.54	Media / Moderada
Relleno y terracerías	Aire – Ruido	Incremento temporal de los niveles sonoros por maquinaria pesada y vehículos	Adverso	Temporal	2.54	Media / Moderada
Topografía y nivelación	Suelo – Topografía	Modificación de la configuración superficial del terreno para alcanzar las cotas establecidas en el proyecto	Adverso	Permanente	4.12	Media / Moderada
Topografía y nivelación	Suelo – Erosión	Exposición y alteración temporal de superficies susceptibles a erosión durante los trabajos de nivelación	Adverso	Temporal	1.42	Baja
Topografía y nivelación	Suelo – Calidad	Compactación y modificación de las características físicas superficiales del suelo	Adverso	Permanente	1.42	Baja
Topografía y nivelación	Agua – Calidad	Posible incorporación de sedimentos al escurrimiento superficial durante el movimiento de tierras	Adverso	Temporal	1.98	Baja
Topografía y nivelación	Agua – Captación e infiltración	Alteración de la relación entre escurrimiento e infiltración por conformación y compactación del terreno	Adverso	Permanente	1.98	Baja
Topografía y	Aire – Emisiones y	Generación temporal de	Adverso	Temporal	2.54	Media /

nivelación	partículas	partículas durante el movimiento y nivelación de materiales				Moderada
Topografía y nivelación	Aire – Ruido	Incremento temporal de ruido por operación de maquinaria y equipos	Adverso	Temporal	2.54	Media / Moderada
Topografía y nivelación	Paisaje	Modificación de la configuración visual del terreno durante la conformación de las superficies	Adverso	Permanente	1.42	Baja

Nota: Las interacciones con valores de significancia inferiores a 1.0 se consideran de muy baja incidencia ambiental. Su atención queda comprendida dentro de las medidas generales de prevención, mitigación y manejo ambiental establecidas para la etapa de preparación del sitio.

De manera integral, la etapa de preparación del sitio concentra sus principales efectos ambientales en la remoción de la cobertura vegetal asociada al Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales y en las actividades posteriores de conformación del terreno. Los impactos de mayor significancia corresponden a la modificación de la topografía, el incremento de la susceptibilidad a la erosión, la alteración de las condiciones de captación e infiltración del agua, así como la modificación de la riqueza, diversidad y estructura de la vegetación y el desplazamiento de fauna.

Los efectos sobre aire, agua superficial y subterránea, calidad del suelo y paisaje presentan, en términos generales, una incidencia baja o muy baja, con excepción de la generación de partículas y ruido durante las actividades de relleno, terracerías y nivelación, que alcanzan una significancia media o moderada. En conjunto, los impactos identificados se encuentran espacialmente delimitados al área de intervención y, en aquellos asociados con maquinaria, movimiento de materiales y exposición temporal del suelo, presentan una duración predominantemente temporal.

Particularmente para los componentes bióticos, la afectación se concentra en los polígonos de CUSTF. La remoción de 0.855907 ha de VSa/SBC representa una afectación directa y permanente a escala local; sin embargo, el análisis comparativo mostró que las 20 especies de flora registradas en el CUSTF también se encuentran representadas en la Región Ecológica, mientras que el 82.35 % de las especies de fauna registradas en la VSa/SBC del CUSTF cuenta con representación regional. Por lo tanto, la preparación del sitio producirá una modificación localizada de las condiciones actuales, pero no se prevé, con base en la información analizada, una pérdida de la representatividad regional de las comunidades bióticas.

En consecuencia, la prevención, mitigación, rescate, reubicación, manejo y seguimiento de los componentes ambientales deberán concentrarse en los frentes de trabajo durante la liberación progresiva de las superficies, particularmente en las

actividades de desmonte, despalme, movimiento de tierras y conformación del terreno, con el propósito de reducir la magnitud efectiva de los impactos identificados y evitar que las interacciones de carácter potencial se traduzcan en afectaciones ambientales adicionales.

IV.1.1.5 DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DURANTE LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

Una vez concluidas las actividades de preparación del sitio, la etapa de construcción comprende la ejecución de las obras de infraestructura básica necesarias para habilitar el desarrollo habitacional. De acuerdo con el alcance del proyecto, estas actividades corresponden principalmente a la construcción de vialidades, redes eléctrica y de alumbrado, redes hidráulica y sanitaria, así como áreas verdes y trabajos de acabado.

Las interacciones ambientales durante esta etapa estarán relacionadas principalmente con el movimiento y colocación de materiales, excavaciones para instalaciones subterráneas, compactación y conformación de superficies, operación de maquinaria y equipos, generación temporal de emisiones y ruido, así como con la incorporación progresiva de elementos constructivos al terreno. La matriz de evaluación muestra que los impactos de mayor magnitud se concentran principalmente en aire, particularmente por emisiones, partículas suspendidas y ruido durante la construcción de vialidades e instalaciones, así como en suelo y agua por la modificación de las condiciones físicas del terreno y de los procesos de infiltración. Las interacciones con flora y fauna presentan valores de significancia predominantemente muy bajos.

SUELO

TOPOGRAFÍA

Durante la construcción se producirán modificaciones adicionales y localizadas de la configuración superficial del terreno como consecuencia de la ejecución de vialidades, excavaciones para redes de infraestructura y conformación de las superficies requeridas para las obras. La construcción de vialidades constituye la principal interacción con este componente, con una significancia de 2.786, mientras que las redes eléctrica y de alumbrado presentan 0.594, la red hidráulica y sanitaria 1.35 y las áreas verdes y acabados 0.636.

La modificación topográfica estará vinculada principalmente con la conformación de las estructuras de las vialidades y con la ejecución de excavaciones y rellenos

asociados a las instalaciones subterráneas. Debido a que estas actividades se desarrollarán sobre superficies previamente preparadas y dentro de los límites del proyecto, el efecto será de carácter localizado.

Por lo anterior, el impacto sobre la topografía se considera directo, localizado y de significancia baja a moderada, concentrándose su mayor incidencia en la construcción de las vialidades.

EROSIÓN

Durante la construcción persistirá temporalmente la posibilidad de erosión en aquellas superficies que permanezcan expuestas como consecuencia de excavaciones, movimiento de materiales y conformación de las obras.

La susceptibilidad será mayor mientras las superficies no hayan sido estabilizadas mediante compactación, pavimentación o establecimiento de cobertura vegetal. Asimismo, las excavaciones para las redes de servicios podrán constituir zonas temporales de exposición del suelo.

En consecuencia, el impacto se considera directo, temporal y de significancia baja, con una incidencia localizada en los frentes de obra. Su magnitud podrá reducirse mediante la estabilización progresiva de superficies y el control de escurrimientos y materiales.

ALMACENAMIENTO DE CARBONO

La interacción con el almacenamiento de carbono durante esta etapa se relaciona principalmente con la transformación de las superficies previamente preparadas y con la incorporación de infraestructura que sustituirá de manera permanente las condiciones superficiales existentes.

Debe señalarse que la principal pérdida de biomasa y carbono asociada con la remoción de vegetación fue evaluada en la etapa de preparación del sitio y CUSTF. En la etapa constructiva, la interacción corresponde principalmente a la consolidación de los usos e infraestructura que ocuparán las superficies previamente intervenidas, por lo que no debe interpretarse como una segunda remoción de la cobertura forestal.

El efecto será permanente en las superficies ocupadas por infraestructura, aunque espacialmente delimitado al área del proyecto.

CALIDAD DEL SUELO

La calidad física del suelo podrá verse afectada por actividades de compactación, tránsito de maquinaria, excavaciones, incorporación de materiales y manipulación de insumos de construcción.

El efecto se relaciona principalmente con la modificación de las características físicas del suelo en las superficies donde se establecerán obras permanentes. Asimismo, existe un riesgo potencial de deterioro de la calidad edáfica ante un manejo inadecuado de residuos, materiales o sustancias empleadas durante la construcción.

Por ello, el impacto se considera directo, localizado y de significancia baja a moderada, dependiendo de la superficie ocupada y del manejo que se realice de materiales y residuos.

AGUA

CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

Las actividades constructivas pueden generar una interacción potencial con la calidad del agua debido al arrastre de sedimentos, generación de residuos, manejo de materiales y posibilidad de derrames accidentales de combustibles, lubricantes u otras sustancias.

En esta etapa no se contempla una descarga intencional de aguas residuales asociada al proceso constructivo. La interacción se considera principalmente potencial y dependerá de las condiciones de manejo de los frentes de trabajo, particularmente durante excavaciones y movimiento de materiales.

Considerando el carácter localizado de las obras y la ausencia de descargas programadas durante la construcción, el impacto se considera directo-indirecto, temporal y de significancia baja, con posibilidad de prevención mediante el control de sedimentos, manejo adecuado de residuos y prevención de derrames.

CAPTACIÓN E INFILTRACIÓN DEL AGUA

La construcción de superficies compactadas y pavimentadas, así como la instalación de infraestructura subterránea, modificará las condiciones locales de infiltración y escurrimiento.

La principal modificación estará asociada con la incorporación de superficies impermeables correspondientes a las vialidades, que disminuirán localmente la infiltración directa y favorecerán el escurrimiento superficial. Por su parte, las excavaciones para las redes de servicios podrán producir modificaciones temporales de las condiciones de infiltración mientras permanezcan abiertas.

Dado que el proyecto se desarrolla en una zona con condiciones de baja pendiente y susceptibilidad preexistente a inundación, el manejo adecuado del agua pluvial constituye un aspecto relevante durante la construcción. El impacto se considera directo, localizado y de significancia baja a moderada, principalmente asociado con la construcción de vialidades.

AIRE

EMISIONES ATMOSFÉRICAS Y PARTÍCULAS SUSPENDIDAS

Durante la construcción se generarán emisiones atmosféricas derivadas de la operación de maquinaria, vehículos y equipos empleados para el transporte y colocación de materiales. De manera adicional, las actividades de excavación, movimiento, extendido y compactación de materiales podrán generar partículas suspendidas.

La generación de partículas será temporal y estará condicionada por la intensidad de los trabajos, las condiciones de humedad, el tránsito vehicular y el manejo de materiales. Las emisiones provenientes de motores estarán igualmente restringidas al periodo de operación de los equipos.

Por tanto, se trata de un impacto directo, temporal y localizado, cuya significancia varía de baja a moderada y alcanza sus mayores valores durante la construcción de vialidades y la instalación de redes.

RUIDO

La operación de maquinaria, vehículos y herramientas durante los trabajos constructivos producirá incrementos temporales en los niveles de ruido del sitio y su entorno inmediato.

El efecto estará restringido principalmente a los periodos de actividad de los equipos y disminuirá conforme aumenta la distancia respecto de los frentes de trabajo. Asimismo, su duración dependerá de la programación y avance de las distintas obras.

El impacto se considera directo, temporal, localizado y de significancia baja a moderada, sin constituir una modificación permanente de las condiciones acústicas del área.

FLORA

RIQUEZA ESPECÍFICA

Durante la construcción no se prevé una remoción adicional de vegetación forestal distinta de aquella considerada durante la etapa de preparación y CUSTF. Por ello, las interacciones con la riqueza específica corresponden principalmente a efectos indirectos y potenciales derivados del tránsito de maquinaria, generación de polvo, movimiento de materiales y actividades próximas a las áreas previamente intervenidas.

Los valores corresponden a una interacción de muy baja significancia, particularmente porque la vegetación forestal que constituye el objeto principal de conservación y manejo ya fue considerada en la etapa de CUSTF.

En consecuencia, el impacto sobre la riqueza específica durante la construcción se considera indirecto, localizado y de muy baja significancia, condicionado principalmente a evitar afectaciones fuera de las superficies autorizadas.

DIVERSIDAD

La construcción puede generar perturbaciones indirectas sobre las condiciones ambientales inmediatas de la vegetación remanente por polvo, tránsito, movimiento de materiales y presencia continua de personal.

Debido a que no se contempla una remoción adicional de vegetación forestal durante esta etapa, el efecto sobre la diversidad se considera indirecto, localizado, temporal y de muy baja significancia.

La principal medida de control consistirá en mantener claramente delimitadas las superficies de trabajo y evitar el depósito de materiales, residuos o circulación de maquinaria sobre áreas de vegetación que no formen parte de los frentes autorizados.

FAUNA

DESPLAZAMIENTO DE FAUNA

Durante la construcción persistirán factores de perturbación asociados con la presencia de trabajadores, maquinaria, vehículos, ruido y modificación progresiva de las superficies, los cuales pueden provocar el desplazamiento temporal de individuos hacia sectores menos perturbados.

La construcción de vialidades presenta una significancia de 0.885, mientras que la red eléctrica y alumbrado alcanza 0.594, la red hidráulica y sanitaria 0.825 y las áreas verdes y acabados 0.412.

Los efectos serán principalmente sobre especies con capacidad de desplazamiento y estarán vinculados con la intensidad y duración de las actividades. Para especies de baja movilidad, el riesgo puede estar asociado a excavaciones, acumulación de materiales o presencia de refugios temporales dentro de los frentes de trabajo.

Por lo anterior, el impacto se considera directo-indirecto, temporal, localizado y de muy baja significancia, debiendo mantenerse durante la construcción las medidas de inspección, rescate y manejo de fauna establecidas para el proyecto.

BIODIVERSIDAD

La biodiversidad faunística podrá experimentar una perturbación indirecta como consecuencia de la transformación progresiva del hábitat y de la presencia constante de actividades constructivas. La matriz asigna valores de 0.256 para vialidades, 0.447 para red eléctrica y alumbrado, 0.440 para red hidráulica y sanitaria y 0.412 para áreas verdes y acabados.

Considerando que la mayor modificación del hábitat y el desplazamiento asociado a la remoción de vegetación fueron evaluados durante la preparación del sitio, en esta etapa la interacción se limita principalmente a la perturbación derivada de las obras.

En consecuencia, el impacto sobre la biodiversidad se considera indirecto, localizado, temporal y de muy baja significancia, siempre que las actividades permanezcan dentro de las superficies previstas y se mantengan las medidas de protección de fauna.

PAISAJE

UNIDADES PAISAJÍSTICAS AFECTADAS

Durante la construcción se producirá una transformación progresiva de la percepción visual del predio debido a la presencia de maquinaria, materiales, estructuras en proceso de construcción y superficies pavimentadas. Los valores de significancia corresponden a 1.28 para vialidades, 1.28 para red eléctrica y alumbrado, 0.79 para red hidráulica y sanitaria y 1.42 para áreas verdes y acabados.

La modificación será perceptible principalmente desde puntos de observación próximos al proyecto y estará asociada al proceso normal de urbanización. Durante la ejecución de las obras, el paisaje presentará un carácter temporal de construcción; posteriormente, la incorporación de vialidades, áreas verdes y demás elementos de infraestructura dará lugar a una configuración habitacional permanente.

El impacto se considera directo, localizado y de significancia baja, con una duración temporal para los elementos propios del proceso constructivo y permanente para aquellos elementos de infraestructura que formarán parte del desarrollo.

Cuadro 4.10 Síntesis de los impactos ambientales identificados durante la etapa de construcción

Actividad	Factor ambiental	Impacto ambiental identificado	Naturaleza	Duración	Significancia (S)	Nivel
Vialidades principales y secundarias	Suelo – Topografía	Modificación de la configuración superficial del terreno mediante la conformación y construcción de las vialidades	Adverso	Permanente	2.786	Media / Moderada
Vialidades principales y secundarias	Suelo – Erosión	Incremento temporal de la susceptibilidad a erosión durante la conformación y estabilización de las superficies	Adverso	Temporal	1.239	Baja
Vialidades principales y secundarias	Suelo – Almacenamiento de carbono	Modificación permanente de la capacidad de almacenamiento asociada con la transformación de las superficies ocupadas por vialidades	Adverso	Permanente	3.129	Media / Moderada
Vialidades principales y secundarias	Suelo – Calidad	Compactación y modificación de las características físicas del suelo por conformación de la estructura vial y tránsito	Adverso	Permanente	2.260	Media / Moderada

		de maquinaria				
Vialidades principales y secundarias	Agua – Calidad	Posible incorporación de sedimentos y contaminantes al escurrimiento superficial durante los trabajos constructivos	Adverso	Temporal	0.904	Muy baja
Vialidades principales y secundarias	Agua – Captación e infiltración	Disminución localizada de la infiltración y modificación del escurrimiento por incorporación de superficies pavimentadas	Adverso	Permanente	2.260	Media / Moderada
Vialidades principales y secundarias	Aire – Emisiones/partículas	Generación de emisiones y partículas suspendidas por operación de maquinaria, vehículos y movimiento de materiales	Adverso	Temporal	3.240	Media / Moderada
Vialidades principales y secundarias	Aire – Ruido	Incremento temporal de los niveles de ruido por maquinaria, vehículos y actividades de construcción	Adverso	Temporal	3.240	Media / Moderada
Vialidades principales y secundarias	Flora – Riqueza específica	Perturbación indirecta sobre la vegetación remanente por polvo, tránsito y movimiento de materiales	Adverso	Temporal	0.256	Muy baja
Vialidades principales y secundarias	Flora – Diversidad	Alteración indirecta de las condiciones de la vegetación próxima a los frentes de trabajo	Adverso	Temporal	0.256	Muy baja
Vialidades principales y secundarias	Fauna – Desplazamiento	Perturbación y desplazamiento temporal de fauna por presencia humana, maquinaria y ruido	Adverso	Temporal	0.885	Muy baja
Vialidades principales y secundarias	Fauna – Biodiversidad	Perturbación temporal de las condiciones de hábitat por las actividades constructivas	Adverso	Temporal	0.256	Muy baja
Vialidades principales y secundarias	Paisaje	Modificación de la percepción visual por incorporación de infraestructura vial y presencia temporal de maquinaria y materiales	Adverso	Permanente	1.280	Baja
Red eléctrica y alumbrado	Suelo – Topografía	Modificación puntual de la superficie por excavaciones y colocación de infraestructura eléctrica	Adverso	Permanente	0.594	Muy baja
Red eléctrica y alumbrado	Suelo – Erosión	Exposición temporal de suelo durante excavaciones y colocación de infraestructura	Adverso	Temporal	0.594	Muy baja
Red eléctrica	Suelo –	Transformación localizada	Adverso	Permanente	0.349	Muy baja

y alumbrado	Almacenamiento de carbono	de superficies asociada con la instalación de infraestructura				
Red eléctrica y alumbrado	Suelo – Calidad	Compactación y modificación física puntual del suelo por excavaciones y tránsito	Adverso	Permanente	0.888	Muy baja
Red eléctrica y alumbrado	Agua – Calidad	Riesgo potencial de incorporación de sedimentos o contaminantes durante las excavaciones	Adverso	Temporal	0.447	Muy baja
Red eléctrica y alumbrado	Agua – Captación e infiltración	Modificación puntual de las condiciones de infiltración por excavaciones y colocación de infraestructura	Adverso	Temporal	0.349	Muy baja
Red eléctrica y alumbrado	Aire – Emisiones/partículas	Generación de emisiones y partículas durante excavaciones, transporte y operación de maquinaria	Adverso	Temporal	2.750	Media / Moderada
Red eléctrica y alumbrado	Aire – Ruido	Incremento temporal del ruido por operación de equipos y maquinaria	Adverso	Temporal	2.750	Media / Moderada
Red eléctrica y alumbrado	Flora – Riqueza específica	Perturbación indirecta de vegetación próxima a las áreas de instalación	Adverso	Temporal	0.349	Muy baja
Red eléctrica y alumbrado	Flora – Diversidad	Alteración indirecta de las condiciones de vegetación cercana	Adverso	Temporal	0.398	Muy baja
Red eléctrica y alumbrado	Fauna – Desplazamiento	Desplazamiento temporal de fauna por presencia de personal, equipos y ruido	Adverso	Temporal	0.594	Muy baja
Red eléctrica y alumbrado	Fauna – Biodiversidad	Perturbación localizada de las condiciones de hábitat	Adverso	Temporal	0.447	Muy baja
Red eléctrica y alumbrado	Paisaje	Incorporación de postes, luminarias y elementos de infraestructura al paisaje	Adverso	Permanente	1.280	Baja
Red hidráulica y sanitaria	Suelo – Topografía	Modificación puntual de la superficie por excavación, instalación y relleno de cepas	Adverso	Temporal	1.350	Baja
Red hidráulica y sanitaria	Suelo – Erosión	Exposición temporal del suelo durante la apertura de cepas y su posterior restitución	Adverso	Temporal	0.825	Muy baja
Red hidráulica y sanitaria	Suelo – Almacenamiento de carbono	Transformación localizada de superficies asociada con la instalación de las redes	Adverso	Permanente	0.510	Muy baja
Red hidráulica y sanitaria	Suelo – Calidad	Alteración física del suelo por excavación, relleno y tránsito de maquinaria	Adverso	Temporal	1.280	Baja
Red hidráulica y sanitaria	Agua – Calidad	Riesgo de incorporación de sedimentos y contaminantes durante	Adverso	Temporal	1.525	Baja

		excavaciones e instalación de tuberías				
Red hidráulica y sanitaria	Agua – Captación e infiltración	Modificación temporal de las condiciones de infiltración por apertura y relleno de cepas	Adverso	Temporal	1.700	Baja
Red hidráulica y sanitaria	Aire – Emisiones/partículas	Generación de partículas y emisiones por excavación, transporte y operación de maquinaria	Adverso	Temporal	1.700	Baja
Red hidráulica y sanitaria	Aire – Ruido	Incremento temporal del ruido durante excavaciones y colocación de infraestructura	Adverso	Temporal	1.700	Baja
Red hidráulica y sanitaria	Flora – Riqueza específica	Perturbación indirecta de la vegetación próxima a las zonas de excavación	Adverso	Temporal	0.440	Muy baja
Red hidráulica y sanitaria	Flora – Diversidad	Alteración indirecta de las condiciones ambientales de la vegetación cercana	Adverso	Temporal	0.440	Muy baja
Red hidráulica y sanitaria	Fauna – Desplazamiento	Perturbación y desplazamiento temporal de fauna por excavaciones, personal y maquinaria	Adverso	Temporal	0.825	Muy baja
Red hidráulica y sanitaria	Fauna – Biodiversidad	Alteración localizada y temporal de las condiciones de hábitat	Adverso	Temporal	0.440	Muy baja
Red hidráulica y sanitaria	Paisaje	Alteración temporal de la percepción visual por apertura de cepas, materiales y maquinaria	Adverso	Temporal	0.790	Muy baja
Áreas verdes y acabados	Suelo – Topografía	Modificación puntual de superficies para establecimiento y acondicionamiento de áreas verdes y acabados	Adverso	Permanente	0.636	Muy baja
Áreas verdes y acabados	Suelo – Erosión	Exposición temporal del suelo durante el acondicionamiento de superficies	Adverso	Temporal	0.636	Muy baja
Áreas verdes y acabados	Suelo – Almacenamiento de carbono	Modificación localizada de la capacidad de almacenamiento en superficies acondicionadas	Adverso	Permanente	0.636	Muy baja
Áreas verdes y acabados	Suelo – Calidad	Alteración física localizada por acondicionamiento y tránsito	Adverso	Temporal	0.636	Muy baja
Áreas verdes y acabados	Agua – Calidad	Riesgo potencial de incorporación de sedimentos y materiales durante los acabados	Adverso	Temporal	0.468	Muy baja
Áreas verdes y acabados	Agua – Captación e infiltración	Modificación localizada de las condiciones superficiales durante el acondicionamiento	Adverso	Permanente	0.468	Muy baja
Áreas verdes	Aire –	Generación temporal de	Adverso	Temporal	1.476	Baja

y acabados	Emisiones/partículas	partículas y emisiones por actividades de acabado				
Áreas verdes y acabados	Aire – Ruido	Incremento temporal del ruido por herramientas, equipos y actividades constructivas	Adverso	Temporal	1.476	Baja
Áreas verdes y acabados	Flora – Riqueza específica	Perturbación indirecta de la vegetación durante el acondicionamiento de áreas	Adverso	Temporal	0.412	Muy baja
Áreas verdes y acabados	Flora – Diversidad	Alteración indirecta y localizada de las condiciones de vegetación	Adverso	Temporal	0.412	Muy baja
Áreas verdes y acabados	Fauna – Desplazamiento	Perturbación temporal por presencia de personal y actividades de acabado	Adverso	Temporal	0.412	Muy baja
Áreas verdes y acabados	Fauna – Biodiversidad	Perturbación localizada de las condiciones de hábitat	Adverso	Temporal	0.412	Muy baja

Nota: Las interacciones con una significancia inferior a 1.0 se consideran de muy baja significancia y, aunque forman parte de la evaluación integral, no se desarrollan individualmente debido a su reducida incidencia ambiental. Su atención se encuentra comprendida dentro de las medidas generales de prevención y manejo ambiental aplicables a la etapa de construcción.

De manera integral, los impactos de la etapa de construcción presentan una mayor concentración en los componentes abióticos, particularmente en el suelo, agua y aire. La construcción de vialidades constituye, en términos generales, la actividad con mayor interacción ambiental, debido a la modificación de la topografía y del suelo, la alteración de las condiciones de infiltración, así como la generación de partículas y ruido.

Las redes hidráulica y sanitaria presentan una interacción particularmente relevante con la calidad del agua y las condiciones de infiltración, mientras que la red eléctrica y de alumbrado genera principalmente efectos asociados con emisiones, ruido y excavaciones puntuales. Las áreas verdes y acabados presentan, en términos generales, interacciones de baja o muy baja significancia.

Para los componentes bióticos, los valores obtenidos son predominantemente muy bajos, debido a que la remoción de vegetación forestal y la principal modificación del hábitat fueron consideradas durante la etapa de preparación del sitio y CUSTF. Durante la construcción, los efectos sobre flora y fauna corresponden principalmente a perturbaciones indirectas derivadas de la presencia de maquinaria, personal, ruido, polvo y movimiento de materiales.

En conjunto, los impactos de esta etapa serán principalmente localizados y temporales para aquellos asociados con la ejecución de los trabajos, mientras que las modificaciones relacionadas con la incorporación permanente de vialidades e infraestructura tendrán carácter permanente. La prevención de contaminación, el

control de partículas y ruido, el manejo adecuado de materiales y residuos, la protección de áreas no autorizadas y la conservación de las condiciones de drenaje constituyen las principales acciones para reducir la magnitud efectiva de estos impactos.

IV.1.1.6 DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DURANTE LA ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Durante la etapa de operación y mantenimiento, las interacciones ambientales se encuentran asociadas principalmente al funcionamiento cotidiano de la infraestructura que integra el proyecto de lotificación habitacional, así como a las actividades necesarias para conservar en condiciones adecuadas las vialidades, redes de servicios, alumbrado y áreas comunes. A diferencia de la etapa de preparación y construcción, durante esta fase no se prevén actividades que impliquen una transformación continua de la superficie del terreno, por lo que la magnitud de las interacciones ambientales esperadas es menor y se concentra principalmente en efectos indirectos derivados de la ocupación habitacional y del mantenimiento de la infraestructura.

SUELO

TOPOGRAFÍA

Durante la operación no se prevén modificaciones adicionales significativas en la configuración topográfica del terreno, debido a que las principales actividades de conformación, nivelación, cortes, rellenos y establecimiento de las cotas de proyecto habrán sido ejecutadas durante las etapas previas.

La interacción con este componente se encuentra relacionada principalmente con el mantenimiento de las superficies construidas y de las vialidades, así como con intervenciones puntuales que pudieran requerirse para conservar la infraestructura. En términos ambientales, estas actividades no representan una modificación comparable con la generada durante la preparación y construcción, ya que se desarrollarán sobre superficies previamente acondicionadas.

Por lo anterior, cualquier modificación topográfica durante la operación será puntual, localizada y asociada al mantenimiento de la infraestructura**,** sin representar una nueva transformación generalizada del relieve.

CALIDAD DEL SUELO

La calidad del suelo durante la operación puede verse afectada de manera localizada por la generación y manejo inadecuado de residuos sólidos urbanos derivados de las actividades habitacionales, así como por posibles derrames accidentales de combustibles, aceites u otras sustancias durante actividades de mantenimiento.

No obstante, considerando que el proyecto no contempla actividades industriales ni procesos que impliquen el manejo permanente de sustancias químicas peligrosas, no se prevé una fuente continua de contaminación del suelo. El principal riesgo estará relacionado con prácticas inadecuadas de manejo de residuos o con eventos accidentales durante las actividades de mantenimiento.

En consecuencia, el impacto potencial se considera localizado y prevenible mediante la aplicación de medidas de manejo de residuos, mantenimiento adecuado de equipos y atención inmediata de cualquier derrame accidental**.**

AGUA

CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

Durante la operación, la principal interacción con el componente agua estará asociada a la generación de aguas residuales de origen doméstico por la ocupación habitacional de los lotes. Estas aguas deberán ser conducidas mediante la infraestructura sanitaria prevista para el desarrollo y recibir el manejo correspondiente de acuerdo con las condiciones y autorizaciones aplicables.

Asimismo, durante el mantenimiento de vialidades y áreas comunes pueden generarse residuos o materiales susceptibles de ser transportados por escurrimientos superficiales si no se manejan adecuadamente.

Por ello, la calidad del agua puede presentar una afectación potencial principalmente de carácter indirecto**,** cuya magnitud dependerá del adecuado funcionamiento de la infraestructura sanitaria y del manejo de residuos. El mantenimiento periódico de las redes y la atención oportuna de fugas, obstrucciones o fallas constituyen elementos fundamentales para evitar afectaciones.

CAPTACIÓN E INFILTRACIÓN DEL AGUA

La operación del proyecto mantendrá las superficies impermeabilizadas o compactadas establecidas durante la construcción, particularmente en vialidades y demás superficies destinadas a infraestructura. En consecuencia, se conservará la modificación en la relación entre infiltración y escurrimiento superficial generada durante las etapas previas.

Este efecto será de carácter permanente, debido a que deriva de la ocupación y configuración final del proyecto; sin embargo, no se considera que durante la operación exista un incremento progresivo significativo de esta alteración como consecuencia de las actividades de mantenimiento.

El adecuado funcionamiento de la infraestructura de drenaje pluvial y el mantenimiento de las áreas verdes contribuirán a favorecer el manejo de los escurrimientos y reducir posibles efectos asociados a la concentración de agua superficial.

AIRE

EMISIONES ATMOSFÉRICAS Y PARTÍCULAS SUSPENDIDAS

Durante la operación se prevé una disminución importante de las emisiones respecto de la etapa constructiva. Las principales fuentes estarán relacionadas con la circulación vehicular de los habitantes y visitantes, así como con el tránsito ocasional de vehículos utilizados para servicios, mantenimiento, recolección de residuos y abastecimiento.

Estas fuentes generarán emisiones atmosféricas asociadas principalmente a la combustión de vehículos y, en menor medida, partículas resuspendidas por el tránsito sobre las vialidades.

Debido a que se trata de un desarrollo habitacional sin procesos industriales ni fuentes fijas relevantes de emisión, se espera que las emisiones sean dispersas, de baja intensidad y vinculadas al funcionamiento cotidiano del conjunto, sin constituir una fuente puntual de contaminación atmosférica.

RUIDO

El ruido durante la operación estará relacionado principalmente con la circulación vehicular, actividades propias de los residentes, servicios de mantenimiento y funcionamiento cotidiano del desarrollo.

A diferencia de la etapa constructiva, no se prevé la operación continua de maquinaria pesada ni equipos de construcción. Por ello, las emisiones sonoras serán predominantemente de carácter intermitente y asociado a actividades urbanas ordinarias**.**

El impacto podrá incrementarse temporalmente durante trabajos específicos de mantenimiento que requieran el empleo de maquinaria o herramientas, aunque éstos serán de duración limitada y espacialmente localizados.

FLORA

Durante la etapa de operación y mantenimiento, no se prevén nuevas afectaciones directas de consideración sobre la flora, debido a que la remoción de la cobertura vegetal correspondiente al CUSTF y la transformación de las superficies destinadas a la infraestructura del desarrollo habrán ocurrido durante las etapas de preparación y construcción.

No obstante, la vegetación que permanezca dentro de las áreas verdes y espacios destinados a conservación deberá mantenerse en condiciones adecuadas, evitando su remoción innecesaria y favoreciendo su permanencia como elemento de integración ambiental y paisajística.

De manera indirecta, la presencia permanente de población, tránsito vehicular, generación de residuos y actividades de mantenimiento puede generar condiciones de perturbación sobre la vegetación remanente, particularmente por compactación del suelo, depósito de residuos o incorporación de especies exóticas y ornamentales.

Por ello, las actividades de mantenimiento deberán orientarse a conservar las áreas verdes, prevenir la introducción y propagación de especies invasoras y evitar intervenciones innecesarias sobre la vegetación remanente, de manera que la operación del desarrollo no represente una pérdida adicional significativa de riqueza o diversidad florística.

FAUNA

DESPLAZAMIENTO DE FAUNA

Durante la operación se mantendrá una presión sobre la fauna silvestre derivada de la presencia permanente de personas, vehículos, iluminación artificial, ruido y

actividad habitacional. Estos factores pueden limitar el uso del área del proyecto por especies con menor tolerancia a la perturbación.

Sin embargo, debido a que la transformación principal de la cobertura vegetal y del hábitat se habrá producido durante la preparación y construcción, durante la operación no se espera un desplazamiento adicional de magnitud comparable.

La fauna con capacidad de utilizar ambientes transformados podrá continuar haciendo uso de sectores con vegetación remanente y áreas verdes, mientras que las especies más sensibles tenderán a utilizar sectores con menor perturbación dentro del área de influencia.

BIODIVERSIDAD

La interacción con la biodiversidad faunística durante la operación estará relacionada principalmente con la modificación permanente de las condiciones de hábitat y con la presencia continua de elementos propios del uso habitacional.

Entre los factores que pueden influir se encuentran el tránsito vehicular, ruido, iluminación nocturna, presencia humana y manejo de residuos. De manera particular, un manejo inadecuado de residuos podría favorecer la presencia de fauna oportunista y modificar la composición de las comunidades locales.

No obstante, considerando la superficie relativamente reducida del CUSTF respecto de la vegetación secundaria de selva baja caducifolia presente en la Región Ecológica y la movilidad característica de buena parte de la fauna registrada, no se espera que la operación del proyecto genere por sí misma una pérdida regional significativa de biodiversidad.

PAISAJE

UNIDADES PAISAJÍSTICAS AFECTADAS

Durante la operación se consolidará la transformación paisajística iniciada durante las etapas de preparación y construcción, debido a la presencia permanente de vialidades, infraestructura, alumbrado, áreas comunes y posteriormente las edificaciones particulares que sean desarrolladas por los propietarios de los lotes conforme a las autorizaciones correspondientes.

El efecto será permanente y localizado, ya que el paisaje original será sustituido por una unidad de carácter habitacional integrada al proceso de expansión urbana de la zona.

La incorporación y mantenimiento de áreas verdes, así como la conservación de elementos vegetales que formen parte del diseño del desarrollo, contribuirán a mejorar la integración visual de la infraestructura con el entorno.

Es importante mantener la precisión de que la operación del proyecto evaluado corresponde a la lotificación y funcionamiento de la infraestructura básica del desarrollo, no a la construcción individual de las viviendas**.**

Por tanto, los impactos asociados a la construcción futura de cada vivienda —como excavaciones, generación de residuos de construcción, consumo de materiales, emisiones de maquinaria o modificaciones adicionales del suelo— no deben incorporarse como impactos directos de la etapa de operación del proyecto. Asimismo, las actividades futuras de los propietarios deberán sujetarse a las disposiciones urbanísticas, ambientales y municipales que resulten aplicables.

Cuadro 4.11 Síntesis de los impactos ambientales identificados durante la etapa de construcción

Actividad	Factor ambiental	Impacto ambiental identificado	Naturaleza	Duración	Significancia (S)	Nivel
Funcionamiento del desarrollo habitacional	Suelo – Topografía	Permanencia de la modificación de la configuración superficial del terreno derivada de la ocupación y funcionamiento de la infraestructura habitacional.	Adverso	Permanente	3.007	Media o Moderada
Funcionamiento del desarrollo habitacional	Suelo – Erosión	Modificación de las condiciones naturales de protección y susceptibilidad del suelo a procesos erosivos como consecuencia de la ocupación permanente de las superficies del proyecto.	Adverso	Permanente	3.007	Media o Moderada
Funcionamiento del desarrollo habitacional	Suelo – Almacenamiento de carbono	Permanencia de la reducción del almacenamiento de carbono asociada a la transformación de la cobertura vegetal y al cambio de uso de las superficies del proyecto.	Adverso	Permanente	3.007	Media o Moderada

Funcionamiento del desarrollo habitacional	Suelo – Calidad del suelo	Posible alteración de la calidad del suelo asociada a la ocupación habitacional, generación de residuos y actividades propias del funcionamiento del desarrollo.	Adverso	Permanente	3.035	Media o Moderada
Funcionamiento del desarrollo habitacional	Agua – Calidad del agua superficial y subterránea	Riesgo potencial de afectación de la calidad del agua por la generación de aguas residuales domésticas, residuos y posibles fugas o fallas en la infraestructura sanitaria.	Adverso	Permanente	3.035	Media o Moderada
Funcionamiento del desarrollo habitacional	Agua – Captación e infiltración del agua	Modificación permanente de las condiciones de captación, infiltración y escurrimiento superficial debido a la presencia de superficies compactadas e impermeabilizadas.	Adverso	Permanente	3.035	Media o Moderada
Funcionamiento del desarrollo habitacional	Aire – Emisiones atmosféricas y partículas suspendidas	Generación de emisiones atmosféricas y partículas suspendidas asociadas principalmente con la circulación vehicular y las actividades cotidianas del desarrollo habitacional.	Adverso	Permanente	3.035	Media o Moderada
Funcionamiento del desarrollo habitacional	Aire – Ruido	Incremento de los niveles sonoros derivado de la circulación vehicular, presencia de habitantes y actividades propias del funcionamiento cotidiano del desarrollo.	Adverso	Permanente	3.070	Media o Moderada
Funcionamiento del desarrollo habitacional	Flora – Riqueza específica	Presión permanente sobre la vegetación remanente y las áreas verdes como consecuencia de la ocupación habitacional y las actividades asociadas a su funcionamiento.	Adverso	Permanente	3.007	Media o Moderada
Funcionamiento del desarrollo habitacional	Flora – Diversidad	Modificación de las condiciones de la vegetación remanente y de su composición como consecuencia de la ocupación permanente del área y las actividades asociadas al uso habitacional.	Adverso	Permanente	3.007	Media o Moderada
Funcionamiento del desarrollo habitacional	Fauna – Desplazamiento de fauna	Perturbación y desplazamiento de fauna silvestre debido a la presencia permanente de	Adverso	Permanente	3.070	Media o Moderada

		población, circulación vehicular, ruido e iluminación asociados al funcionamiento del desarrollo.				
Funcionamiento del desarrollo habitacional	Fauna – Biodiversidad	Modificación permanente de las condiciones de hábitat y de utilización del área por la fauna silvestre como consecuencia de la ocupación y funcionamiento habitacional.	Adverso	Permanente	3.007	Media o Moderada
Funcionamiento del desarrollo habitacional	Paisaje – Unidades paisajísticas afectadas	Consolidación de la transformación de la unidad paisajística por la presencia permanente de infraestructura, vialidades y elementos asociados al uso habitacional.	Adverso	Permanente	3.070	Media o Moderada

Nota: Las interacciones correspondientes a Venta y Comercialización de Lotes y Mantenimiento a la Infraestructura Básica, así como aquellas del funcionamiento del desarrollo con valores de S < 1.0, permanecen consideradas dentro de la matriz de evaluación; sin embargo, por su clasificación como impactos de muy baja significancia, no se desarrollan individualmente en la presente síntesis.

En términos generales, los impactos ambientales durante la operación y mantenimiento se caracterizan por ser principalmente permanentes pero de baja intensidad y localizados, asociados al funcionamiento de la infraestructura habitacional, al tránsito vehicular, a la generación de residuos y aguas residuales domésticas, y a la presencia continua de población.

Los impactos de mayor relevancia sobre la vegetación, suelo y hábitat se concentran en las etapas de preparación del sitio y construcción, particularmente como consecuencia del CUSTF y de la transformación física de las superficies destinadas a las obras. Durante la operación, los efectos ambientales corresponden principalmente al mantenimiento de las condiciones generadas por dichas etapas y a las presiones propias del uso habitacional.

IV.2.4 CONCLUSION GENERAL DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

El análisis de los impactos ambientales permitió identificar y valorar las principales interacciones que podrían generarse entre las actividades del Proyecto de Lotificación Habitacional y los componentes ambientales presentes en su área de desarrollo. La evaluación consideró las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, así como los componentes abióticos, bióticos y

paisajísticos susceptibles de modificación, con base en las características y alcances de las actividades previstas.
De manera general, los resultados muestran que los impactos ambientales identificados se concentran principalmente en las etapas de preparación del sitio y construcción, debido a que durante estas fases se llevarán a cabo las acciones que implican la transformación física de la superficie, particularmente el CUSTF, limpieza, rellenos, terracerías, nivelación y establecimiento de vialidades e infraestructura básica. En la preparación del sitio adquieren mayor relevancia las interacciones relacionadas con la remoción de la cobertura vegetal, modificación de la configuración superficial del terreno, susceptibilidad a la erosión, alteración de las condiciones de infiltración y escurrimiento, así como la modificación localizada de la riqueza y diversidad de flora y fauna. Por su parte, durante la construcción predominan las interacciones con el suelo, agua y aire, asociadas al movimiento de materiales, conformación de superficies, tránsito y operación de maquinaria y establecimiento de las redes de infraestructura.

En cuanto a la operación y mantenimiento, los impactos identificados corresponden principalmente a la permanencia de las condiciones ambientales modificadas durante las etapas anteriores y a las presiones propias del funcionamiento habitacional, como la ocupación permanente del suelo, modificación de las condiciones de infiltración, generación de aguas residuales y residuos, circulación vehicular, emisiones, ruido y presencia continua de población. De acuerdo con la matriz de evaluación, las interacciones que alcanzan una significancia igual o superior a 1.0 se mantienen dentro de los rangos bajo y medio o moderado, sin identificarse impactos clasificados como altos o muy altos.

Es importante señalar que la valoración obtenida no implica que los impactos sean irrelevantes, sino que su magnitud, extensión y características permiten establecer que pueden ser manejados mediante medidas específicas de prevención, mitigación, control y, cuando corresponda, compensación. Asimismo, una parte importante de los efectos presenta una extensión espacial localizada, particularmente aquellos relacionados con la transformación de la cobertura vegetal y las modificaciones físicas del terreno. En el caso de los componentes bióticos, la mayor incidencia se concentra en el área directamente intervenida, mientras que para los componentes abióticos las principales consideraciones se relacionan con el control de procesos erosivos, manejo de escurrimientos, conservación de la calidad del suelo y agua, y control de emisiones y ruido.

De manera particular, la evaluación permite establecer que la remoción de vegetación asociada al CUSTF constituye una de las principales interacciones ambientales directas del proyecto, por lo que las medidas destinadas a prevenir

afectaciones adicionales sobre la vegetación, fauna, suelo y funciones ambientales deberán adquirir especial relevancia. En este sentido, las acciones de protección, manejo y restauración que se establezcan deberán guardar correspondencia con la naturaleza de cada impacto y con la etapa en que éste se presenta, evitando plantear medidas genéricas que no atiendan directamente el mecanismo de afectación identificado.

Por otra parte, el hecho de que determinados impactos se mantengan durante la operación —como la modificación de la infiltración, la transformación paisajística o la permanencia de la cobertura vegetal modificada— responde a la naturaleza misma del proyecto y a la ocupación permanente de las superficies destinadas a la lotificación e infraestructura. Estos efectos deberán ser abordados mediante medidas orientadas a reducir su intensidad, conservar las áreas verdes, mantener la infraestructura hidráulica y sanitaria en condiciones adecuadas, manejar correctamente los residuos y favorecer la integración ambiental y paisajística del desarrollo.

En conjunto, la evaluación evidencia que los impactos ambientales derivados del proyecto son identificables, espacial y causalmente delimitables y susceptibles de manejo mediante un conjunto estructurado de medidas ambientales. Por ello, la valoración realizada constituye la base técnica para establecer las acciones de prevención, mitigación, restauración y, en los casos que corresponda, compensación que deberán implementarse durante las diferentes etapas del proyecto, con el propósito de evitar afectaciones innecesarias, reducir aquellas que resulten inevitables y mantener bajo control los efectos ambientales asociados con la ejecución y funcionamiento de la lotificación.

Con base en lo anterior, el siguiente apartado desarrolla las medidas de prevención y mitigación correspondientes a cada uno de los impactos identificados, procurando mantener una relación directa entre el impacto evaluado, su mecanismo de generación, la medida propuesta, la etapa de aplicación y el componente ambiental que se pretende proteger.
.

IV.2 ESTRATEGIAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y/O RESTAURACIÓN

En este apartado se presenta el diseño y el programa de ejecución de las medidas, acciones y políticas destinadas a prevenir, restaurar, mitigar y/o compensar los impactos generados por las obras del proyecto.

Las medidas propuestas se derivan del análisis ambiental realizado para la identificación de impactos ambientales. Cada una de ellas tiene como objetivo minimizar las alteraciones ambientales, organizándolas según el componente ambiental afectado.

Asimismo, estas medidas están diseñadas para prevenir la generación de impactos ambientales adversos, evitando modificaciones innecesarias en las condiciones originales del ecosistema.

IV.2.4 FACTOR AMBIENTAL: SUELO

El desarrollo del proyecto generará modificaciones localizadas sobre el componente suelo, principalmente como consecuencia de las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, limpieza, despalme, relleno, terracerías, nivelación y conformación de las superficies destinadas a vialidades e infraestructura. Los principales efectos previstos corresponden a la modificación de la configuración superficial del terreno, incremento temporal de la susceptibilidad a procesos erosivos y alteración de las condiciones físicas del suelo por remoción, excavación, relleno y compactación.

De acuerdo con la evaluación de impactos ambientales, las interacciones de mayor relevancia se concentran en la etapa de preparación del sitio, particularmente en las actividades de CUSTF, relleno y terracerías, y topografía y nivelación, mientras que durante la construcción los efectos se relacionan principalmente con la conformación de vialidades y la instalación de las redes de infraestructura.

Las estrategias de manejo se orientarán prioritariamente a prevenir afectaciones innecesarias fuera de las superficies autorizadas, reducir la exposición del suelo, controlar los procesos erosivos y evitar alteraciones físicas adicionales a las requeridas por el proyecto. Asimismo, se procurará que las superficies que no requieran mantenerse compactadas o impermeabilizadas conserven condiciones que permitan su recuperación mediante áreas verdes y acciones de reforestación.

MEDIDA 1. DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS DE INTERVENCIÓN

Previo al inicio de las actividades de preparación del sitio se realizará la delimitación física de las superficies autorizadas para la ejecución de las obras, particularmente de los polígonos sujetos a CUSTF y de las áreas destinadas a vialidades, infraestructura y demás componentes del proyecto.

La delimitación permitirá establecer físicamente los límites de trabajo y evitar que el tránsito de maquinaria, vehículos, personal o el movimiento de materiales genere afectaciones sobre superficies que no formen parte de los frentes autorizados.

En los sectores colindantes con áreas que permanezcan sin intervención, se evitará utilizar el suelo como zona de almacenamiento temporal de materiales, residuos, maquinaria o equipo.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Preparación del sitio y construcción.
- **Impactos atendidos:** Modificación de la configuración superficial, compactación y alteración de la calidad física del suelo.
- **Indicador:** Superficie de intervención delimitada respecto de la superficie autorizada.
- **Evidencia:** Registro fotográfico, bitácora ambiental y planos de delimitación.

MEDIDA 2. RESTRICCIÓN DEL MOVIMIENTO DE MAQUINARIA Y VEHÍCULOS

El tránsito de maquinaria y vehículos se realizará únicamente por los accesos, caminos y frentes de trabajo establecidos para la ejecución de las obras, evitando recorridos innecesarios sobre superficies naturales o áreas que no requieran intervención.

Durante las actividades de preparación y construcción se procurará concentrar el tránsito en las áreas previamente acondicionadas, con la finalidad de disminuir la compactación del suelo y evitar la generación de superficies desnudas adicionales.

Cuando las condiciones del terreno lo requieran, se establecerán rutas de circulación claramente identificadas y se evitará el tránsito durante periodos de saturación excesiva del suelo, particularmente después de eventos de precipitación intensa, cuando el tránsito pueda favorecer la deformación y compactación de las capas superficiales.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Preparación del sitio y construcción.
- **Impactos atendidos:** Alteración de la calidad física del suelo, compactación y modificación de la configuración superficial.
- **Indicador:** Ausencia de huellas de tránsito o compactación fuera de las áreas de trabajo.
  Evidencia: Inspecciones y registros fotográficos de los frentes.

MEDIDA 3. MANEJO CONTROLADO DEL DESPALME, CORTES, RELLENOS Y TERRACERÍAS

Las actividades de despalme, cortes, rellenos y conformación del terreno se ejecutarán conforme a las superficies y niveles requeridos por el proyecto, evitando movimientos de tierra que excedan las necesidades constructivas.

El material producto de excavaciones y movimientos de tierra será manejado de manera ordenada, evitando su dispersión hacia áreas colindantes. Los materiales destinados a relleno deberán colocarse progresivamente y compactarse conforme a los requerimientos técnicos de las obras, evitando la acumulación innecesaria de material suelto.

Las actividades de conformación deberán ejecutarse por frentes de trabajo, procurando reducir el tiempo durante el cual permanezcan superficies desnudas y susceptibles a erosión.

Esta medida resulta particularmente importante debido a que el movimiento de tierras constituye una de las actividades con mayor interacción sobre la configuración superficial del suelo, con una valoración de impacto moderada durante la preparación del sitio.

- **Tipo de medida:** Prevención y mitigación.
- **Etapa:** Preparación del sitio y construcción.
- **Impactos atendidos:** Modificación de la configuración superficial, erosión y alteración de la calidad física del suelo.
- **Indicador:** Superficie efectivamente modificada conforme a proyecto y ausencia de movimientos de tierra fuera de las áreas requeridas.
- **Evidencia:** Bitácora de obra, registros fotográficos y supervisión ambiental.

MEDIDA 4. MANEJO Y CONTROL DE PROCESOS EROSIVOS

Durante las actividades que impliquen remoción de cobertura vegetal, despalme, excavación, relleno y nivelación se implementarán acciones para reducir la exposición prolongada del suelo y controlar el arrastre de partículas por escurrimientos superficiales.

Los frentes de trabajo deberán mantenerse con la menor superficie de suelo desnudo posible y, cuando las condiciones de la obra lo permitan, las áreas que hayan concluido su proceso de conformación serán estabilizadas progresivamente.
En caso de identificarse zonas con generación de escurrimientos concentrados, arrastre de sedimentos o formación de surcos, se implementarán medidas correctivas localizadas, tales como conformación de superficies, barreras temporales para retención de sedimentos o estabilización de sectores expuestos.

La atención deberá intensificarse durante periodos de precipitación, particularmente considerando las condiciones climáticas de la región y la susceptibilidad del terreno al escurrimiento superficial.

- **Tipo de medida:** Prevención y mitigación.
- **Etapa:** Preparación del sitio y construcción.
- **Impactos atendidos:** Incremento de susceptibilidad a erosión y aporte de sedimentos.
- **Indicador:** Ausencia de procesos erosivos significativos y de arrastre visible de sedimentos fuera de los frentes de trabajo.
- **Evidencia:** Inspecciones, registro fotográfico y bitácora ambiental.

MEDIDA 5. MANEJO DE SUELO SUPERFICIAL

Cuando las condiciones de la obra y la calidad del material lo permitan, el suelo superficial que sea retirado durante las actividades de preparación será manejado de manera diferenciada respecto de los materiales de excavación o relleno, evitando su mezcla innecesaria con residuos, materiales de construcción o suelo de características distintas.
El material que conserve características adecuadas podrá utilizarse posteriormente en áreas verdes, superficies destinadas a recuperación vegetal u otras áreas donde técnicamente resulte apropiado.
El almacenamiento temporal deberá realizarse en sitios previamente definidos, evitando su dispersión por viento o escurrimiento y reduciendo su exposición a procesos erosivos.

Esta medida permitirá conservar, cuando sea viable, parte de la capa superficial con mayor contenido de materia orgánica y propágulos vegetales, favoreciendo posteriormente las acciones de recuperación de las superficies destinadas a áreas verdes.

- **Tipo de medida:** Prevención y mitigación.
- **Etapa:** Preparación del sitio y construcción.
- **Impactos atendidos:** Alteración de la calidad física del suelo y pérdida de suelo superficial.
- **Indicador:** Volumen o superficie de suelo superficial manejado y aprovechado, cuando técnicamente sea viable.
- **Evidencia:** Bitácora de movimiento de materiales y registro fotográfico.

MEDIDA 6. PREVENCIÓN DE CONTAMINACIÓN DEL SUELO

Se evitará realizar actividades de mantenimiento mayor, reparación de maquinaria, cambio de aceites o manejo de sustancias potencialmente contaminantes directamente sobre el suelo natural.

El almacenamiento temporal de combustibles, lubricantes, aceites, pinturas, solventes u otras sustancias deberá efectuarse en sitios acondicionados y bajo condiciones que permitan contener posibles derrames.

En caso de presentarse un derrame accidental, se procederá inmediatamente a contener la fuente, recuperar el material derramado y retirar el suelo potencialmente afectado, manejándolo de acuerdo con sus características y con la normatividad aplicable.

Asimismo, queda prohibido disponer directamente sobre el suelo residuos sólidos, líquidos, materiales de construcción, aceites usados o cualquier otra sustancia que pueda alterar sus características.

- **Tipo de medida:** Prevención y mitigación.
- **Etapa:** Preparación del sitio y construcción.
- **Impactos atendidos:** Alteración de la calidad del suelo.
- **Indicador:** Número de derrames atendidos y número de eventos de disposición inadecuada sobre suelo.
- **Evidencia:** Bitácoras, inspecciones, registros fotográficos y, en su caso, formatos de atención de contingencias.

MEDIDA 7. MANEJO ADECUADO DE RESIDUOS

Los residuos generados durante la preparación y construcción serán separados, almacenados temporalmente y retirados del frente de trabajo de manera periódica, evitando su dispersión o incorporación accidental al suelo.

Los residuos de construcción, residuos sólidos urbanos y, en su caso, residuos que presenten características de peligrosidad, serán manejados de acuerdo con su naturaleza y destinados a los sitios autorizados correspondientes.

No se permitirá la quema, enterramiento o disposición de residuos directamente sobre el terreno.

La aplicación de esta medida permitirá evitar que la generación de residuos se convierta en una fuente adicional de alteración de la calidad del suelo.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Preparación del sitio y construcción.
- **Impactos atendidos:** Alteración de la calidad del suelo y contaminación potencial.
- **Indicador:** Porcentaje de residuos manejados conforme al procedimiento establecido.
- **Evidencia:** Bitácoras, comprobantes de entrega y registros fotográficos.

MEDIDA 8. REDUCCIÓN PROGRESIVA DE SUPERFICIES EXPUESTAS

La ejecución de las obras se realizará procurando que las actividades de preparación y construcción avancen por frentes de trabajo, evitando mantener simultáneamente grandes superficies de suelo desnudo durante periodos prolongados.

Una vez concluidas las actividades que requieran movimiento de tierra en un determinado sector, se procederá a su estabilización o incorporación a la obra correspondiente. Las superficies destinadas a áreas verdes serán preparadas y recuperadas progresivamente, de acuerdo con el avance constructivo.

Esta estrategia permitirá reducir el periodo de exposición del suelo a la acción de la lluvia y el escurrimiento superficial.

- **Tipo de medida:** Mitigación.
- **Etapa:** Preparación del sitio y construcción.
- **Impactos atendidos:** Erosión y alteración de la calidad física del suelo.

- **Indicador:** Superficie de suelo desnudo mantenida únicamente durante el periodo necesario para la ejecución de las obras.
- **Evidencia:** Reportes de supervisión y registro fotográfico.

MEDIDA 9. RECUPERACIÓN DE SUPERFICIES MEDIANTE ÁREAS VERDES Y REFORESTACIÓN

Las superficies destinadas a áreas verdes serán manejadas de manera que contribuyan a la recuperación de la cobertura vegetal y a la protección del suelo frente a la acción directa de la precipitación.

De manera complementaria, el proyecto contempla un **Programa de Reforestación**, mediante el cual se establecerá una superficie de 1.0000 ha fuera del área de intervención directa, con una meta inicial de 1,100 plantas, incluyendo ejemplares provenientes del rescate de flora y ejemplares adicionales de especies nativas.

Aunque esta acción constituye principalmente una medida de manejo del componente biótico, presenta un beneficio complementario sobre el suelo al favorecer, a mediano plazo, la cobertura vegetal, la protección de la superficie, la retención de partículas y la regulación del escurrimiento.

Por lo tanto, esta medida deberá considerarse como acción complementaria de mitigación y compensación, sin atribuirle la función de evitar los impactos directos ocasionados durante el movimiento de tierras.

- **Tipo de medida:** Mitigación y compensación.
- **Etapa:** Construcción y seguimiento.
- **Impactos atendidos:** Erosión, pérdida de cobertura y alteración de las condiciones superficiales del suelo.
- **Indicadores:** Superficie reforestada, número de ejemplares establecidos y supervivencia de las plantas.
- **Evidencia:** Informes del Programa de Reforestación, registros fotográficos y georreferenciación.

MEDIDA 10. SUPERVISIÓN AMBIENTAL DEL MANEJO DEL SUELO

Durante las actividades de preparación y construcción se realizará supervisión ambiental periódica para verificar que las medidas establecidas para el componente suelo sean aplicadas correctamente.

La supervisión deberá prestar especial atención a:

- límites de las áreas de trabajo;
- tránsito de maquinaria;
- generación de superficies desnudas;
- presencia de procesos erosivos;
- manejo de cortes y rellenos;
- acumulación y disposición de materiales;
- manejo de residuos;
- presencia de derrames;
- condiciones de almacenamiento de sustancias;
- estabilidad de las superficies conformadas.

Cuando se detecten desviaciones respecto de las medidas establecidas, se indicará la acción correctiva correspondiente y se registrará su atención en la bitácora ambiental.

- **Tipo de medida:** Prevención, mitigación y seguimiento.
- **Etapa:** Preparación del sitio y construcción.
- **Indicador:** Porcentaje de inspecciones realizadas y porcentaje de medidas correctivas atendidas.
- **Evidencia:** Bitácora ambiental, listas de verificación, fotografías e informes de cumplimiento.

Cuadro 4.12 Estrategias de prevención y mitigación para el factor suelo

No.	Impacto atendido	Estrategia	Tipo de medida	Etapa	Indicador principal
1	Modificación de la configuración superficial	Delimitación de las áreas de intervención	Prevención	Preparación/ Construcción	Superficie delimitada
2	Compactación y alteración física	Restricción del tránsito de maquinaria	Prevención	Preparación/ Construcción	Ausencia de afectaciones fuera de áreas de trabajo
3	Modificación de topografía	Manejo controlado de cortes, rellenos y terracerías	Prevención/ Mitigación	Preparación/ Construcción	Superficie modificada conforme a proyecto
4	Erosión	Control de erosión y sedimentos	Prevención/ Mitigación	Preparación/ Construcción	Ausencia de erosión significativa
5	Alteración de calidad física	Manejo diferenciado del suelo superficial	Prevención/ Mitigación	Preparación/ Construcción	Suelo manejado y aprovechado
6	Contaminación del suelo	Prevención y atención de derrames	Prevención/ Mitigación	Preparación/ Construcción	Eventos atendidos
7	Alteración de calidad	Manejo adecuado de	Prevención	Preparación/	Residuos

		residuos		Construcción	manejados correctamente
8	Erosión	Reducción progresiva de superficies expuestas	Mitigación	Preparación/ Construcción	Superficie desnuda controlada
9	Erosión y pérdida de cobertura	Áreas verdes y reforestación	Mitigación/Compensación	Preparación/ Construcción	Superficie reforestada y supervivencia
10	Todos los anteriores	Supervisión ambiental	Prevención/ Mitigación/Seguimiento	Preparación/ Construcción	Inspecciones y medidas correctivas

IV.2.4 FACTOR AMBIENTAL: AGUA

El desarrollo del proyecto presenta interacciones con el componente agua principalmente por la modificación de las condiciones de infiltración y escurrimiento superficial, la generación potencial de sedimentos durante las actividades de preparación y construcción, así como por la generación de aguas residuales de origen doméstico durante la operación del desarrollo habitacional. Asimismo, existe un riesgo potencial de afectación a la calidad del agua superficial y subterránea ante un manejo inadecuado de residuos, materiales, combustibles o sustancias utilizadas durante la ejecución y mantenimiento de las obras.

De acuerdo con la evaluación de impactos, durante la preparación del sitio adquieren mayor relevancia las modificaciones a la captación e infiltración del agua asociadas al CUSTF y a las actividades de relleno y terracerías, mientras que durante la construcción las principales interacciones corresponden a la modificación de la infiltración por la conformación de vialidades y a los riesgos potenciales sobre la calidad del agua derivados de las actividades de instalación de infraestructura hidráulica y sanitaria. Durante la operación, las interacciones se relacionan principalmente con la permanencia de las superficies modificadas y con el funcionamiento de la infraestructura habitacional.

Las estrategias propuestas estarán orientadas a mantener el control de los escurrimientos, evitar el arrastre de sedimentos y contaminantes, conservar las condiciones de infiltración en las superficies donde sea técnicamente posible y asegurar el adecuado funcionamiento de las redes hidráulica y sanitaria.

MEDIDA 1. DELIMITACIÓN Y CONTROL DE LAS ÁREAS DE TRABAJO

Las actividades que impliquen remoción de vegetación, despalme, excavación, relleno y movimiento de tierras se desarrollarán exclusivamente dentro de las superficies previamente delimitadas para cada frente de trabajo. Esta medida permitirá evitar la alteración innecesaria de áreas colindantes y reducir la generación de superficies desnudas adicionales que pudieran incrementar el escurrimiento superficial y el transporte de sedimentos.

Se evitará utilizar cauces, depresiones naturales o zonas susceptibles de acumulación de agua como sitios de almacenamiento de materiales, residuos, maquinaria o equipo.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Preparación del sitio y construcción.
- **Impactos atendidos:** Alteración de la calidad del agua y modificación de las condiciones de captación e infiltración.
- **Indicador:** Superficie de trabajo delimitada respecto de la superficie autorizada.
- **Evidencia:** Registro fotográfico, planos y bitácora ambiental.

MEDIDA 2. CONTROL DE ESCURRIMIENTOS SUPERFICIALES Y SEDIMENTOS

Durante las actividades de preparación y construcción se implementarán acciones orientadas a evitar que el agua de lluvia entre en contacto innecesariamente con superficies de suelo desnudo y transporte partículas hacia sectores colindantes.

Los movimientos de tierra se realizarán progresivamente y se evitará mantener grandes superficies expuestas durante periodos prolongados. En aquellos puntos donde se identifique concentración de escurrimientos o acumulación de sedimentos, se podrán establecer medidas temporales de control, tales como barreras para retención de sedimentos, conformación de pequeños bordos o canales temporales y estabilización de superficies.

Las medidas serán revisadas especialmente después de eventos de precipitación intensa, a fin de identificar posibles procesos de erosión, arrastre de materiales o modificaciones no previstas en los patrones de escurrimiento.

- **Tipo de medida:** Prevención y mitigación.
- **Etapa:** Preparación del sitio y construcción.
- **Impactos atendidos:** Alteración de la calidad del agua superficial y modificación del escurrimiento.
- **Indicador:** Ausencia de arrastre significativo de sedimentos fuera de las áreas de trabajo.
- **Evidencia:** Inspecciones y registros fotográficos.

MEDIDA 3. EVITAR LA DISPOSICIÓN DE MATERIALES Y RESIDUOS EN ZONAS DE ESCURRIMIENTO

Los materiales de construcción, suelo producto de excavaciones, residuos y demás insumos empleados durante la ejecución del proyecto deberán mantenerse alejados de sitios donde puedan ser alcanzados por escurrimientos superficiales.

No se permitirá la disposición directa de residuos o materiales en cauces, depresiones, zonas de encharcamiento o sitios que funcionen como vías naturales de escurrimiento.

Los materiales susceptibles de ser dispersados por lluvia deberán permanecer protegidos y, cuando corresponda, cubiertos o contenidos.

Esta medida será particularmente importante durante la temporada de lluvias, cuando aumenta la capacidad de transporte del agua superficial.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Preparación y construcción.
- **Impactos atendidos:** Alteración de la calidad del agua superficial y aporte de sedimentos.
- **Indicador:** Ausencia de materiales o residuos dentro de zonas de escurrimiento.
- **Evidencia:** Listas de verificación y registros fotográficos.

MEDIDA 4. PREVENCIÓN DE CONTAMINACIÓN POR COMBUSTIBLES, ACEITES Y SUSTANCIAS POTENCIALMENTE CONTAMINANTES

El abastecimiento de combustible y el mantenimiento de maquinaria y vehículos deberán realizarse bajo condiciones que permitan evitar derrames directamente sobre el suelo.

Los combustibles, lubricantes, aceites, pinturas, solventes y demás sustancias potencialmente contaminantes deberán mantenerse en áreas acondicionadas, evitando su almacenamiento en sectores susceptibles de inundación o escurrimiento.

En caso de presentarse un derrame accidental, se deberá actuar inmediatamente mediante la contención de la fuente, recuperación del material y retiro del suelo afectado, evitando que el contaminante alcance sistemas de drenaje, escurrimientos superficiales o zonas de infiltración.

Los residuos derivados de la atención del derrame deberán manejarse conforme a sus características y a la normatividad aplicable.

- **Tipo de medida:** Prevención y mitigación.
- **Etapa:** Preparación, construcción y mantenimiento.
- **Impactos atendidos:** Alteración de la calidad del agua superficial y subterránea.
- **Indicador:** Número de derrames atendidos oportunamente y ausencia de descargas de sustancias contaminantes al suelo o agua.
- **Evidencia:** Bitácora de contingencias, registros fotográficos y comprobantes de manejo, cuando corresponda.

MEDIDA 5. MANEJO ADECUADO DE RESIDUOS

Los residuos generados durante las diferentes etapas del proyecto deberán mantenerse fuera de zonas donde puedan entrar en contacto con agua de lluvia o escurrimientos.

Se establecerán sitios definidos para su almacenamiento temporal, evitando acumulaciones prolongadas en los frentes de trabajo. Los residuos serán separados de acuerdo con su naturaleza y retirados periódicamente para su manejo y disposición conforme a las disposiciones aplicables.

Queda prohibido arrojar residuos sólidos, líquidos, aceites, combustibles, materiales de construcción o cualquier otra sustancia directamente al suelo, drenajes, cauces o cuerpos de agua.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Todas las etapas.
- **Impactos atendidos:** Alteración de la calidad del agua superficial y subterránea.
- **Indicador:** Porcentaje de residuos manejados mediante los procedimientos establecidos.
- **Evidencia:** Bitácoras, registros fotográficos y comprobantes de entrega.

MEDIDA 6. MANEJO ADECUADO DE LAS AGUAS RESIDUALES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Durante la etapa constructiva se deberán establecer instalaciones sanitarias suficientes para el personal, evitando la disposición directa de aguas residuales sobre el terreno.

Cuando se utilicen sanitarios portátiles, éstos deberán recibir mantenimiento y limpieza periódica mediante prestadores de servicio autorizados o que acrediten el manejo adecuado de los residuos generados.

No se permitirá la descarga de aguas residuales de origen sanitario directamente sobre el suelo, cuerpos de agua o zonas de escurrimiento.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Construcción.
- **Impactos atendidos:** Alteración de la calidad del agua superficial y subterránea.
- **Indicador:** Número de instalaciones sanitarias en funcionamiento y ausencia de descargas sanitarias directas.
- **Evidencia:** Bitácora de mantenimiento y comprobantes del servicio.

MEDIDA 7. INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO ADECUADO DE LA RED SANITARIA

La infraestructura sanitaria deberá ejecutarse conforme al proyecto autorizado y mantenerse en condiciones adecuadas de funcionamiento durante la operación.

Se realizarán revisiones periódicas para identificar oportunamente fugas, obstrucciones, rupturas o cualquier otra condición que pueda ocasionar la liberación de aguas residuales hacia el suelo o el medio circundante.

En caso de detectarse una falla, ésta deberá ser atendida en el menor tiempo posible, evitando que la descarga continúe y alcance superficies permeables, sistemas de drenaje pluvial o zonas de escurrimiento.

Esta medida constituye una de las principales acciones para prevenir los impactos identificados sobre la calidad del agua durante la operación del desarrollo.

- **Tipo de medida:** Prevención y mitigación.
- **Etapa:** Operación y mantenimiento.
- **Impactos atendidos:** Alteración de la calidad del agua superficial y subterránea.
- **Indicador:** Número de inspecciones realizadas y número de fallas atendidas.
- **Evidencia:** Bitácoras de mantenimiento y registros de reparación.

MEDIDA 8. MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA

La red de abastecimiento de agua potable deberá mantenerse en condiciones adecuadas para evitar fugas, pérdidas innecesarias y afectaciones asociadas a la humedad permanente de superficies.

Las reparaciones deberán realizarse de manera localizada, procurando restituir las superficies intervenidas una vez concluidos los trabajos.

El mantenimiento preventivo permitirá reducir la posibilidad de fallas que pudieran generar escurrimientos no controlados o saturación localizada del terreno.

- **Tipo de medida:** Prevención y mitigación.
- **Etapa:** Operación y mantenimiento.
- **Impactos atendidos:** Alteración de la calidad del agua y modificación localizada de las condiciones de infiltración.
- **Indicador:** Inspecciones y mantenimiento realizados conforme al programa correspondiente.
- **Evidencia:** Bitácora de mantenimiento.

MEDIDA 9. CONSERVACIÓN DE SUPERFICIES PERMEABLES Y ÁREAS VERDES

Las superficies que no requieran permanecer pavimentadas o impermeabilizadas deberán conservarse como áreas verdes o superficies permeables, evitando su compactación o recubrimiento innecesario.

El mantenimiento de las áreas verdes deberá orientarse a conservar la cobertura vegetal y las condiciones físicas del suelo, favoreciendo la infiltración local del agua de lluvia y reduciendo la generación de escurrimientos superficiales.

Esta medida será complementaria a las acciones de recuperación vegetal previstas por el proyecto y contribuirá a compensar parcialmente la modificación de las condiciones hidrológicas locales ocasionada por la incorporación de superficies urbanizadas.

- **Tipo de medida:** Mitigación.
- **Etapa:** Construcción y operación.
- **Impactos atendidos:** Modificación de captación e infiltración del agua.
- **Indicador:** Superficie de áreas verdes conservada respecto de la superficie proyectada.
- **Evidencia:** Registro fotográfico, planos y supervisión ambiental.

MEDIDA 10. MANTENIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE DRENAJE

Las obras e infraestructura destinadas al manejo de los escurrimientos deberán conservarse libres de residuos, obstrucciones y materiales que puedan reducir su capacidad hidráulica.

Se realizarán inspecciones después de eventos de precipitación intensa para verificar la existencia de obstrucciones, acumulación de sedimentos, erosión localizada o cualquier condición que pudiera afectar el funcionamiento de las obras de drenaje.
En caso de identificarse alguna deficiencia, se ejecutarán las acciones de limpieza, retiro de sedimentos o reparación que resulten necesarias.

Esta medida adquiere especial importancia debido a que el área del proyecto presenta susceptibilidad a inundación, por lo que el mantenimiento de las condiciones de drenaje deberá formar parte de las acciones permanentes de operación.

- **Tipo de medida:** Prevención y mitigación.
- **Etapa:** Construcción y operación.
- **Impactos atendidos:** Modificación del escurrimiento y riesgo de afectación a la calidad del agua.
- **Indicador:** Infraestructura de drenaje funcional y libre de obstrucciones.
- **Evidencia:** Bitácora de inspecciones, mantenimiento y registro fotográfico.

MEDIDA 11. SUPERVISIÓN AMBIENTAL DEL COMPONENTE AGUA

Durante la preparación y construcción se realizará supervisión periódica de las condiciones relacionadas con el manejo del agua, verificando particularmente:

- presencia de procesos de erosión y arrastre de sedimentos;
- funcionamiento de las medidas de control de escurrimientos;
- ausencia de residuos en zonas de drenaje;
- almacenamiento adecuado de materiales y sustancias;
- ausencia de derrames;
- manejo adecuado de aguas residuales;
- conservación de superficies permeables;
- condiciones de las excavaciones durante eventos de lluvia;
- funcionamiento de las obras de drenaje.

Durante la operación, la supervisión se enfocará principalmente en el estado de las redes hidráulica y sanitaria y en la conservación de las condiciones de drenaje del desarrollo.

- **Tipo de medida:** Prevención, mitigación y seguimiento.
- **Etapa:** Todas las etapas.
- **Indicador:** Porcentaje de inspecciones realizadas y porcentaje de acciones correctivas atendidas.
- **Evidencia:** Bitácora ambiental, listas de verificación, fotografías e informes de cumplimiento.

Cuadro 4.13 Estrategias de prevención y mitigación para el factor agua

No.	Impacto atendido	Estrategia	Tipo de medida	Etapa	Indicador principal
1	Alteración de calidad y escurrimiento	Delimitación y control de áreas de trabajo	Prevención	Preparación/Construcción	Superficie delimitada
2	Aporte de sedimentos y modificación del escurrimiento	Control de escurrimientos y sedimentos	Prevención/ Mitigación	Preparación/Construcción	Ausencia de arrastre significativo
3	Alteración de calidad del agua	Control de materiales y residuos en zonas de escurrimiento	Prevención	Preparación/Construcción	Ausencia de materiales en zonas de drenaje
4	Contaminación potencial	Prevención y atención de derrames	Prevención/ Mitigación	Todas	Eventos atendidos
5	Alteración de calidad	Manejo adecuado de residuos	Prevención	Todas	Residuos manejados correctamente
6	Contaminación por aguas residuales	Manejo sanitario durante construcción	Prevención	Construcción	Ausencia de descargas directas
7	Contaminación por aguas residuales	Mantenimiento de red sanitaria	Prevención/ Mitigación	Operación	Fallas atendidas
8	Alteración de	Mantenimiento de red	Prevención/	Operación	Inspecciones

	calidad/infiltración	hidráulica	Mitigación		realizadas
9	Modificación de infiltración	Conservación de superficies permeables y áreas verdes	Mitigación	Construcción/ Operación	Superficie permeable conservada
10	Modificación del escurrimiento	Mantenimiento de infraestructura de drenaje	Prevención/ Mitigación	Operación	Drenaje funcional
11	Todos los anteriores	Supervisión ambiental del componente agua	Seguimiento	Todas	Inspecciones y correctivos

IV.2.4 FACTOR AMBIENTAL: AIRE

Las actividades del proyecto que presentan interacción con el componente aire se concentran principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción, debido al empleo de maquinaria, vehículos y equipos, así como al movimiento, carga, descarga y transporte de materiales. Los principales efectos previstos corresponden a la generación de partículas suspendidas y emisiones atmosféricas, además del incremento temporal de los niveles de ruido asociados a la operación de maquinaria y equipo.

Durante la preparación del sitio, las actividades de CUSTF, limpieza, relleno y terracerías, y topografía y nivelación pueden generar partículas por la remoción de vegetación, exposición del suelo, movimiento de materiales y tránsito de maquinaria. De acuerdo con la evaluación realizada, estos efectos presentan intensidades que van de bajas a moderadas y tienen, principalmente, carácter temporal.

Durante la construcción, las interacciones más relevantes se relacionan con la ejecución de las vialidades, instalación de la red eléctrica y alumbrado, red hidráulica y sanitaria, y áreas verdes y acabados. En esta etapa, la circulación de maquinaria y vehículos y el movimiento de materiales constituyen las principales fuentes potenciales de emisiones y partículas.

Durante la operación y mantenimiento, las emisiones atmosféricas se reducirán considerablemente respecto de las etapas constructivas y estarán asociadas principalmente con la circulación vehicular y, de manera ocasional, con las actividades de mantenimiento de la infraestructura básica.

MEDIDA 1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MAQUINARIA Y VEHÍCULOS

La maquinaria, vehículos y equipos utilizados durante las actividades de preparación y construcción deberán mantenerse en condiciones adecuadas de funcionamiento,

mediante la realización de los servicios de mantenimiento preventivo que correspondan.

Se verificará que los vehículos y equipos empleados no presenten emisiones ostensiblemente excesivas de humo u otras condiciones que indiquen un funcionamiento deficiente. Cuando se identifique alguna anomalía, el equipo deberá retirarse temporalmente de operación para su revisión y mantenimiento.

Esta medida permitirá reducir las emisiones provenientes de procesos de combustión y contribuirá al funcionamiento eficiente de la maquinaria.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Preparación del sitio, construcción y mantenimiento.
- **Impactos atendidos:** Emisiones atmosféricas y partículas suspendidas.
- **Indicador:** Maquinaria y vehículos con mantenimiento vigente.
- **Evidencia:** Bitácoras de mantenimiento, inspecciones y registros correspondientes.

MEDIDA 2. CONTROL DE PARTÍCULAS DURANTE EL MOVIMIENTO DE TIERRAS

Durante las actividades de despalme, excavación, relleno, terracerías y nivelación se implementarán acciones para disminuir la generación y dispersión de partículas.

Cuando las condiciones ambientales y de la obra lo requieran, se realizará humectación controlada de las superficies expuestas, evitando aplicar cantidades excesivas de agua que puedan generar escurrimientos o afectar la estabilidad del terreno.

La frecuencia de humectación se ajustará de acuerdo con las condiciones meteorológicas, el tipo de material y el grado de exposición de las superficies.

- **Tipo de medida:** Prevención y mitigación.
- **Etapa:** Preparación y construcción.
- **Impactos atendidos:** Generación de partículas suspendidas.
- **Indicador:** Frentes de trabajo con control de polvo cuando las condiciones lo requieran.
- **Evidencia:** Bitácora y registro fotográfico.

MEDIDA 3. CUBRIMIENTO DE MATERIALES DURANTE SU TRANSPORTE

Los materiales susceptibles de generar partículas durante su traslado deberán transportarse utilizando lonas, cubiertas o mecanismos equivalentes que eviten su dispersión por acción del viento.

Asimismo, se evitará la sobrecarga de los vehículos y se verificará que los materiales permanezcan contenidos durante el recorrido entre los sitios de extracción, almacenamiento y utilización.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Preparación y construcción.
- **Impactos atendidos:** Partículas suspendidas.
- **Indicador:** Vehículos que transporten materiales con sistema de cobertura.
- **Evidencia:** Inspecciones y registro fotográfico.

MEDIDA 4. CONTROL DE VELOCIDAD DE VEHÍCULOS

Dentro de las áreas de trabajo se establecerán velocidades de circulación que permitan reducir la resuspensión de partículas sobre superficies sin pavimentar. Los operadores deberán respetar las velocidades establecidas y evitar aceleraciones o maniobras innecesarias que favorezcan la dispersión de polvo.

Esta medida será complementaria a la humectación de superficies y al mantenimiento de las rutas de circulación.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Preparación y construcción.
- **Impactos atendidos:** Generación de partículas suspendidas.
- **Indicador:** Cumplimiento de las velocidades establecidas dentro del área de trabajo.
- **Evidencia:** Supervisión y bitácora ambiental.

MEDIDA 5. REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN DE SUPERFICIES DESNUDAS

Las actividades que impliquen remoción de suelo deberán ejecutarse de manera progresiva, procurando que las superficies permanezcan expuestas durante el menor tiempo técnicamente necesario.

Una vez concluidas las actividades de movimiento de tierras en cada frente, se procederá a su estabilización, conformación o incorporación a la infraestructura correspondiente.

Además de reducir el riesgo de erosión, esta medida contribuirá a disminuir la disponibilidad de material suelto susceptible de ser movilizado por el viento.

- **Tipo de medida:** Mitigación.
- **Etapa:** Preparación y construcción.
- **Impactos atendidos:** Partículas suspendidas.
- **Indicador:** Superficie desnuda y tiempo de exposición por frente de trabajo.
- **Evidencia:** Registros de avance y fotografías.

MEDIDA 6. MANEJO ORDENADO DE MATERIALES Y RESIDUOS

Los materiales de construcción, residuos y productos susceptibles de generar polvo deberán mantenerse en sitios definidos y ordenados, evitando su dispersión hacia áreas colindantes.

Los residuos de materiales finos, particularmente aquellos susceptibles de ser movilizados por viento, deberán mantenerse contenidos o cubiertos durante su almacenamiento temporal.

La limpieza de los frentes de trabajo se realizará periódicamente, evitando la acumulación de materiales que puedan convertirse en fuentes secundarias de partículas.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Preparación y construcción.
- **Impactos atendidos:** Partículas suspendidas.
- **Indicador:** Frentes de trabajo sin acumulación innecesaria de materiales pulverulentos.
- **Evidencia:** Inspecciones y registro fotográfico.

MEDIDA 7. EVITAR EL FUNCIONAMIENTO INNECESARIO DE MOTORES

Los motores de maquinaria y vehículos deberán permanecer apagados durante periodos prolongados de inactividad, siempre que las condiciones de seguridad y operación lo permitan.

Se evitará mantener maquinaria encendida sin necesidad dentro de los frentes de trabajo, reduciendo con ello el consumo innecesario de combustible y la generación de emisiones atmosféricas.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Preparación y construcción.
- **Impactos atendidos:** Emisiones atmosféricas.
- **Indicador:** Ausencia de funcionamiento innecesario de maquinaria durante las inspecciones.
- **Evidencia:** Bitácora de supervisión.

MEDIDA 8. ORGANIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MAYOR GENERACIÓN DE EMISIONES

Las actividades que impliquen una mayor generación temporal de partículas o emisiones deberán organizarse de manera que se evite su realización simultánea e innecesaria en diferentes frentes, siempre que la programación de la obra lo permita.

La ejecución progresiva de los trabajos permitirá concentrar las fuentes emisoras y facilitar la aplicación de medidas de control, particularmente durante las actividades de terracerías, nivelación y transporte de materiales.

- **Tipo de medida:** Mitigación.
- **Etapa:** Preparación y construcción.
- **Impactos atendidos:** Emisiones atmosféricas y partículas suspendidas.
- **Indicador:** Frentes de trabajo activos y actividades de mayor generación de partículas controladas.
- **Evidencia:** Programa de trabajo y bitácora ambiental.

MEDIDA 9. CONTROL DE EMISIONES DURANTE LA OPERACIÓN

Durante la operación del desarrollo habitacional, las principales emisiones atmosféricas estarán relacionadas con la circulación vehicular. Por ello, se promoverá que los vehículos que ingresen al desarrollo se encuentren en condiciones adecuadas de funcionamiento y se evitará el funcionamiento prolongado de motores estacionados.

Las vialidades y áreas comunes deberán mantenerse en condiciones adecuadas para reducir la generación de polvo asociada al tránsito sobre superficies no pavimentadas.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Operación y mantenimiento.
- **Impactos atendidos:** Emisiones atmosféricas y partículas suspendidas.
- **Indicador:** Condiciones adecuadas de vialidades y ausencia de fuentes innecesarias de emisión.
- **Evidencia:** Inspecciones de mantenimiento.

MEDIDA 10. SUPERVISIÓN AMBIENTAL DEL COMPONENTE AIRE

Durante la preparación y construcción se realizarán inspecciones para verificar el funcionamiento adecuado de la maquinaria y vehículos, el control de partículas, el cubrimiento de materiales, la aplicación de medidas de humectación cuando sean necesarias y el mantenimiento de las condiciones de limpieza de los frentes de trabajo.

Cuando se identifique una fuente de emisión que pueda ser controlada, se establecerá la acción correctiva correspondiente y se dará seguimiento hasta su atención.

- **Tipo de medida:** Prevención, mitigación y seguimiento.
- **Etapa:** Todas las etapas.
- **Impactos atendidos:** Emisiones atmosféricas y partículas suspendidas.
- **Indicador:** Inspecciones realizadas y acciones correctivas atendidas.
- **Evidencia:** Bitácora ambiental, listas de verificación y registros fotográficos.

Cuadro 4.14 Estrategias de prevención y mitigación para el factor aire

No.	Impacto atendido	Estrategia	Tipo de medida	Etapa	Indicador principal
1	Emisiones atmosféricas	Mantenimiento preventivo de maquinaria y vehículos	Prevención	Preparación/Construcción/Operación	Equipos con mantenimiento
2	Partículas suspendidas	Control de polvo durante movimiento de tierras	Prevención/ Mitigación	Preparación/Construcción	Frentes con control de polvo
3	Partículas suspendidas	Cubrimiento de materiales durante transporte	Prevención	Preparación/Construcción	Vehículos cubiertos
4	Partículas suspendidas	Control de velocidad vehicular	Prevención	Preparación/Construcción	Cumplimiento de velocidad
5	Partículas suspendidas	Reducción del tiempo de exposición del suelo	Mitigación	Preparación/Construcción	Superficie desnuda controlada
6	Partículas suspendidas	Manejo ordenado de materiales y residuos	Prevención	Preparación/Construcción	Frentes sin acumulaciones

7	Emisiones atmosféricas	Apagado de motores en periodos de inactividad	Prevención	Preparación/Construcción	Inspecciones de cumplimiento
8	Emisiones y partículas	Organización de actividades de mayor generación	Mitigación	Preparación/Construcción	Frentes controlados
9	Emisiones y partículas	Control de fuentes asociadas a la circulación vehicular	Prevención	Operación	Vialidades en condiciones adecuadas
10	Todos los anteriores	Supervisión ambiental	Seguimiento	Todas	Inspecciones y correctivos

IV.2.4 FACTOR AMBIENTAL: FLORA

La principal interacción del proyecto con el componente flora se presenta durante la etapa de preparación del sitio, particularmente como consecuencia de las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, que implicarán la remoción de vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia en una superficie de 0.8559 ha. Esta actividad genera efectos directos sobre la riqueza y diversidad florística al ocasionar la remoción de individuos y la transformación localizada de la estructura de la comunidad vegetal.

La evaluación de impactos identificó para la actividad de CUSTF una significancia de 3.84 tanto para riqueza específica como para diversidad, clasificándose ambos impactos como medios o moderados. Durante las etapas posteriores, las interacciones sobre la flora disminuyen en intensidad y se relacionan principalmente con la presencia y funcionamiento del desarrollo habitacional, así como con las actividades de mantenimiento de las áreas verdes y de la infraestructura.

En atención a estos impactos, se implementarán medidas diferenciadas de prevención, mitigación y recuperación, priorizando, en primer término, la reducción de afectaciones innecesarias durante el desmonte; en segundo término, el rescate y reubicación de ejemplares con viabilidad técnica; y finalmente, la recuperación de cobertura vegetal mediante el establecimiento y mantenimiento de vegetación nativa en la superficie destinada al **Programa de Reforestación**.

MEDIDA 1. DELIMITACIÓN ESTRICTA DE LAS SUPERFICIES SUJETAS A CUSTF

Previo al inicio de las actividades de desmonte se realizará la delimitación y señalización física de los polígonos autorizados para el CUSTF, evitando cualquier remoción de vegetación fuera de dichas superficies.

Los límites deberán permanecer claramente identificados durante el desarrollo de los trabajos y ser conocidos por el personal encargado de la operación de maquinaria y de las actividades de desmonte. El avance de los trabajos se realizará por frentes, de manera que únicamente se liberen para intervención aquellas áreas previamente verificadas.

Esta medida constituye la primera acción preventiva para evitar que la ejecución del proyecto genere una superficie de afectación mayor a la autorizada.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Preparación del sitio.
- **Impactos atendidos:** Pérdida de riqueza y diversidad florística.
- **Indicador:** Superficie efectivamente intervenida respecto de la superficie autorizada para CUSTF.
- **Evidencia:** Coordenadas, señalización, registros fotográficos y bitácora ambiental.

MEDIDA 2. CENSO, IDENTIFICACIÓN Y MARCAJE PREVIO DE EJEMPLARES

Antes de iniciar la remoción de la vegetación se efectuará un censo final de los ejemplares susceptibles de rescate, verificando especie, condición física, estado fitosanitario, talla y viabilidad de extracción.

Los ejemplares seleccionados serán identificados y marcados individualmente antes de la intervención. El Programa de Rescate establece que la inclusión de una especie en el inventario no implica necesariamente el traslado de todos sus individuos, ya que la decisión definitiva deberá sustentarse en la evaluación de cada ejemplar y en su viabilidad técnica.

Esta actividad permitirá diferenciar los ejemplares destinados al rescate de aquellos cuya extracción no resulte técnicamente viable, así como generar una base de referencia para el seguimiento posterior.

- **Tipo de medida:** Prevención y mitigación.
- **Etapa:** Preparación del sitio.
- **Impactos atendidos:** Pérdida de riqueza y diversidad florística.
- **Indicador:** 100 % de los ejemplares seleccionados identificados y registrados.
- **Evidencia:** Censo, fichas individuales, coordenadas, etiquetas y registro fotográfico.

MEDIDA 3. RESCATE Y REUBICACIÓN DE EJEMPLARES DE FLORA

Los ejemplares que, conforme al censo previo, presenten condiciones adecuadas para su manejo serán rescatados antes de la remoción de la vegetación y trasladados a superficies receptoras ambientalmente compatibles.

El rescate comprenderá las actividades de extracción, acondicionamiento, embalaje, transporte, reubicación y mantenimiento. Las técnicas se ajustarán a la forma de vida de cada ejemplar, diferenciando el manejo de árboles y arbustos juveniles, cactáceas, bromeliáceas, especies trepadoras y epífitas.

El programa establece como meta operativa mínima el rescate de 800 ejemplares, mientras que la meta calculada por especie alcanza 861 individuos; esta diferencia corresponde a la distribución prevista entre la superficie principal de reforestación y la superficie alternativa de reubicación.

- **Tipo de medida:** Mitigación.
- **Etapa:** Preparación del sitio.
- **Impactos atendidos:** Pérdida de riqueza y diversidad florística.
- **Indicador:** Número de ejemplares efectivamente rescatados y reubicados.
- **Evidencia:** Bitácora, fichas individuales, coordenadas y evidencia fotográfica.

MEDIDA 4. MANEJO DIFERENCIADO DE LOS EJEMPLARES RESCATADOS

La extracción y manejo de los ejemplares se realizará de acuerdo con sus características biológicas. Para árboles y arbustos juveniles se procurará conservar un cepellón proporcional a la talla; las cactáceas serán extraídas procurando conservar la mayor cantidad posible de raíces y su orientación; las bromeliáceas se manejarán conservando su base, raíces y sustrato asociado; mientras que las especies trepadoras o hemiepífitas serán liberadas cuidadosamente para evitar daños en tallos y raíces.

Las herramientas utilizadas deberán encontrarse limpias, afiladas y desinfectadas, y se evitarán podas intensivas como procedimiento rutinario. El objetivo será disminuir el estrés mecánico y fisiológico asociado con la extracción y aumentar las posibilidades de adaptación posterior.

- **Tipo de medida:** Mitigación.
- **Etapa:** Preparación del sitio.
- **Impactos atendidos:** Pérdida de ejemplares y diversidad florística.

- **Indicador:** Ejemplares rescatados sin daños irreversibles atribuibles al procedimiento.
- **Evidencia:** Bitácora de rescate y registro fotográfico.

MEDIDA 5. RESGUARDO, TRANSPORTE Y REUBICACIÓN DE LOS EJEMPLARES

Los ejemplares extraídos serán acondicionados y trasladados al sitio receptor en el menor tiempo posible, protegiendo el sistema radical, cepellón, tallos y follaje. Durante el transporte se evitarán golpes, desecación, exposición excesiva a radiación solar y movimientos bruscos.

Cuando resulte necesario un resguardo temporal, éste se realizará bajo condiciones de sombra parcial, ventilación y disponibilidad de agua, evitando tanto la desecación como el exceso de humedad.

La reubicación se efectuará en sitios que presenten condiciones compatibles con los requerimientos de las especies, evitando superficies severamente compactadas, encharcamientos prolongados, presencia dominante de especies invasoras o riesgos de afectación por nuevas obras.

- **Tipo de medida:** Mitigación.
- **Etapa:** Preparación del sitio y seguimiento.
- **Impactos atendidos:** Pérdida de ejemplares y diversidad florística.
- **Indicador:** 100 % de los ejemplares rescatados viables reubicados.
- **Evidencia:** Formatos de entrega-recepción, bitácora, coordenadas y fotografías.

MEDIDA 6. RECUPERACIÓN COMPLEMENTARIA DE GERMOPLASMA

Para aquellos ejemplares cuya talla o características hagan técnicamente inviable el trasplante completo, se podrá realizar la recuperación de material reproductivo viable, conforme a lo establecido en el Programa de Rescate y Reubicación de Flora.

Particularmente, se contempla la evaluación de los ejemplares de *Attalea butyracea* y *Ficus aurea* para la obtención de frutos, semillas o material vegetativo cuando se encuentre disponible. Esta acción permitirá conservar material biológico de ejemplares que no sean susceptibles de trasplante, sin generar una manipulación innecesaria de individuos adultos.

- **Tipo de medida:** Mitigación.
- **Etapa:** Preparación del sitio.
- **Impactos atendidos:** Pérdida de diversidad y material genético.
- **Indicador:** Ejemplares evaluados y lotes de germoplasma viable obtenidos cuando exista disponibilidad.
- **Evidencia:** Registro del ejemplar donante, fecha, cantidad y tratamiento aplicado.

MEDIDA 7. REFORESTACIÓN DE UNA SUPERFICIE DE 1.00 HA

Como medida de recuperación de cobertura vegetal, se ejecutará el **Programa de Reforestación** en una superficie de **1.00 ha**, localizada en la Fracción "A" de la Parcela núm. 103 Z-1 P1/3, ejido La Esperanza, municipio de Medellín de Bravo, Veracruz.

El programa establece una densidad inicial mínima de 1,100 plantas, integrada por 800 ejemplares procedentes del rescate y reubicación de flora y 300 plantas adicionales de especies nativas.

La plantación estará constituida por especies compatibles con las condiciones ambientales del sitio receptor y se realizará preferentemente al inicio de la temporada de lluvias. La reforestación se considera una medida de recuperación progresiva, por lo que no se plantea como sustitución inmediata de la cobertura forestal removida, sino como una acción para favorecer el establecimiento gradual de vegetación nativa, protección del suelo, infiltración y generación de hábitat.

- **Tipo de medida:** Mitigación y compensación.
- **Etapa:** Construcción y seguimiento.
- **Impactos atendidos:** Pérdida de riqueza y diversidad florística.
- **Indicador:** 1.00 ha reforestada y 1,100 plantas establecidas inicialmente.
- **Evidencia:** Coordenadas, registro de plantación, fotografías y reportes del programa.

MEDIDA 8. MANTENIMIENTO Y REPOSICIÓN DE LA VEGETACIÓN ESTABLECIDA

Los ejemplares reubicados y las plantas establecidas mediante el Programa de Reforestación estarán sujetos a acciones de mantenimiento que podrán incluir riegos de auxilio, control selectivo de vegetación competidora, rehabilitación de terrazas individuales, revisión de tutores y soportes y manejo fitosanitario, según las necesidades observadas en campo.

Cuando la mortalidad comprometa el cumplimiento de la meta de supervivencia, se realizarán acciones de reposición, diferenciando en los registros los ejemplares originales de aquellos establecidos como reposición. El Programa de Reforestación establece una meta mínima de **80 % de supervivencia** y una densidad viva mínima de 880 plantas al considerar la plantación inicial de 1,100 ejemplares.

- **Tipo de medida:** Mitigación y seguimiento.
- **Etapa:** Seguimiento.
- **Impactos atendidos:** Pérdida de cobertura y diversidad florística.
- **Indicador:** Supervivencia mínima del 80 %.
- **Evidencia:** Evaluaciones de supervivencia, registros fotográficos y bitácoras.

MEDIDA 9. CONSERVACIÓN DE ÁREAS VERDES Y VEGETACIÓN REMANENTE

Durante la construcción y operación del desarrollo se evitará la remoción innecesaria de vegetación que forme parte de las áreas verdes o superficies destinadas a permanecer con cobertura vegetal.

Las actividades de mantenimiento deberán realizarse procurando conservar ejemplares nativos y evitando la sustitución indiscriminada por especies ornamentales que puedan modificar innecesariamente la composición florística.

Asimismo, deberá prevenirse la introducción o propagación deliberada de **especies exóticas invasoras**, particularmente dentro de las superficies destinadas a recuperación vegetal.

- **Tipo de medida:** Prevención y mitigación.
- **Etapa:** Construcción y operación.
- **Impactos atendidos:** Alteración de riqueza y diversidad florística.
- **Indicador:** Superficie de áreas verdes conservada y ausencia de introducción de especies invasoras.
- **Evidencia:** Inspecciones y registros fotográficos.

MEDIDA 10. PREVENCIÓN DE AFECTACIONES DURANTE EL MANTENIMIENTO DEL DESARROLLO

Durante la operación, las actividades de mantenimiento de vialidades, redes de servicios y áreas comunes deberán ejecutarse evitando afectar las superficies destinadas a áreas verdes o los ejemplares vegetales que permanezcan en ellas.

Cuando sea necesario realizar intervenciones próximas a vegetación establecida, se deberán delimitar previamente las áreas de trabajo y evitar daños mecánicos por vehículos, herramientas, materiales o residuos.

Esta medida permitirá evitar que los impactos sobre flora se prolonguen o incrementen durante la etapa de funcionamiento del desarrollo.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Operación y mantenimiento.
- **Impactos atendidos:** Alteración de riqueza y diversidad florística.
- **Indicador:** Ausencia de daños a vegetación fuera de las áreas autorizadas para mantenimiento.
- **Evidencia:** Inspecciones y registro fotográfico.

MEDIDA 11. MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LOS EJEMPLARES REUBICADOS

Los ejemplares rescatados serán objeto de seguimiento para evaluar su supervivencia, condición fitosanitaria, estabilidad, crecimiento y adaptación al sitio receptor.

El Programa de Rescate contempla una línea base inmediatamente después de la reubicación, revisiones a los 15 días y un mes, seguimientos a los 3 y 6 meses y evaluaciones semestrales hasta los 24 meses.

En cada evaluación se registrará la condición de los ejemplares, presencia de hojas o brotes, estabilidad, daños, necesidades de riego, tutorado, limpieza o protección y evidencia fotográfica.

- **Tipo de medida:** Seguimiento.
- **Etapa:** Seguimiento posterior al rescate.
- **Impactos atendidos:** Pérdida de ejemplares y diversidad florística.
- **Indicador:** 100 % de los ejemplares reubicados sujetos a seguimiento.
- **Evidencia:** Formatos de monitoreo, fotografías y base de datos.

MEDIDA 12. SUPERVISIÓN AMBIENTAL DE LAS ACTIVIDADES RELACIONADAS CON FLORA

Todas las acciones relacionadas con el manejo de vegetación deberán contar con supervisión ambiental, particularmente durante la apertura de los frentes de trabajo y el CUSTF.

Antes de liberar cada frente para el desmonte se verificará que:

- se encuentre correctamente delimitado;
- se haya realizado el censo correspondiente;
- los ejemplares seleccionados estén identificados y marcados;
- se haya efectuado el rescate de los ejemplares viables;
- los ejemplares hayan sido trasladados o reubicados conforme al programa;
- no existan ejemplares rescatables pendientes de manejo.

El Programa de Rescate establece expresamente que la identificación, extracción y reubicación deberán concluir antes de la remoción de la vegetación correspondiente y que las actividades se desarrollarán progresivamente conforme se abran los frentes de trabajo.

- **Tipo de medida:** Prevención, mitigación y seguimiento.
- **Etapa:** Preparación, construcción y seguimiento.
- **Indicador:** Frentes liberados ambientalmente antes del desmonte.
- **Evidencia:** Formatos de liberación, bitácora y registro fotográfico.

Cuadro 4.15 Estrategias de prevención y mitigación para el factor flora

No.	Impacto atendido	Estrategia	Tipo de medida	Etapa	Indicador principal
1	Pérdida de riqueza y diversidad	Delimitación estricta de superficies CUSTF	Prevención	Preparación	Superficie intervenida conforme a autorización
2	Pérdida de ejemplares	Censo, identificación y marcaje previo	Prevención/ Mitigación	Preparación	Ejemplares identificados
3	Pérdida de ejemplares	Rescate y reubicación de flora	Mitigación	Preparación	Ejemplares rescatados y reubicados
4	Daños durante el rescate	Manejo diferenciado por forma de vida	Mitigación	Preparación	Ejemplares manejados conforme a procedimiento
5	Mortalidad por traslado	Resguardo, transporte y reubicación	Mitigación	Preparación/Seguimiento	Ejemplares reubicados
6	Pérdida de material genético	Recuperación complementaria de germoplasma	Mitigación	Preparación	Lotes viables obtenidos
7	Pérdida de cobertura vegetal	Reforestación de 1.00 ha	Mitigación/Compensación	Construcción/ Seguimiento	1.00 ha y 1,100 plantas iniciales
8	Pérdida de cobertura y diversidad	Mantenimiento y reposición	Mitigación	Seguimiento	≥80 % supervivencia
9	Alteración de áreas	Conservación de	Prevención/	Construcción/	Superficie

	verdes	vegetación remanente	Mitigación	Operación	conservada
10	Afectaciones durante mantenimiento	Protección de vegetación establecida	Prevención	Operación	Ausencia de daños
11	Mortalidad de ejemplares	Monitoreo y seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	100 % ejemplares evaluados
12	Todos los anteriores	Supervisión ambiental y liberación de frentes	Prevención/ Mitigación	Todas	Frentes liberados

IV.2.5 FACTOR AMBIENTAL: FAUNA

El proyecto presenta interacciones con el componente fauna principalmente durante la etapa de preparación del sitio, particularmente por las actividades asociadas al CUSTF y la remoción de la cobertura vegetal, debido a la pérdida localizada de sitios de refugio, alimentación, descanso y desplazamiento. A estos efectos se suman las perturbaciones generadas por la presencia de personal, maquinaria, vehículos y ruido durante la ejecución de las obras.

De acuerdo con la evaluación de impactos, la actividad de CUSTF presenta una significancia de 3.84 tanto para desplazamiento de fauna como para biodiversidad, clasificándose ambos impactos como medios o moderados. Durante la construcción, las interacciones sobre este componente disminuyen considerablemente, al estar relacionadas principalmente con la perturbación temporal ocasionada por el movimiento de maquinaria, tránsito vehicular y ejecución de las obras. Finalmente, durante la operación del desarrollo, la presencia permanente de población, vehículos, iluminación y ruido constituye una presión continua sobre la fauna que pueda utilizar las áreas verdes y superficies colindantes.

Como estrategia principal de manejo se implementará el Programa de Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre, el cual establece acciones de prevención, ahuyentamiento dirigido, rescate selectivo, manejo, traslado y liberación de ejemplares, particularmente en la superficie correspondiente al CUSTF. El programa contempla que las actividades se desarrollen de manera previa y progresiva conforme se habiliten los frentes de trabajo.

MEDIDA 1. DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS DE INTERVENCIÓN

Antes del inicio de las actividades de desmonte se delimitarán físicamente las superficies autorizadas para el CUSTF y los demás frentes de trabajo, evitando que maquinaria, vehículos y personal ingresen a áreas que no requieran intervención.

Esta medida permitirá reducir la pérdida innecesaria de hábitat y evitar perturbaciones adicionales sobre sectores de vegetación que permanezcan fuera de las áreas autorizadas.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Preparación del sitio y construcción.
- **Impactos atendidos:** Desplazamiento de fauna y alteración de biodiversidad.
- **Indicador:** Superficie intervenida conforme a la autorización.
- **Evidencia:** Señalización, planos, bitácora y registro fotográfico.

MEDIDA 2. INSPECCIÓN PREVIA DE LOS FRENTES DE TRABAJO

Antes de iniciar las actividades de desmonte y conforme se habiliten nuevos frentes de trabajo, se realizarán recorridos de inspección de fauna silvestre con el propósito de identificar ejemplares presentes, refugios, madrigueras, nidos, sitios de descanso o cualquier otra evidencia de fauna que pudiera encontrarse en riesgo.

La inspección permitirá determinar las acciones de manejo requeridas antes de iniciar la intervención y evitar que el avance de maquinaria se realice sobre ejemplares que permanezcan en el sitio.

El Programa de Rescate contempla recorridos preventivos y un esquema de revisión previo al avance del desmonte.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Preparación del sitio.
- **Impactos atendidos:** Desplazamiento y mortalidad potencial de fauna.
- **Indicador:** Frentes inspeccionados previamente al inicio del desmonte.
- **Evidencia:** Formatos de inspección, bitácora y registro fotográfico.

MEDIDA 3. AHUYENTAMIENTO DIRIGIDO

Como primera acción de manejo ante la presencia de fauna se aplicará ahuyentamiento dirigido, procurando que los ejemplares se desplacen de manera natural hacia áreas con vegetación y condiciones ambientales adecuadas fuera del frente de intervención.

El ahuyentamiento se realizará antes y durante el avance de las actividades de desmonte, evitando métodos que puedan causar lesiones o estrés innecesario a los ejemplares.

Esta estrategia tendrá prioridad sobre la captura cuando el ejemplar presente capacidad de desplazamiento y no exista una condición que justifique su manipulación.

- **Tipo de medida:** Prevención/Mitigación.
- **Etapa:** Preparación del sitio.
- **Impactos atendidos:** Desplazamiento y afectación directa de fauna.
- **Indicador:** Frentes de trabajo sujetos a ahuyentamiento preventivo.
- **Evidencia:** Bitácora y registros de campo.

MEDIDA 4. RESCATE SELECTIVO DE EJEMPLARES

Los ejemplares que permanezcan dentro de los frentes de trabajo después de las acciones de ahuyentamiento y que se encuentren en condiciones de riesgo serán objeto de rescate y reubicación.

El rescate será selectivo y estará dirigido principalmente a ejemplares con movilidad limitada, individuos juveniles, crías, ejemplares lesionados o especies que por sus características requieran manejo especializado.

No se realizará captura indiscriminada de fauna. El objetivo será intervenir únicamente sobre aquellos ejemplares cuya permanencia en el frente represente un riesgo asociado con la ejecución de las obras.

- **Tipo de medida:** Mitigación.
- **Etapa:** Preparación del sitio.
- **Impactos atendidos:** Desplazamiento y afectación directa de fauna.
- **Indicador:** Número de ejemplares rescatados y reubicados.
- **Evidencia:** Fichas de registro, bitácora, fotografías y coordenadas.

MEDIDA 5. MANEJO Y TRASLADO ADECUADO DE EJEMPLARES

Los ejemplares rescatados serán manipulados de acuerdo con sus características biológicas y trasladados utilizando métodos y contenedores adecuados para cada grupo taxonómico.

Se evitará la manipulación innecesaria y se procurará reducir el tiempo entre la captura y la liberación. Los organismos serán mantenidos en condiciones que disminuyan el estrés, evitando exposición excesiva al sol, temperaturas extremas, falta de ventilación o condiciones de hacinamiento.

Cuando sea necesario, el personal responsable utilizará equipo de protección y herramientas apropiadas para disminuir tanto el riesgo para los ejemplares como para las personas encargadas de su manejo.

- **Tipo de medida:** Mitigación.
- **Etapa:** Preparación del sitio.
- **Impactos atendidos:** Afectación directa y mortalidad de fauna.
- **Indicador:** Ejemplares trasladados sin daños atribuibles al manejo.
- **Evidencia:** Bitácoras y fichas de rescate.

MEDIDA 6. LIBERACIÓN EN SITIOS AMBIENTALMENTE COMPATIBLES

Los ejemplares rescatados serán liberados en sitios previamente seleccionados que presenten condiciones compatibles de cobertura vegetal, refugio, alimentación y conectividad.

La selección deberá considerar las características ecológicas de cada grupo y evitar sitios sujetos a perturbaciones inmediatas por maquinaria, tránsito vehicular u otras actividades del proyecto.

La liberación deberá realizarse procurando reducir al mínimo el tiempo de permanencia de los ejemplares en cautiverio temporal.

- **Tipo de medida:** Mitigación.
- **Etapa:** Preparación del sitio.
- **Impactos atendidos:** Pérdida de ejemplares y biodiversidad.
- **Indicador:** 100 % de los ejemplares rescatados viables liberados en sitios adecuados.
- **Evidencia:** Coordenadas de liberación, fichas y registro fotográfico.

MEDIDA 7. AVANCE PROGRESIVO DEL DESMONTE

Las actividades de desmonte se ejecutarán de manera gradual y por frentes de trabajo, evitando intervenir simultáneamente toda la superficie autorizada.

El avance progresivo permitirá que los ejemplares con capacidad de desplazamiento dispongan de oportunidades para abandonar naturalmente las áreas que serán intervenidas y permitirá realizar inspecciones y rescates inmediatamente antes de la apertura de cada frente.

Esta medida constituye un elemento fundamental para reducir la probabilidad de mortalidad directa de fauna durante la remoción de la vegetación.

- **Tipo de medida:** Prevención y mitigación.

- **Etapa:** Preparación del sitio.
- **Impactos atendidos:** Desplazamiento y mortalidad potencial.
- **Indicador:** Frentes abiertos progresivamente y sujetos a inspección previa.
- **Evidencia:** Programa de trabajo, bitácora y registros fotográficos.

MEDIDA 8. ATENCIÓN ESPECIAL DE NIDOS, MADRIGUERAS Y SITIOS DE REPRODUCCIÓN

Cuando durante las inspecciones se identifiquen nidos activos, madrigueras, refugios ocupados o ejemplares en condición reproductiva, se priorizará su protección y, cuando técnicamente sea posible, se evitará la intervención inmediata del sitio hasta que las condiciones permitan continuar con los trabajos.

Cuando la permanencia del elemento resulte incompatible con la ejecución autorizada, se determinará, con participación del personal especializado, la alternativa de manejo más adecuada.

Esta medida permitirá reducir la afectación sobre etapas particularmente sensibles del ciclo biológico de las especies.

- **Tipo de medida:** Prevención/Mitigación.
- **Etapa:** Preparación del sitio.
- **Impactos atendidos:** Biodiversidad y pérdida de ejemplares.
- **Indicador:** Sitios reproductivos identificados y atendidos conforme al protocolo.
- **Evidencia:** Registros de campo, fotografías y fichas de manejo.

MEDIDA 9. PROHIBICIÓN DE CAPTURA, CACERÍA Y AFECTACIÓN INTENCIONAL

Durante todas las etapas del proyecto quedará prohibida la captura, cacería, persecución, comercialización, extracción o daño intencional de ejemplares de fauna silvestre por parte del personal relacionado con las obras.

El personal será informado sobre estas restricciones y sobre el procedimiento que deberá seguirse cuando se detecte fauna dentro del área de trabajo.

Los ejemplares deberán ser reportados al personal responsable del manejo ambiental para determinar la acción correspondiente.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Todas las etapas.
- **Impactos atendidos:** Desplazamiento, mortalidad y pérdida de biodiversidad.
- **Indicador:** Personal capacitado y ausencia de registros de captura o afectación intencional.
- **Evidencia:** Listas de asistencia, materiales de capacitación y bitácora ambiental.

MEDIDA 10. MANEJO DE RESIDUOS PARA EVITAR ATRACCIÓN DE FAUNA OPORTUNISTA

Durante la construcción y operación se implementará un manejo adecuado de los residuos generados, evitando su acumulación y disposición en sitios accesibles para la fauna.

Los residuos orgánicos y sólidos urbanos deberán mantenerse en recipientes adecuados y retirarse periódicamente para evitar que funcionen como fuentes de alimento o refugio artificial para especies oportunistas.

Esta medida contribuirá a prevenir cambios innecesarios en la composición de la fauna asociada al área del proyecto.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Construcción y operación.
- **Impactos atendidos:** Biodiversidad y modificación de comunidades faunísticas.
- **Indicador:** Ausencia de residuos expuestos y de acumulaciones en los frentes.
- **Evidencia:** Inspecciones y registros fotográficos.

MEDIDA 11. CONTROL DE ILUMINACIÓN Y RUIDO DURANTE LA OPERACIÓN

Durante la operación se procurará que la iluminación exterior se limite a las áreas que requieran iluminación funcional y que su orientación reduzca, en la medida técnicamente posible, la emisión de luz directa hacia las áreas verdes y sectores de vegetación.

Asimismo, las actividades de mantenimiento que generen niveles elevados de ruido deberán realizarse durante horarios adecuados y evitarse cuando no sean necesarias.

Estas acciones contribuirán a disminuir la perturbación permanente sobre la fauna que pueda utilizar las áreas verdes o sectores colindantes.

- **Tipo de medida:** Prevención/Mitigación.
- **Etapa:** Operación y mantenimiento.
- **Impactos atendidos:** Desplazamiento y biodiversidad.
- **Indicador:** Mantenimiento de iluminación y actividades ruidosas bajo criterios de control.
- **Evidencia:** Inspecciones de mantenimiento.

MEDIDA 12. SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE FAUNA

Las acciones de rescate y reubicación serán supervisadas por personal con conocimientos en manejo de fauna silvestre, registrando las especies, número de ejemplares, condición, ubicación de captura y sitio de liberación.

El Programa establece que el seguimiento debe documentar los ejemplares efectivamente manejados y que la ausencia de rescates no deberá interpretarse como incumplimiento, ya que puede ser consecuencia del desplazamiento natural de los organismos o de la efectividad de las acciones de ahuyentamiento.

Por ello, el indicador de cumplimiento no deberá plantearse exclusivamente como un número obligatorio de animales rescatados, sino como el cumplimiento del protocolo de inspección, ahuyentamiento, rescate selectivo y liberación cuando exista fauna que requiera manejo.

- **Tipo de medida:** Prevención, mitigación y seguimiento.
- **Etapa:** Preparación, construcción y seguimiento.
- **Indicador:** Frentes inspeccionados y ejemplares manejados conforme al protocolo.
- **Evidencia:** Bitácoras, fichas de rescate, coordenadas y reportes de seguimiento.

Cuadro 4.16 Estrategias de prevención y mitigación para el factor fauna

No.	Impacto atendido	Estrategia	Tipo de medida	Etapa	Indicador principal
1	Desplazamiento y pérdida de hábitat	Delimitación de áreas de intervención	Prevención	Preparación/Construcción	Superficie intervenida conforme a autorización

2	Afectación y mortalidad	Inspección previa de frentes	Prevención	Preparación	Frentes inspeccionados
3	Desplazamiento	Ahuyentamiento dirigido	Prevención/ Mitigación	Preparación	Frentes sujetos a ahuyentamiento
4	Afectación directa	Rescate selectivo	Mitigación	Preparación	Ejemplares rescatados
5	Mortalidad por manejo	Manejo y traslado adecuado	Mitigación	Preparación	Ejemplares manejados adecuadamente
6	Pérdida de ejemplares	Liberación en sitios compatibles	Mitigación	Preparación	Ejemplares liberados
7	Mortalidad durante desmonte	Avance progresivo de frentes	Prevención/ Mitigación	Preparación	Frentes abiertos progresivamente
8	Afectación reproductiva	Protección de nidos, madrigueras y refugios	Prevención/ Mitigación	Preparación	Sitios sensibles atendidos
9	Mortalidad y pérdida de biodiversidad	Prohibición de captura y afectación intencional	Prevención	Todas	Personal capacitado
10	Alteración de comunidades	Manejo adecuado de residuos	Prevención	Construcción/ Operación	Residuos sin exposición
11	Perturbación	Control de iluminación y ruido	Prevención/ Mitigación	Operación	Medidas implementadas
12	Todos los anteriores	Supervisión y seguimiento del programa	Seguimiento	Todas	Inspecciones y registros

IV.2.6 FACTOR AMBIENTAL: PAISAJE

El proyecto generará una modificación permanente de las condiciones actuales del paisaje como consecuencia de la transformación de una superficie actualmente caracterizada principalmente por vegetación secundaria y áreas previamente intervenidas, hacia una unidad de carácter habitacional. Las principales interacciones se producirán durante la preparación del sitio y construcción, particularmente por la remoción de la cobertura vegetal, limpieza, movimiento de tierras, conformación de terracerías, establecimiento de vialidades e instalación de infraestructura.

De acuerdo con la evaluación de impactos, durante la preparación del sitio la actividad de CUSTF presenta una significancia de 3.28, mientras que las actividades de relleno/terracerías y topografía/nivelación generan modificaciones adicionales sobre la percepción y configuración visual del terreno. Durante la construcción, la principal interacción con el paisaje se relaciona con el establecimiento de las vialidades e infraestructura, mientras que durante la operación se consolidará la transformación de la unidad paisajística por la presencia permanente de los elementos asociados al desarrollo habitacional.

Las estrategias de manejo estarán orientadas principalmente a reducir la alteración visual innecesaria durante la ejecución de las obras, mantener ordenados y limpios los frentes de trabajo, evitar la dispersión de materiales y residuos y favorecer la integración visual del desarrollo mediante la conservación y establecimiento de vegetación en las superficies destinadas a áreas verdes.

MEDIDA 1. DELIMITACIÓN Y ORDENAMIENTO DE LOS FRENTES DE TRABAJO

Los frentes de trabajo serán delimitados y organizados de acuerdo con la programación de las obras, evitando la dispersión de maquinaria, materiales, residuos e instalaciones temporales hacia superficies que no formen parte de las áreas de intervención.

La delimitación permitirá mantener una separación clara entre las áreas en ejecución y aquellas destinadas a permanecer sin intervención, contribuyendo a reducir la percepción de desorden y evitando afectaciones visuales innecesarias.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Preparación y construcción.
- **Impacto atendido:** Modificación de la unidad paisajística.
- **Indicador:** Frentes de trabajo delimitados y ordenados.
- **Evidencia:** Registro fotográfico y bitácora ambiental.

MEDIDA 2. AVANCE PROGRESIVO DE LAS OBRAS

Las actividades de desmonte, movimiento de tierras y construcción se desarrollarán progresivamente, procurando evitar la apertura simultánea de frentes de trabajo que no sean necesarios para el avance de las obras.

Esta estrategia permitirá reducir la superficie que presenta temporalmente una condición de suelo desnudo, maquinaria, materiales y actividades constructivas, disminuyendo la alteración visual durante el proceso de ejecución.

Asimismo, las superficies que concluyan su función constructiva deberán incorporarse progresivamente a su destino final, evitando que permanezcan como áreas de obra sin función definida.

- **Tipo de medida:** Mitigación.
- **Etapa:** Preparación y construcción.

- **Impacto atendido:** Alteración temporal de la percepción visual.
- **Indicador:** Superficie de frentes activos respecto del avance programado.
- **Evidencia:** Programa de obra, reportes de avance y fotografías.

MEDIDA 3. MANEJO ORDENADO DE MATERIALES Y MAQUINARIA

Los materiales de construcción, equipos y maquinaria deberán permanecer únicamente en los sitios destinados para su utilización o almacenamiento temporal. Se evitará la acumulación indiscriminada de materiales, maquinaria fuera de servicio, empaques, residuos o elementos ajenos a la obra que puedan incrementar el contraste visual del proyecto con su entorno.

Los materiales deberán organizarse de manera que no obstruyan vialidades, áreas verdes o zonas de circulación y que su almacenamiento no genere afectaciones sobre superficies colindantes.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Preparación y construcción.
- **Impacto atendido:** Alteración de la calidad visual del paisaje.
- **Indicador:** Frentes sin acumulación innecesaria de materiales o maquinaria.
- **Evidencia:** Inspecciones y registro fotográfico.

MEDIDA 4. MANEJO Y RETIRO OPORTUNO DE RESIDUOS

Los residuos generados durante las actividades de preparación y construcción serán retirados periódicamente de los frentes de trabajo y almacenados temporalmente en sitios definidos.

No se permitirá la acumulación prolongada de residuos, materiales de demolición, empaques, sobrantes de construcción o cualquier otro elemento que pueda generar una condición visual de abandono o desorden.

Una vez concluidas las actividades constructivas, se realizará la limpieza de las áreas intervenidas y el retiro de las instalaciones y elementos temporales que ya no sean necesarios.

- **Tipo de medida:** Prevención y mitigación.
- **Etapa:** Todas las etapas.
- **Impacto atendido:** Alteración visual del paisaje.
- **Indicador:** Frentes de trabajo libres de residuos acumulados.

- **Evidencia:** Bitácora y registros fotográficos.

MEDIDA 5. RECUPERACIÓN PROGRESIVA DE ÁREAS VERDES

Las superficies destinadas a áreas verdes serán acondicionadas progresivamente conforme avance la construcción, evitando que permanezcan innecesariamente como superficies desnudas.

La incorporación de vegetación permitirá disminuir gradualmente el contraste visual generado por las superficies construidas y contribuirá a generar una transición entre los elementos artificiales del desarrollo y los componentes naturales o seminaturales presentes en el entorno.

Esta acción se complementará con las actividades establecidas en el **Programa de Reforestación**, que contempla el establecimiento de vegetación nativa en una superficie de 1.00 ha.

- **Tipo de medida:** Mitigación.
- **Etapa:** Construcción y seguimiento.
- **Impacto atendido:** Modificación permanente de la unidad paisajística.
- **Indicador:** Superficie de áreas verdes establecida y conservada.
- **Evidencia:** Registro fotográfico, planos y reportes del programa.

MEDIDA 6. CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE VEGETACIÓN

La vegetación que permanezca en las áreas destinadas a conservación o áreas verdes deberá mantenerse en condiciones adecuadas, evitando podas, remociones o sustituciones innecesarias.

El mantenimiento deberá favorecer la permanencia de especies nativas y evitar la introducción indiscriminada de especies que puedan alterar la composición vegetal o generar una integración paisajística poco compatible con las condiciones ambientales locales.

La vegetación establecida mediante el Programa de Reforestación será objeto de mantenimiento y seguimiento conforme a dicho instrumento.

- **Tipo de medida:** Mitigación.
- **Etapa:** Construcción y operación.
- **Impacto atendido:** Modificación de la unidad paisajística.

- **Indicador:** Superficie vegetal conservada y ejemplares establecidos con mantenimiento.
- **Evidencia:** Registros de mantenimiento y fotografías.

MEDIDA 7. LIMPIEZA Y RESTITUCIÓN DE ÁREAS INTERVENIDAS TEMPORALMENTE

Las superficies utilizadas temporalmente para almacenamiento, circulación, maniobras o instalación de infraestructura auxiliar deberán ser limpiadas y restituidas una vez que dejen de ser necesarias.

Se retirarán materiales, residuos, estructuras provisionales y cualquier elemento ajeno a la condición final prevista para el área.

Cuando técnicamente corresponda, se realizará la regularización de la superficie y su incorporación a áreas verdes u otros usos establecidos por el proyecto.

- **Tipo de medida:** Mitigación.
- **Etapa:** Construcción.
- **Impacto atendido:** Alteración temporal del paisaje.
- **Indicador:** Superficies temporales restituidas al concluir su utilización.
- **Evidencia:** Registro fotográfico antes y después de la restitución.

MEDIDA 8. INTEGRACIÓN VISUAL DE LA INFRAESTRUCTURA

La infraestructura básica del desarrollo deberá mantenerse en condiciones adecuadas de conservación, evitando deterioro, acumulación de materiales, instalaciones provisionales prolongadas o elementos que generen una condición visual de abandono.

Durante la operación, las actividades de mantenimiento deberán procurar conservar las áreas comunes, vialidades, alumbrado y demás infraestructura en condiciones funcionales y visualmente ordenadas.

La incorporación de vegetación en áreas verdes contribuirá adicionalmente a reducir el contraste visual entre las superficies urbanizadas y el entorno.

- **Tipo de medida:** Mitigación.
- **Etapa:** Operación y mantenimiento.
- **Impacto atendido:** Transformación permanente de la unidad paisajística.

- **Indicador:** Infraestructura y áreas comunes en condiciones adecuadas de conservación.
- **Evidencia:** Inspecciones y registro fotográfico.

MEDIDA 9. EVITAR ELEMENTOS AJENOS AL PROYECTO EN ÁREAS EXTERIORES

Durante la operación se evitará utilizar áreas verdes, vialidades o espacios comunes como sitios de almacenamiento permanente de materiales, residuos, vehículos fuera de operación u otros elementos que no formen parte de la infraestructura del desarrollo.

Esta medida permitirá mantener una condición visual ordenada y evitar que la ocupación cotidiana genere modificaciones adicionales a la calidad paisajística.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Operación y mantenimiento.
- **Impacto atendido:** Alteración de la calidad visual del paisaje.
- **Indicador:** Ausencia de almacenamiento permanente de elementos ajenos al proyecto.
- **Evidencia:** Inspecciones periódicas.

MEDIDA 10. SUPERVISIÓN AMBIENTAL DEL COMPONENTE PAISAJE

Durante la preparación y construcción se realizarán inspecciones para verificar el orden y limpieza de los frentes, manejo adecuado de materiales y residuos, delimitación de las áreas de trabajo y recuperación progresiva de superficies.

Durante la operación, la supervisión se orientará a verificar el mantenimiento de áreas verdes, infraestructura y espacios comunes, así como la ausencia de acumulaciones de residuos o materiales que deterioren la calidad visual del desarrollo.

- **Tipo de medida:** Prevención, mitigación y seguimiento.
- **Etapa:** Todas las etapas.
- **Impacto atendido:** Alteración de la unidad paisajística.
- **Indicador:** Inspecciones realizadas y acciones correctivas atendidas.
- **Evidencia:** Bitácora ambiental, listas de verificación y registro fotográfico.

Cuadro 4.17 Estrategias de prevención y mitigación para el factor paisaje

No.	Impacto atendido	Estrategia	Tipo de medida	Etapa	Indicador principal
1	Modificación de la unidad paisajística	Delimitación y ordenamiento de frentes	Prevención	Preparación/Construcción	Frentes delimitados
2	Alteración visual temporal	Avance progresivo de las obras	Mitigación	Preparación/Construcción	Superficie de frentes activos
3	Alteración de calidad visual	Manejo ordenado de materiales y maquinaria	Prevención	Preparación/Construcción	Frentes ordenados
4	Alteración visual	Manejo y retiro oportuno de residuos	Prevención/ Mitigación	Todas	Frentes libres de residuos
5	Transformación paisajística	Recuperación progresiva de áreas verdes	Mitigación	Construcción/ Seguimiento	Superficie verde establecida
6	Pérdida de integración vegetal	Conservación y mantenimiento de vegetación	Mitigación	Construcción/ Operación	Superficie vegetal conservada
7	Alteración temporal	Limpieza y restitución de superficies temporales	Mitigación	Construcción	Superficies restituidas
8	Transformación permanente	Integración visual de infraestructura	Mitigación	Operación	Infraestructura conservada
9	Deterioro visual	Control de elementos ajenos al proyecto	Prevención	Operación	Ausencia de acumulaciones
10	Todos los anteriores	Supervisión ambiental	Seguimiento	Todas	Inspecciones y correctivos

IV.2.7 FACTOR AMBIENTAL: ENTORNO SOCIAL

El desarrollo del proyecto tendrá una interacción directa con el entorno social principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción, debido a la presencia de maquinaria, vehículos de transporte, personal de obra, movimiento de materiales y ejecución de trabajos relacionados con vialidades e infraestructura básica. Estas actividades pueden generar molestias temporales asociadas con tránsito vehicular, ruido, emisiones de partículas, ocupación temporal de accesos y circulación de vehículos pesados.

De manera paralela, la ejecución del proyecto representa una actividad generadora de empleo temporal y demanda de bienes y servicios relacionados con la construcción, mientras que su conclusión permitirá incorporar nueva oferta de suelo destinado a uso habitacional y consolidar infraestructura básica asociada al desarrollo.

Durante la operación, el proyecto estará sujeto a una dinámica predominantemente habitacional. Es importante precisar que el promovente **no contempla la construcción de las viviendas particulares de los futuros propietarios**, por lo que su responsabilidad ambiental se concentra en la ejecución y mantenimiento de las

obras autorizadas y en el cumplimiento de las obligaciones ambientales correspondientes. Las viviendas que posteriormente sean edificadas en los lotes estarán sujetas a los permisos y autorizaciones que correspondan a sus respectivos propietarios.

En consecuencia, las medidas propuestas para este componente se concentran en mantener condiciones adecuadas de seguridad y convivencia durante la ejecución de las obras, prevenir molestias a la población, controlar el tránsito asociado al proyecto, mantener comunicación y atención ante posibles incidencias y asegurar que las actividades constructivas se desarrollen dentro de las superficies y horarios previstos.

MEDIDA 1. DELIMITACIÓN Y SEÑALIZACIÓN DE LOS FRENTES DE TRABAJO

Los frentes de trabajo deberán encontrarse claramente delimitados y señalizados durante las actividades de preparación y construcción, particularmente en aquellos sitios donde exista circulación de maquinaria, vehículos de carga, personal de obra o movimiento de materiales.

La delimitación tendrá como finalidad evitar el acceso accidental de personas ajenas a la obra y mantener una separación adecuada entre las actividades constructivas y las áreas de circulación o uso cotidiano existentes en el entorno.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Preparación y construcción.
- **Impacto atendido:** Riesgo de interferencia con la población y actividades del entorno.
- **Indicador:** Frentes de trabajo delimitados y señalizados.
- **Evidencia:** Registro fotográfico y bitácora ambiental.

MEDIDA 2. CONTROL DE ACCESOS Y CIRCULACIÓN DE MAQUINARIA

La circulación de maquinaria y vehículos asociados al proyecto deberá realizarse utilizando los accesos y rutas de circulación establecidos para la ejecución de las obras.

Se evitará la circulación innecesaria de vehículos pesados por áreas ajenas al proyecto y se procurará que las maniobras de carga, descarga y movimiento de materiales se realicen dentro de las superficies destinadas para ello.

Esta medida permitirá reducir interferencias con la circulación cotidiana de la población y disminuir riesgos derivados de la interacción entre vehículos de obra, peatones y usuarios de las vialidades existentes.

- **Tipo de medida:** Prevención.

- **Etapa:** Preparación y construcción.
- **Impacto atendido:** Interferencia con la movilidad y seguridad de la población.
- **Indicador:** Vehículos y maquinaria circulando por rutas autorizadas.
- **Evidencia:** Bitácora de supervisión y registro fotográfico.

MEDIDA 3. SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA EN ZONAS DE CIRCULACIÓN

En los puntos donde exista interacción entre las actividades de obra y las zonas de circulación se colocará señalización preventiva visible, indicando la presencia de maquinaria, entrada y salida de vehículos, reducción de velocidad, trabajos en proceso o cualquier otra condición que represente un riesgo temporal.

La señalización deberá mantenerse en condiciones visibles durante el periodo en que exista la condición que dio origen a su colocación.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Preparación y construcción.
- **Impacto atendido:** Riesgos a la seguridad de población y trabajadores.
- **Indicador:** Señalización instalada en puntos de riesgo.
- **Evidencia:** Registro fotográfico e inspecciones.

MEDIDA 4. CONTROL DE RUIDO GENERADO POR LAS ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS

Las actividades que impliquen utilización de maquinaria y equipos deberán desarrollarse bajo condiciones de operación adecuadas, evitando mantener equipos encendidos de manera innecesaria.

Se dará preferencia al mantenimiento preventivo de maquinaria y vehículos para reducir emisiones sonoras asociadas con fallas mecánicas y se organizarán las actividades de mayor generación de ruido procurando reducir molestias innecesarias a la población cercana.

Esta medida se encuentra directamente vinculada con el impacto identificado sobre el componente aire–ruido durante las actividades constructivas.

- **Tipo de medida:** Prevención y mitigación.
- **Etapa:** Preparación y construcción.
- **Impacto atendido:** Molestias a la población por incremento temporal de niveles de ruido.
- **Indicador:** Maquinaria operando en condiciones adecuadas y ausencia de equipos innecesariamente encendidos.
- **Evidencia:** Bitácora de mantenimiento e inspecciones.

MEDIDA 5. CONTROL DE PARTÍCULAS DURANTE EL MOVIMIENTO DE TIERRAS

Durante las actividades que involucren despalme, excavación, relleno, terracerías, nivelación y transporte de materiales se aplicarán medidas para reducir la generación y dispersión de partículas.

Cuando las condiciones lo requieran, se realizará el control de polvo mediante humectación de superficies y se evitará mantener innecesariamente expuestas grandes superficies de suelo.

Con ello se busca reducir las molestias que las emisiones de partículas pudieran ocasionar sobre la población y actividades cercanas.

- **Tipo de medida:** Mitigación.
- **Etapa:** Preparación y construcción.
- **Impacto atendido:** Molestias por emisión y dispersión de partículas.
- **Indicador:** Frentes con control de polvo cuando sea requerido.
- **Evidencia:** Bitácora y registro fotográfico.

MEDIDA 6. MANEJO ADECUADO DE MATERIALES DURANTE SU TRANSPORTE

Los materiales que sean transportados hacia o desde el sitio deberán manejarse de manera que se evite su dispersión durante el trayecto.

Los vehículos deberán utilizar condiciones de carga adecuadas y, cuando corresponda por las características del material, utilizar cubierta para evitar la emisión de partículas o la caída de materiales sobre las vialidades.

Esta medida contribuirá tanto al control ambiental como a mantener condiciones adecuadas de seguridad y limpieza en las rutas utilizadas por los vehículos del proyecto.

- **Tipo de medida:** Prevención y mitigación.
- **Etapa:** Preparación y construcción.
- **Impacto atendido:** Emisiones de partículas, dispersión de materiales y afectaciones a la movilidad.
- **Indicador:** Vehículos de transporte con carga adecuadamente manejada.
- **Evidencia:** Inspecciones y registro fotográfico.

MEDIDA 7. MANTENIMIENTO DE ACCESOS Y VIALIDADES UTILIZADAS

Durante la construcción se procurará mantener en condiciones adecuadas los accesos y vialidades utilizadas por los vehículos relacionados con el proyecto.

En caso de que las actividades ocasionen acumulación de tierra, materiales o residuos sobre superficies de circulación, éstos deberán retirarse oportunamente.

El objetivo es evitar que el tránsito asociado al proyecto genere condiciones adicionales de riesgo o molestias para los usuarios de las vialidades.

- **Tipo de medida:** Prevención y mitigación.
- **Etapa:** Preparación y construcción.
- **Impacto atendido:** Interferencia con movilidad y seguridad vial.
- **Indicador:** Accesos y vialidades utilizadas libres de materiales y residuos derivados de la obra.
- **Evidencia:** Registro fotográfico y bitácora.

MEDIDA 8. MANEJO ADECUADO DE RESIDUOS

Los residuos generados durante las actividades de preparación y construcción deberán ser separados, almacenados temporalmente y retirados conforme a su naturaleza y a los procedimientos establecidos para el proyecto.

No se permitirá su disposición sobre vialidades, terrenos colindantes, áreas verdes, cauces, zonas de escurrimiento o espacios de uso público.

Además de prevenir impactos ambientales, esta medida permitirá evitar condiciones que puedan representar riesgos sanitarios, atraer fauna oportunista o generar una percepción negativa de las actividades del proyecto.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Todas las etapas.
- **Impacto atendido:** Riesgos sanitarios, molestias y deterioro del entorno.
- **Indicador:** Ausencia de residuos fuera de los sitios destinados para su manejo.
- **Evidencia:** Bitácora, comprobantes de manejo y registro fotográfico.

MEDIDA 9. CONDICIONES ADECUADAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJADORES Y POBLACIÓN

Las actividades constructivas deberán ejecutarse bajo condiciones que reduzcan la posibilidad de accidentes derivados de la interacción entre trabajadores, maquinaria, vehículos y personas ajenas a la obra.

Los frentes de trabajo deberán mantenerse ordenados y las actividades que impliquen riesgos específicos deberán contar con las medidas de seguridad correspondientes.

Esta medida deberá aplicarse de manera transversal durante la ejecución de las obras.

- **Tipo de medida:** Prevención.
- **Etapa:** Preparación y construcción.
- **Impacto atendido:** Riesgos a la seguridad de trabajadores y población.
- **Indicador:** Frentes de trabajo con condiciones adecuadas de seguridad.
- **Evidencia:** Listas de verificación, bitácora y registro fotográfico.

MEDIDA 10. ATENCIÓN Y SEGUIMIENTO DE INCIDENCIAS

Durante la ejecución del proyecto se mantendrá un mecanismo de registro y atención de incidencias relacionadas con las actividades constructivas, particularmente aquellas que pudieran involucrar molestias, afectaciones a accesos, generación de residuos, tránsito de maquinaria o cualquier otra situación que requiera atención.

Las incidencias identificadas deberán registrarse y, cuando corresponda, establecerse acciones correctivas y dar seguimiento hasta su atención.

- **Tipo de medida:** Prevención, mitigación y seguimiento.
- **Etapa:** Preparación y construcción.
- **Impacto atendido:** Molestias o afectaciones temporales a la población.
- **Indicador:** Incidencias registradas y atendidas.
- **Evidencia:** Bitácora ambiental y reportes de seguimiento.

MEDIDA 11. CONTRATACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE MANO DE OBRA LOCAL

En la medida en que las necesidades del proyecto y la disponibilidad de personal lo permitan, se procurará la contratación de trabajadores de la zona para las actividades constructivas que no requieran personal especializado externo.

Esta medida constituye un efecto socioeconómico favorable asociado con la ejecución del proyecto, al contribuir temporalmente a la generación de empleo y a la demanda de bienes y servicios relacionados con la construcción.

- **Tipo de medida:** Potenciación.
- **Etapa:** Preparación y construcción.
- **Impacto atendido:** Generación de empleo y actividad económica local.
- **Indicador:** Personal local contratado respecto del personal requerido, cuando exista disponibilidad.
- **Evidencia:** Registros administrativos y listas de personal.

MEDIDA 12. MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA DURANTE LA OPERACIÓN

Durante la operación del desarrollo habitacional, la infraestructura básica ejecutada como parte del proyecto deberá mantenerse en condiciones adecuadas de funcionamiento.

Se dará seguimiento particularmente a las redes hidráulicas y sanitarias, vialidades, alumbrado, áreas verdes y demás elementos que formen parte de la infraestructura autorizada.

El mantenimiento adecuado permitirá prevenir deterioro prematuro, fugas, obstrucciones, acumulación de residuos y otras condiciones que pudieran generar molestias o riesgos para los usuarios del desarrollo y su entorno.

- **Tipo de medida:** Prevención y mantenimiento.
- **Etapa:** Operación.
- **Impacto atendido:** Riesgos, molestias y deterioro de infraestructura.
- **Indicador:** Infraestructura básica en condiciones funcionales.
- **Evidencia:** Registros de mantenimiento.

Cuadro 4.18 Estrategias de prevención y mitigación para el entorno social

No.	Impacto atendido	Estrategia	Tipo de medida	Etapa	Indicador principal
1	Interferencia con población	Delimitación y señalización de frentes	Prevención	Preparación/Construcción	Frentes delimitados
2	Interferencia con movilidad	Control de accesos y circulación	Prevención	Preparación/Construcción	Rutas controladas
3	Riesgos a población y trabajadores	Señalización preventiva	Prevención	Preparación/Construcción	Señalización instalada
4	Molestias por ruido	Control de ruido y maquinaria	Prevención/ Mitigación	Preparación/Construcción	Maquinaria en condiciones adecuadas
5	Molestias por partículas	Control de emisiones de polvo	Mitigación	Preparación/Construcción	Frentes con control de polvo
6	Dispersión de materiales	Manejo adecuado durante transporte	Prevención/ Mitigación	Preparación/Construcción	Cargas adecuadamente manejadas
7	Interferencia con vialidades	Mantenimiento de accesos	Prevención/ Mitigación	Preparación/Construcción	Vialidades limpias
8	Riesgos sanitarios y molestias	Manejo adecuado de residuos	Prevención	Todas	Ausencia de residuos fuera de sitios autorizados
9	Accidentes	Condiciones de seguridad	Prevención	Preparación/Construcción	Frentes seguros
10	Molestias/incidencias	Registro y atención	Seguimiento	Preparación/Construcción	Incidencias atendidas

11	Empleo y economía local	Contratación de mano de obra local	Potenciación	Preparación/Construcción	Personal local contratado
12	Deterioro de infraestructura	Mantenimiento de infraestructura básica	Prevención	Operación	Infraestructura funcional

IV.3 VALORACIÓN ECONÓMICA DEL COSTO DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN

La valoración económica de las medidas ambientales constituye un elemento complementario para determinar la magnitud de los recursos que deberán destinarse al manejo, prevención, mitigación, restauración y compensación de los impactos ambientales identificados para el **PROYECTO DE LOTIFICACIÓN HABITACIONAL**.

El objetivo de esta valoración no consiste únicamente en establecer un monto global, sino en cuantificar económicamente las principales acciones ambientales necesarias para asegurar que los impactos identificados durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación sean atendidos mediante medidas técnicamente viables y verificables.

La estimación se realizó tomando como base las medidas de manejo propuestas para los diferentes factores ambientales, así como los programas específicos de **Rescate y Reubicación de Flora, Reforestación y Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre**, además de las acciones de prevención y mitigación relacionadas con suelo, agua, aire, paisaje y entorno social.

Para evitar duplicidades, las medidas que forman parte de una misma actividad operativa se integraron en conceptos de costo independientes, considerando que una misma acción puede atender simultáneamente más de un impacto ambiental.

La valoración económica considera los siguientes criterios:

1. **Superficie de intervención:** particularmente la superficie de CUSTF de **0.855907 ha** y la superficie de **1.00 ha destinada a reforestación**.
2. **Duración del proyecto:** se considera un periodo de ejecución de **24 meses**.
3. **Intensidad y naturaleza de los impactos:** se priorizan económicamente las medidas relacionadas con los impactos de mayor significancia identificados en la matriz.

4. **Medidas obligatorias y complementarias:** se incluyen tanto las acciones directamente asociadas al CUSTF como las medidas generales de prevención y mitigación.
5. **Seguimiento ambiental:** se considera la supervisión y documentación del cumplimiento durante las etapas de preparación y construcción.
6. **Costos directos:** corresponden a materiales, personal, equipo, transporte, establecimiento y mantenimiento requeridos para ejecutar las medidas.
7. **Costos indirectos:** se incorporan dentro de los conceptos correspondientes aquellos gastos necesarios para su ejecución, tales como herramientas menores, transporte local y consumibles.
8. **No duplicidad:** cuando una acción atiende simultáneamente diversos factores ambientales, su costo se contabiliza una sola vez.

Los montos que se presentan son **estimaciones de referencia en pesos mexicanos, sin IVA**, elaboradas para efectos de la valoración ambiental. Los costos definitivos podrán variar de acuerdo con las condiciones de contratación, disponibilidad de materiales, costos de transporte, características específicas del sitio y condiciones del mercado al momento de ejecutar las medidas.

IV.3.2 COSTOS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DURANTE LA PREPARACIÓN Y CONSTRUCCIÓN

En primer término, se consideran las acciones que serán ejecutadas de manera transversal durante las etapas de preparación del sitio y construcción. Estas medidas están relacionadas principalmente con la prevención de procesos erosivos, protección del suelo y agua, control de partículas y ruido, manejo de residuos, ordenamiento de los frentes de trabajo y seguridad ambiental.

Cuadro 4.19 Valoración económica de medidas generales de prevención y mitigación

No.	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo estimado ($)	Tipo
1	Delimitación y señalización de áreas de intervención	Lote	1	35,000	35,000	Prevención
2	Control de erosión y sedimentos durante movimiento de tierras	Lote	1	120,000	120,000	Mitigación
3	Manejo y conservación de suelo orgánico/topsoil	Lote	1	65,000	65,000	Prevención/ Mitigación

4	Control de partículas y humectación de superficies	Mes	18	4,500	81,000	Mitigación
5	Mantenimiento preventivo de maquinaria y control de emisiones	Lote	1	55,000	55,000	Prevención
6	Control de ruido y buenas prácticas operativas	Lote	1	30,000	30,000	Prevención/ Mitigación
7	Manejo integral de residuos de construcción	Mes	24	5,000	120,000	Prevención
8	Instalación y mantenimiento de infraestructura sanitaria temporal	Lote	1	45,000	45,000	Prevención
9	Medidas de protección de escurrimientos y drenaje	Lote	1	75,000	75,000	Prevención/ Mitigación
10	Limpieza y restitución de superficies utilizadas temporalmente	Lote	1	50,000	50,000	Mitigación
11	Señalización y medidas de seguridad para población y trabajadores	Lote	1	40,000	40,000	Prevención
12	Mantenimiento de accesos y control de tránsito de maquinaria	Lote	1	45,000	45,000	Prevención/ Mitigación
SUBTOTAL = $ 761,000						

IV.3.2 VALORACIÓN ECONÓMICA DEL PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE FLORA

Debido a que el proyecto contempla una superficie de CUSTF de **0.855907 ha**, se considera necesario incorporar el costo asociado con el rescate, manejo, traslado, establecimiento y seguimiento de los ejemplares vegetales susceptibles de ser rescatados.

El costo considera las diferentes actividades previstas en el programa: identificación y marcado, extracción, acondicionamiento, transporte, establecimiento, mantenimiento y seguimiento.

Cuadro 4.20 Costo estimado del Programa de Rescate y Reubicación de Flora

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo ($)
Personal técnico para identificación, censo y marcado	Jornada	20	2,000	40,000
Personal operativo para extracción y manejo	Jornada	25	1,500	37,500

Materiales y herramientas para extracción	Lote	1	25,000	25,000
Material de acondicionamiento y protección	Lote	1	18,000	18,000
Transporte de ejemplares	Servicio	8	3,500	28,000
Acondicionamiento de sitio de resguardo temporal	Lote	1	20,000	20,000
Establecimiento y reubicación	Lote	1	25,000	25,000
Mantenimiento y reposición	Lote	1	20,000	20,000
Seguimiento y monitoreo	Lote	1	30,000	30,000
TOTAL ESTIMADO = $ 243,500				

El monto anterior constituye una estimación para la ejecución integral del programa y deberá entenderse como un **costo ambiental directo asociado al CUSTF**.

IV.3.3 VALORACIÓN ECONÓMICA DEL PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE FAUNA SILVESTRE

El Programa de Rescate y Reubicación de Fauna considera acciones previas y durante el desmonte, incluyendo inspección del área, ahuyentamiento dirigido, captura selectiva cuando sea necesaria, manejo, traslado y liberación.

Debido a que la cantidad de individuos a rescatar **no puede determinarse previamente**, el costo no se establece a partir de un número fijo de animales, sino de las jornadas, personal y materiales necesarios para ejecutar el programa.

Cuadro 4.21 Costo estimado del Programa de Rescate y Reubicación de Fauna

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo ($)
Búsqueda e inspección previa	Jornada	20	2,000	40,000
Ahuyentamiento dirigido	Jornada	20	1,500	30,000
Captura y manejo selectivo	Jornada	15	2,000	30,000
Materiales y equipo de captura	Lote	1	25,000	25,000
Contenedores y elementos de transporte	Lote	1	15,000	15,000
Traslado y liberación	Servicio	8	3,500	28,000
Seguimiento y registros	Lote	1	20,000	20,000
TOTAL ESTIMADO = $ 188,000				

Este costo contempla la ejecución preventiva y selectiva del programa. **No se establece una meta artificial de número de animales rescatados**, ya que la cantidad efectiva dependerá de los ejemplares presentes durante las jornadas de intervención y de la respuesta natural de la fauna al ahuyentamiento.

IV.3.4 VALORACIÓN ECONÓMICA DEL PROGRAMA DE REFORESTACIÓN

El Programa de Reforestación considera una superficie de **1.00 ha**, con un establecimiento inicial de **1,100 individuos**, integrados por ejemplares provenientes del rescate de flora y ejemplares adicionales de especies nativas.

Se contempla asimismo mantenimiento, reposición de individuos y seguimiento hasta alcanzar una supervivencia mínima del **80 %**.

Cuadro 4.22 Costo estimado del Programa de Reforestación

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo ($)
Preparación de superficie	ha	1.00	35,000	35,000
Trazo y distribución de sitios de plantación	ha	1.00	12,000	12,000
Adquisición/producción de planta nativa complementaria	Planta	300	90	27,000
Transporte de planta	Lote	1	20,000	20,000
Plantación de 1,100 individuos	Planta	1,100	35	38,500
Tutores, protección y materiales	Planta	1,100	18	19,800
Mantenimiento	Mes	24	6,000	144,000
Reposición por mortalidad	Planta	220	90	19,800
Monitoreo y evaluación de supervivencia	Jornada	12	2,000	24,000
TOTAL ESTIMADO = $ 340,100				

La reposición se considera de manera preventiva para mantener la meta mínima de supervivencia establecida en el programa.

Es importante señalar que esta reforestación no se considera una sustitución inmediata del carbono o de la estructura forestal removida por el CUSTF**.** Su función ambiental corresponde a una acción de recuperación y compensación complementaria, cuyos beneficios ecológicos se desarrollarán progresivamente.

IV.3.5 MEDIDAS DE INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA

Para complementar la recuperación de las áreas verdes y reducir el contraste visual generado por la transformación del sitio, se considera un paquete de acciones de integración paisajística.

Cuadro 4.23 Costo estimado de medidas de integración paisajística

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo ($)
Limpieza final de frentes	Lote	1	30,000	30,000
Acondicionamiento de áreas verdes	Lote	1	45,000	45,000
Mantenimiento inicial de áreas verdes	Mes	12	4,000	48,000
Reposición y manejo de vegetación	Lote	1	25,000	25,000
TOTAL ESTIMADO = $148,000				

Estas actividades se vinculan directamente con las medidas propuestas para paisaje y con la recuperación progresiva de las áreas verdes del desarrollo.

IV.3.6 MEDIDAS PARA EL ENTORNO SOCIAL

Para el componente social se considera principalmente la implementación de medidas preventivas durante la construcción: señalización, control de accesos, seguridad, mantenimiento de vialidades utilizadas, atención de incidencias y comunicación operativa.

Cuadro 4.24 Costo estimado de medidas para el entorno social

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo ($)
Señalización preventiva y de seguridad	Lote	1	30,000	30,000
Control y ordenamiento de accesos	Lote	1	25,000	25,000
Mantenimiento de accesos utilizados	Mes	18	3,000	54,000
Atención y registro de incidencias	Lote	1	20,000	20,000
Supervisión de condiciones de seguridad ambiental	Lote	1	25,000	25,000
TOTAL ESTIMADO = $ 154,000				

IV.3.7 SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL

La supervisión ambiental será una actividad transversal durante la ejecución del proyecto y permitirá verificar el cumplimiento de las medidas establecidas para los diferentes componentes.

Considerando el periodo de ejecución de 24 meses, se propone incorporar un responsable o equipo de supervisión ambiental encargado de realizar recorridos, verificar frentes de trabajo, revisar bitácoras, documentar cumplimiento, emitir recomendaciones y dar seguimiento a las medidas establecidas.

Cuadro 4.25 Costo estimado de supervisión ambiental

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo ($)
Responsable/supervisor ambiental	Mes	24	12,000	288,000
Elaboración de reportes y documentación	Mes	24	2,500	60,000
Insumos, formatos y registro fotográfico	Mes	24	1,000	24,000
Visitas técnicas especializadas adicionales	Servicio	6	5,000	30,000
TOTAL ESTIMADO = $402,000				

IV.3.8 RESUMEN DE LA VALORACIÓN ECONÓMICA

Con base en los conceptos anteriores, el costo estimado de las medidas ambientales es el siguiente:

Cuadro 4.26 Resumen general de costos ambientales

No.	Programa / paquete de medidas	Tipo principal	Costo estimado ($)
1	Medidas generales de prevención y mitigación	Prevención/Mitigación	761,000
2	Programa de Rescate y Reubicación de Flora	Prevención/Mitigación	243,500
3	Programa de Rescate y Reubicación de Fauna	Prevención/Mitigación	188,000
4	Programa de Reforestación	Restauración/Compensación	340,100
5	Integración paisajística	Mitigación/Restauración	148,000
6	Medidas para el entorno social	Prevención/Mitigación	154,000
7	Supervisión y seguimiento ambiental	Seguimiento	402,000
TOTAL ESTIMADO = $2,236,600			

Por lo tanto, el **costo ambiental estimado para la ejecución de las medidas de prevención, mitigación, restauración, compensación y seguimiento del proyecto asciende a $2,236,600.00 M.N.**, antes de IVA.

El monto obtenido representa el compromiso económico ambiental mínimo estimado para implementar las principales medidas de manejo asociadas con el proyecto. La valoración evidencia que el manejo ambiental no se limita a acciones puntuales de rescate o reforestación, sino que requiere una aplicación transversal durante todo el proceso constructivo.

En particular, los recursos destinados a prevención y mitigación permitirán atender los impactos derivados del movimiento de tierras, conformación de vialidades, instalación de infraestructura y tránsito de maquinaria, mientras que los programas de flora y fauna permitirán reducir los efectos directos derivados de la intervención de la superficie de CUSTF.

La reforestación representa una acción complementaria de restauración y compensación, mediante la cual se pretende favorecer la recuperación de cobertura vegetal en una superficie de 1.00 ha. Su efecto ambiental deberá entenderse como progresivo, dado que la recuperación de estructura, biomasa, carbono y funciones ecológicas requiere un periodo mayor que el correspondiente a la ejecución física de la plantación.

Por otra parte, la supervisión ambiental constituye un componente fundamental de la valoración, ya que permite verificar que las medidas propuestas no permanezcan únicamente como compromisos documentales, sino que sean efectivamente implementadas, registradas y, cuando sea necesario, ajustadas mediante acciones correctivas.

En términos generales, la valoración económica demuestra que el proyecto contempla recursos específicos para atender los impactos ambientales identificados y establece una relación directa entre la magnitud de los impactos, las medidas propuestas y los recursos económicos necesarios para su ejecución.

Finalmente, los costos aquí presentados deberán considerarse como valores estimativos para efectos de la evaluación de impacto ambiental, por lo que no sustituyen los presupuestos ejecutivos, cotizaciones, contratos o costos reales que se generen durante la ejecución del proyecto. Los montos podrán actualizarse en función de las condiciones de mercado y de las necesidades operativas que se determinen durante la implementación de los programas ambientales.

IV.4 IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS, ACUMULATIVOS, SINÉRGICOS Y RESIDUALES DEL PROYECTO

La identificación y descripción de los impactos ambientales significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales permite complementar la valoración de los impactos obtenida mediante la matriz de evaluación, diferenciando aquellos efectos que, por sus características, requieren especial atención dentro de la estrategia de prevención, mitigación, restauración y compensación ambiental.

Para este análisis se consideraron las interacciones identificadas durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación, así como las características del área del proyecto, el contexto ambiental de la Región Ecológica correspondiente a la Subcuenca El Tejar, las condiciones actuales de transformación del territorio y las medidas de manejo ambiental propuestas.

La valoración mostró que los impactos de mayor relevancia se concentran principalmente durante la preparación del sitio y construcción, particularmente en las actividades de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), rellenos y terracerías, topografía y nivelación y construcción de vialidades. Durante la operación, las interacciones presentan principalmente un carácter permanente, asociado a la consolidación del uso habitacional, aunque con una intensidad menor que la correspondiente a las actividades directamente relacionadas con la transformación física inicial del terreno.

En ningún caso se identificaron interacciones con valores correspondientes a las categorías alta o muy alta de la escala de significancia utilizada. Los impactos de mayor valoración corresponden a la categoría media/moderada, por lo que las acciones ambientales se concentran en evitar su extensión, reducir su intensidad y favorecer la recuperación de los componentes que puedan ser restablecidos.

IV.4.1 IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS

Para efectos del presente análisis se consideran como impactos ambientalmente significativos aquellos que presentan una interacción de importancia relativa dentro del proyecto y que, por su permanencia, relación con componentes sensibles o capacidad limitada de recuperación, requieren medidas específicas de manejo.

1. MODIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN SUPERFICIAL DEL SUELO

Uno de los impactos relevantes corresponde a la modificación de la configuración superficial del terreno derivada de las actividades de CUSTF, relleno, terracerías y topografía/nivelación.

La evaluación asignó valores de significancia de 3.28 para CUSTF y hasta 4.12 para rellenos/terracerías y topografía/nivelación, correspondientes a una significancia media/moderada.

El impacto se origina por la remoción de cobertura vegetal, despalme, cortes, rellenos, compactación y conformación de superficies destinadas a vialidades e infraestructura.

Se trata de un impacto de carácter predominantemente adverso y permanente, debido a que una vez establecidas las cotas y superficies de las obras, la configuración original del terreno no será recuperada durante la vida útil del desarrollo.

No obstante, su expresión espacial se encuentra restringida al área de intervención del proyecto y las modificaciones se concentran en superficies destinadas a usos previamente definidos.

2. MODIFICACIÓN DE LA CAPTACIÓN E INFILTRACIÓN DEL AGUA

La transformación de superficies naturales o seminaturales y su sustitución por vialidades, superficies compactadas e infraestructura puede modificar la relación entre infiltración, escurrimiento superficial y captación local de agua.

La mayor significancia se presenta durante el CUSTF, con un valor de 3.70, mientras que los rellenos y terracerías presentan un valor de 3.84. Durante la operación, la interacción con el funcionamiento del desarrollo presenta un valor de 3.035.

Este impacto tiene un componente permanente debido a la consolidación de superficies modificadas. Su importancia se incrementa por las condiciones regionales de susceptibilidad a inundación identificadas en el diagnóstico ambiental.

Sin embargo, debe señalarse que la susceptibilidad preexistente del territorio a inundación no constituye un impacto generado por el proyecto. Representa una condición ambiental de vulnerabilidad que debe ser considerada en el diseño y manejo de las obras.

Las medidas relacionadas con drenaje, conservación de superficies permeables, áreas verdes, control de sedimentos y manejo de escurrimientos tienen como finalidad evitar que la transformación del terreno genere efectos adicionales sobre el comportamiento hidráulico local.

3. PÉRDIDA LOCALIZADA DE COBERTURA VEGETAL Y MODIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN

El CUSTF constituye el principal impacto directo sobre el componente biótico.

La superficie forestal que será intervenida corresponde a 0.855907 ha de Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC).

La remoción de esta cobertura representa una pérdida localizada de individuos vegetales y una modificación de la estructura y composición de la comunidad.

La evaluación asignó valores de 3.84 tanto para riqueza como para diversidad de flora, ubicándolos en la categoría media/moderada.

El impacto es adverso, directo y permanente en la superficie efectivamente sometida a CUSTF. Sin embargo, su relevancia regional se encuentra limitada por la reducida superficie intervenida en relación con la disponibilidad de la misma comunidad vegetal dentro de la Región Ecológica.

La superficie de VSa/SBC identificada cartográficamente en la Región Ecológica es de aproximadamente 344.2548 ha, por lo que la superficie de CUSTF representa aproximadamente 0.25 % de dicha cobertura.

Además, la comparación florística realizada mostró que las especies registradas en el CUSTF se encuentran representadas dentro de la composición regional estudiada, sin identificarse especies exclusivas del área de CUSTF.

Por ello, aunque constituye uno de los impactos directos más relevantes del proyecto, no se considera que represente una pérdida regional significativa de la comunidad vegetal.

Las medidas de rescate y reubicación, recuperación de germoplasma y reforestación están dirigidas a reducir la pérdida de individuos y favorecer la recuperación de cobertura vegetal.

4. MODIFICACIÓN DEL HÁBITAT Y DESPLAZAMIENTO DE FAUNA

La eliminación de cobertura vegetal, el movimiento de maquinaria, el ruido, la presencia humana y la transformación del terreno producirán una modificación localizada de las condiciones de hábitat y podrán ocasionar el desplazamiento temporal de ejemplares de fauna.

La valoración asignó 3.84 al desplazamiento de fauna y 3.84 a la alteración de la biodiversidad durante el CUSTF.

El efecto sobre el desplazamiento tiene principalmente un carácter temporal, debido a que los individuos pueden desplazarse hacia áreas contiguas durante la ejecución de las actividades. Por otra parte, la modificación de determinados elementos del hábitat presenta un componente permanente dentro de la superficie transformada.

La aplicación de inspecciones previas, ahuyentamiento dirigido, rescate selectivo y liberación en sitios compatibles permitirá disminuir la probabilidad de mortalidad directa y favorecer el desplazamiento natural de los organismos.

5. MODIFICACIÓN PERMANENTE DE LA UNIDAD PAISAJÍSTICA

El establecimiento de vialidades, infraestructura y superficies destinadas a uso habitacional modificará permanentemente la percepción visual y la composición de la unidad paisajística.

Durante la preparación del sitio, el CUSTF presenta una valoración de 3.28, mientras que durante la operación el funcionamiento del desarrollo habitacional presenta una valoración de 3.070.

Este impacto es permanente, dado que el proyecto representa una transformación del uso y estructura del sitio.

Sin embargo, la magnitud del efecto visual será parcialmente atenuada mediante la recuperación de áreas verdes, establecimiento de vegetación, limpieza de frentes y mantenimiento de infraestructura.

IV.4.2IMPACTOS AMBIENTALES ACUMULATIVOS

Los impactos acumulativos corresponden a aquellos que se adicionan a procesos de transformación ambiental preexistentes o a los efectos generados por otras actividades y ocupaciones existentes en el territorio.

En este proyecto, el principal componente acumulativo corresponde a la transformación progresiva del territorio asociada al crecimiento urbano y habitacional de la zona conurbada Veracruz–Boca del Río–Medellín de Bravo.

El área de estudio no constituye un territorio sin intervención, sino un mosaico en el que coexisten áreas de vegetación secundaria, pastizales, superficies agropecuarias, cuerpos de agua, asentamientos humanos y otras superficies transformadas.

En este contexto, el proyecto se incorpora a una dinámica territorial preexistente.

ACUMULACIÓN 1. TRANSFORMACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL

El CUSTF representa una contribución adicional a la transformación de coberturas vegetales secundarias que ya se ha producido históricamente en la región. La acumulación se expresa principalmente como:

fragmentación → reducción progresiva de superficies vegetadas → incremento de superficies transformadas → mayor aislamiento de remanentes vegetales.

Sin embargo, la superficie de CUSTF representa aproximadamente 0.25 % de la VSa/SBC regional identificada, por lo que la contribución individual del proyecto es reducida respecto de la escala regional.

ACUMULACIÓN 2. CONSOLIDACIÓN URBANA Y HABITACIONAL

El proyecto se inserta dentro de un contexto territorial caracterizado por expansión de asentamientos y desarrollos habitacionales. La construcción de nuevas vialidades, infraestructura y lotes representa una incorporación adicional de superficie al proceso de consolidación urbana.

El efecto acumulativo no deriva exclusivamente de este proyecto, sino de la suma de diversas modificaciones territoriales que han ocurrido y continúan ocurriendo en la región.En consecuencia, el principal mecanismo de manejo consiste en ejecutar el proyecto dentro de la superficie autorizada, evitando ocupaciones adicionales y manteniendo las áreas verdes previstas.

ACUMULACIÓN 3. MODIFICACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SUPERFICIAL DEL AGUA

La progresiva sustitución de superficies naturales o permeables por superficies compactadas y urbanizadas puede incrementar, a escala territorial, la generación y concentración de escurrimientos.

El proyecto representa una contribución localizada a este proceso, razón por la cual adquieren especial importancia las medidas de drenaje, manejo de escurrimientos, control de sedimentos y conservación de superficies permeables.

IV.4.3IMPACTOS AMBIENTALES SINÉRGICOS

Los impactos sinérgicos son aquellos en los que la interacción simultánea de dos o más acciones produce un efecto ambiental cuya expresión puede ser mayor que la correspondiente a la consideración aislada de cada acción.

En el presente proyecto se identifica una sinergia principalmente entre las actividades de remoción de vegetación, movimiento de tierras y establecimiento de superficies construidas, debido a que varias acciones inciden simultáneamente sobre los mismos procesos ambientales.

SINERGIA 1. VEGETACIÓN–SUELO–AGUA

El CUSTF, despalme, rellenos y nivelación actúan conjuntamente sobre la cobertura vegetal y las propiedades superficiales del suelo.

La remoción de vegetación deja expuesto el suelo, mientras que posteriormente las actividades de compactación y conformación modifican sus características físicas. En conjunto, estos procesos pueden:

- disminuir la protección superficial del suelo;
- incrementar temporalmente la susceptibilidad a erosión;
- modificar la infiltración;
- favorecer cambios en el escurrimiento superficial; y
- reducir la capacidad de regulación hidrológica de la superficie intervenida.

Por ello, aunque cada interacción fue evaluada individualmente en la matriz, existe una relación funcional entre ellas. La medida de manejo debe aplicarse de manera integral, mediante delimitación de superficies, control de erosión y sedimentos, manejo del suelo, reducción del tiempo de exposición y recuperación de áreas verdes.

SINERGIA 2. VEGETACIÓN–FAUNA–PAISAJE

La remoción de la cobertura vegetal genera simultáneamente una modificación del hábitat, desplazamiento de fauna y cambio en la percepción visual del sitio. Estos efectos se encuentran estrechamente relacionados: la reducción de cobertura vegetal disminuye recursos y refugios disponibles, incrementa la exposición de los organismos y, simultáneamente, modifica la estructura visual del paisaje.

Esta sinergia se concentra principalmente en la superficie de CUSTF y será de carácter localizado. Las medidas de rescate y reubicación de flora y fauna, junto con la reforestación y recuperación de áreas verdes, permitirán reducir parcialmente esta interacción.

SINERGIA 3. MOVIMIENTO DE TIERRAS–AIRE–ENTORNO SOCIAL

Las actividades de relleno, terracerías, nivelación y construcción de vialidades generan simultáneamente partículas, ruido, tránsito de maquinaria y presencia de personal. Aunque individualmente los efectos sobre aire y entorno social son principalmente temporales, su ocurrencia simultánea durante determinados periodos de construcción puede incrementar las molestias percibidas por la población cercana.

Por ello, las medidas de control de polvo, mantenimiento de maquinaria, organización de frentes, señalización y control de tránsito deberán implementarse de manera coordinada.

IV.4.4IMPACTOS AMBIENTALES RESIDUALES

Los impactos residuales son aquellos que permanecen después de la aplicación de las medidas de prevención y mitigación, debido a que el componente afectado no

puede recuperar completamente sus condiciones originales o porque la propia naturaleza del proyecto implica una transformación permanente. Para el presente proyecto se reconocen principalmente los siguientes impactos residuales:

RESIDUAL 1. TRANSFORMACIÓN PERMANENTE DEL USO DEL SUELO Y CONFIGURACIÓN SUPERFICIAL

Una vez concluidas las actividades de preparación y construcción, permanecerá una modificación de la configuración superficial del terreno en las áreas destinadas a vialidades, infraestructura y lotificación.

Las medidas de manejo pueden reducir procesos secundarios como erosión o deterioro del suelo, pero no pueden restituir completamente la configuración topográfica original mientras permanezca el desarrollo. Por ello, se considera un impacto residual de carácter permanente y localizado.

RESIDUAL 2. PÉRDIDA PERMANENTE DE COBERTURA FORESTAL EN LA SUPERFICIE AUTORIZADA PARA CUSTF

La remoción de los 0.855907 ha de VSa/SBC constituye un impacto residual, debido a que los ejemplares vegetales existentes en la superficie directamente transformada no serán restituidos en su ubicación original.

El rescate y reubicación permite recuperar una proporción de los individuos susceptibles de manejo, mientras que la reforestación contribuye a compensar y recuperar cobertura vegetal en otra superficie; sin embargo, estas acciones no representan una restitución inmediata de la estructura, composición, edad y biomasa de la comunidad originalmente removida. Por ello, la pérdida de cobertura forestal dentro del área efectivamente transformada debe reconocerse como residual.

RESIDUAL 3. MODIFICACIÓN PERMANENTE DE LA ESTRUCTURA DEL HÁBITAT

Aun después de aplicar las medidas de rescate y reubicación de fauna, permanecerá una modificación de las condiciones de hábitat dentro de la superficie ocupada por el desarrollo.

La fauna podrá utilizar áreas verdes, superficies vegetadas y espacios circundantes; sin embargo, la condición de hábitat existente antes de la intervención no será completamente restituida en las superficies ocupadas permanentemente. Por ello, el efecto residual se considera localizado y de intensidad moderada, sin evidencia de que implique una pérdida regional de biodiversidad.

RESIDUAL 4. MODIFICACIÓN PERMANENTE DEL PAISAJE

El desarrollo habitacional introducirá elementos construidos que modificarán de manera permanente la percepción visual del sitio.

Las áreas verdes, vegetación y mantenimiento de infraestructura pueden reducir el contraste visual, pero no eliminarán completamente la presencia de vialidades, infraestructura y superficies destinadas al uso habitacional. En consecuencia, la modificación paisajística constituye un impacto residual inherente a la naturaleza del proyecto.

RESIDUAL 5. MODIFICACIÓN DE LA RELACIÓN INFILTRACIÓN–ESCURRIMIENTO

La permanencia de superficies compactadas y construidas implica que una parte del terreno tendrá condiciones diferentes de infiltración respecto de la situación previa. Las áreas verdes y las medidas de manejo hidráulico permitirán reducir el efecto, pero no restituir completamente las condiciones hidrológicas superficiales originales en las áreas ocupadas por infraestructura.

Este impacto residual deberá manejarse mediante el mantenimiento permanente de los sistemas de drenaje y la conservación de superficies permeables.

IV.5 DELIMITACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL ÁREA DE INLFUENCIA DEL PROYECTO

Para la delimitación del **Área de Influencia (AI)** del **PROYECTO DE LOTIFICACIÓN HABITACIONAL**, se consideraron las características, dimensiones y naturaleza de las obras propuestas, así como la extensión espacial potencial de los impactos ambientales identificados para las diferentes etapas del proyecto.

De acuerdo con el enfoque establecido por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para la delimitación del área de influencia, ésta *debe establecerse considerando la extensión e intensidad de los impactos ambientales significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales, así como los mecanismos mediante los cuales dichos efectos pueden manifestarse sobre los componentes ambientales y sociales del entorno*.

En este sentido, el Área de Influencia no corresponde exclusivamente a la superficie física donde serán ejecutadas las obras, sino que comprende el espacio circundante dentro del cual podrían presentarse efectos directos o indirectos derivados de las actividades del proyecto.

Para su delimitación se consideraron los siguientes criterios técnicos:

- La superficie y configuración del área donde se desarrollará el proyecto.
- La naturaleza de las actividades de preparación del sitio y construcción.
- La superficie correspondiente al CUSTF de 0.855907 ha.
- La magnitud y significancia de los impactos ambientales identificados.
- La extensión espacial potencial de los impactos sobre los componentes abióticos, bióticos, paisajísticos y sociales.
- La movilidad y dispersión de agentes generadores de impacto, particularmente partículas suspendidas, ruido, emisiones de maquinaria y vehículos.
- La posibilidad de desplazamiento temporal de fauna silvestre hacia áreas adyacentes.
- La interacción potencial de las actividades de movimiento de tierras con los escurrimientos superficiales.
- La continuidad y conectividad de las coberturas vegetales existentes en el entorno inmediato.
- La modificación de la percepción visual derivada de las actividades constructivas y de la consolidación del desarrollo habitacional.
- La interacción temporal de vehículos, maquinaria y personal de obra con la infraestructura y movilidad existentes en el entorno.
- El grado de transformación y urbanización existente alrededor del proyecto.
- Las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación previstas para reducir la extensión e intensidad de los impactos.

A partir de estos criterios se determinó un **área de influencia con un radio de amortiguamiento de 500 m alrededor del polígono del proyecto**, considerando que esta distancia permite incorporar razonablemente el espacio territorial en el que podrían manifestarse los efectos indirectos asociados con las actividades previstas.

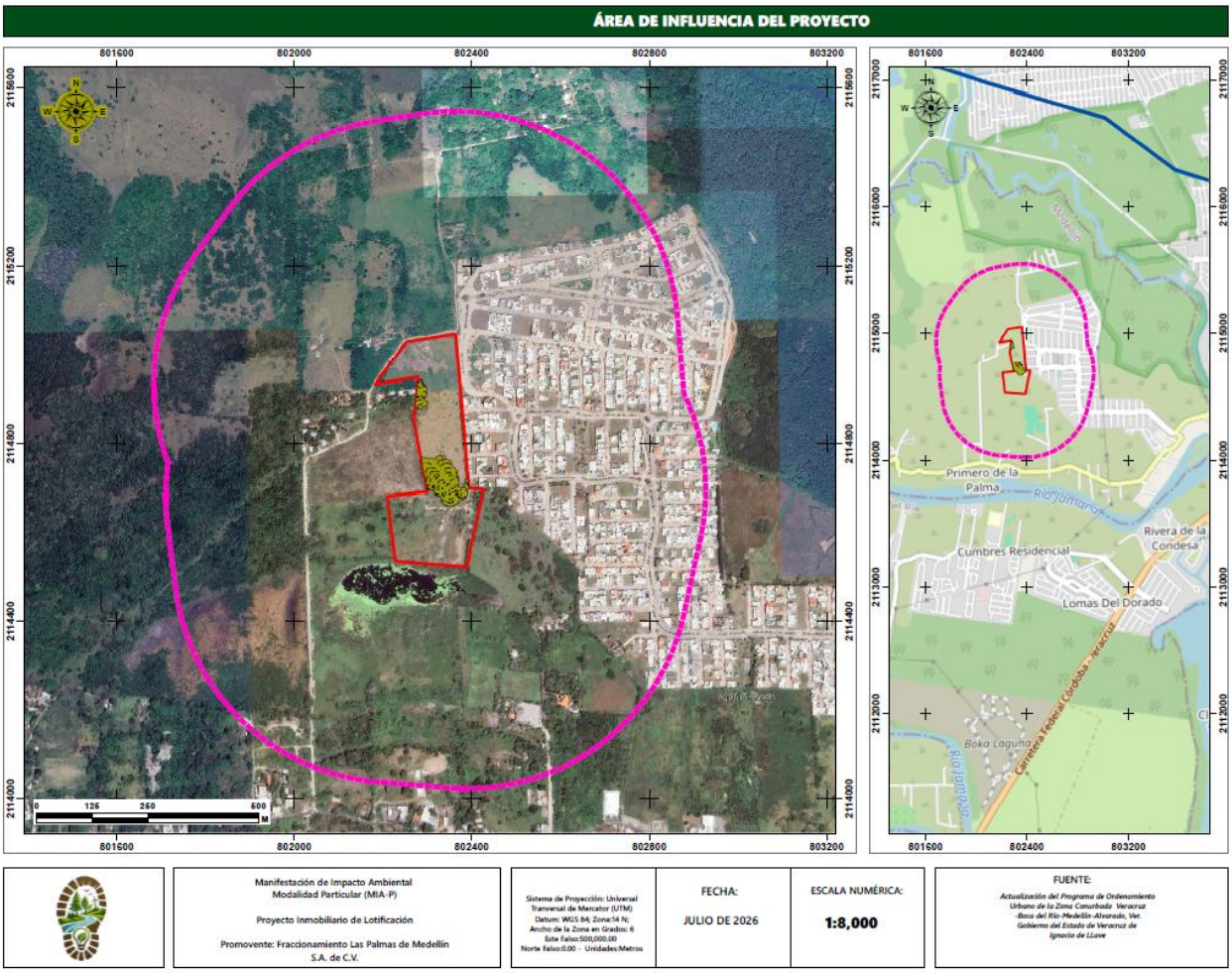


Imagen 4.1 área de Influencia delimitada.

La delimitación cartográfica presentada en la figura anterior muestra el **polígono del proyecto**, los **polígonos correspondientes al CUSTF** y el **Área de Influencia de 500 m**, así como su relación espacial con la **Subcuenca El Tejar**. El mapa fue elaborado en sistema de coordenadas UTM, Datum WGS 84, Zona 14 Norte, y permite observar la relación entre el área directamente intervenida y su entorno inmediato.

IV.5.1 JUSTIFICACIÓN DEL RADIO DE 500 M

La selección de un radio de **500 m** se realizó con base en la naturaleza y comportamiento esperado de los impactos identificados, buscando establecer una superficie suficientemente amplia para incorporar los efectos indirectos previsibles sin extender artificialmente el área de influencia hacia sectores en los que no existe una relación funcional razonable con las actividades del proyecto.

Durante la **preparación del sitio y construcción**, los principales mecanismos de interacción con el entorno corresponden a la remoción de vegetación, despalme, movimiento de tierras, rellenos, terracerías, nivelación, tránsito de maquinaria, transporte de materiales, generación de partículas y ruido.

Estos efectos presentan, en términos generales, una **extensión espacial limitada y una duración temporal**, disminuyendo su intensidad conforme aumenta la distancia respecto de la fuente generadora. En consecuencia, el establecimiento de una zona de amortiguamiento de 500 m permite incorporar el espacio inmediato dentro del cual resulta técnicamente razonable considerar la posible manifestación de estos efectos indirectos.

Particularmente, para el componente **aire**, la generación de partículas durante las actividades de movimiento de tierras y tránsito de vehículos constituye un efecto temporal cuya dispersión puede alcanzar superficies ubicadas fuera del polígono de intervención. No obstante, su magnitud disminuye mediante el control de polvo, humectación de superficies, manejo adecuado de materiales y reducción de superficies expuestas.

De manera similar, el **ruido generado por maquinaria y vehículos** puede ser perceptible fuera del área directamente intervenida. Sin embargo, se trata de un efecto temporal asociado principalmente con la etapa constructiva, cuya intensidad disminuye con la distancia a la fuente y que será controlado mediante mantenimiento de maquinaria, organización de las actividades y buenas prácticas operativas.

Para el componente **fauna**, se consideró que la movilidad natural de los organismos no se encuentra restringida por los límites del proyecto o del CUSTF. La presencia de maquinaria, personal, ruido y remoción de cobertura puede provocar desplazamientos temporales hacia áreas vegetadas contiguas. Por esta razón, el área de influencia incorpora el entorno inmediato dentro del cual podrían ocurrir movimientos o redistribuciones temporales de fauna durante las actividades de preparación.

En el caso de **agua y suelo**, la consideración del área de influencia responde principalmente a la posibilidad de que las actividades de movimiento de tierras modifiquen temporalmente las condiciones de escurrimiento superficial y generen transporte de sedimentos hacia sectores ubicados aguas abajo o en áreas de acumulación. Por ello, la delimitación de 500 m permite incorporar el entorno inmediato susceptible de mantener una relación hidrológica superficial con el sitio de intervención.

En cuanto al **paisaje**, el área de influencia permite considerar la zona desde la cual los elementos asociados con el desarrollo pueden ser perceptibles, particularmente durante las actividades de preparación y construcción. La incorporación de una superficie circundante permite valorar no solamente la transformación física del sitio, sino también su relación visual con el entorno inmediato.

Finalmente, respecto al **entorno social**, el área de influencia incorpora los sectores potencialmente relacionados con el tránsito de maquinaria, transporte de materiales, generación temporal de ruido y partículas y demás actividades constructivas que pudieran generar molestias o interferencias sobre la dinámica cotidiana del entorno.

IV.5.2 RELACIÓN ENTRE LOS IMPACTOS Y EL ÁREA DE INFLUENCIA

La delimitación de 500 m guarda correspondencia con los resultados obtenidos en la evaluación de impactos ambientales.

Los impactos de mayor valoración identificados para la preparación del sitio y construcción corresponden principalmente a la modificación de la configuración superficial del suelo, alteración de la infiltración y escurrimiento, pérdida localizada de vegetación, modificación del hábitat, desplazamiento de fauna y modificación del paisaje.

La mayoría de estos efectos se encuentran directamente asociados con las superficies donde se desarrollarán las obras. Sin embargo, algunos mecanismos secundarios pueden extenderse hacia el entorno inmediato, particularmente:

Cuadro 4.27 Resumen de la relación entre impactos y el área de influencia

Impacto	Mecanismo de extensión	Alcance esperado
Generación de partículas	Dispersión atmosférica	Local, temporal
Ruido	Propagación acústica	Local, temporal
Desplazamiento de fauna	Movilidad de organismos	Entorno inmediato
Transporte de sedimentos	Escurrimiento superficial	Local
Modificación del paisaje	Percepción visual	Entorno inmediato
Tránsito de maquinaria	Movilidad vehicular	Entorno inmediato
Residuos/materiales	Manejo inadecuado	Puntual/local
Modificación de infiltración	Cambio de superficies	Principalmente área intervenida

Esta relación permite establecer que **el área de influencia de 500 m constituye una delimitación precautoria y funcional**, ya que incorpora los mecanismos de propagación razonablemente previsibles sin asumir que todos los impactos alcanzarán necesariamente el límite exterior del buffer.

IV.5.3 RELACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA CON LA CONDICIÓN AMBIENTAL EXISTENTE

Un aspecto relevante para la delimitación del AI es que el proyecto se encuentra inmerso en un territorio que presenta un proceso previo de transformación y expansión urbana.

La interpretación de la imagen utilizada en el plano permite observar que el entorno inmediato presenta un mosaico integrado por superficies agropecuarias, vegetación secundaria, áreas abiertas y superficies urbanizadas, destacando la presencia de desarrollos habitacionales hacia el sector oriental del proyecto.

Esta condición resulta importante para la valoración de los impactos acumulativos, ya que el proyecto no constituye una intervención aislada dentro de un ecosistema continuo sin transformación, sino que se incorpora a un territorio donde ya existen procesos de cambio de uso del suelo, ocupación habitacional y desarrollo de infraestructura.

En consecuencia, el área de influencia de 500 m permite analizar adecuadamente la interacción del proyecto con su entorno ambiental inmediato, incluyendo tanto las áreas transformadas como los remanentes de vegetación y espacios abiertos que pudieran mantener alguna función ecológica local.

IV.5.4 RELACIÓN CON LA REGIÓN ECOLÓGICA

El Área de Influencia y la Región Ecológica cumplen funciones metodológicas diferentes dentro del presente estudio.

La Región Ecológica corresponde a la Subcuenca El Tejar, seleccionada como unidad territorial de referencia para analizar procesos ambientales de escala regional, tales como distribución de vegetación, condiciones climáticas, hidrología, características edafológicas, transformación territorial y tendencias ambientales.

En contraste, el Área de Influencia de 500 m se establece específicamente a partir de la extensión potencial de los impactos generados por el proyecto y tiene como finalidad caracterizar el entorno inmediato donde pueden manifestarse efectos directos o indirectos.

Por tanto:

- **Región Ecológica → escala de referencia ambiental y funcional.**
- **Área de Influencia (500 m) → escala de interacción proyecto–entorno.**

- **Área del Proyecto → superficie donde se ejecutarán las obras y actividades.**

Esta diferenciación evita confundir la escala de análisis regional con el espacio territorial directamente relacionado con la manifestación de los impactos.

IV.5.5 CONSIDERACIÓN DE LOS IMPACTOS ACUMULATIVOS, SINÉRGICOS Y RESIDUALES

La delimitación del Área de Influencia también consideró los efectos acumulativos, sinérgicos y residuales previamente identificados.

En materia de **sinergia**, se reconoce principalmente la interacción entre la remoción de vegetación, modificación del suelo y alteración de la infiltración y escurrimiento, así como entre vegetación, fauna y paisaje. Estos efectos presentan su mayor intensidad dentro del área directamente intervenida y disminuyen hacia el entorno.

Los **impactos acumulativos** se relacionan principalmente con la transformación progresiva del territorio y la expansión habitacional existente en la zona. Por ello, el buffer de 500 m permite analizar la relación del proyecto con las condiciones territoriales inmediatas y determinar si las obras representan una ampliación de procesos de transformación previamente existentes.

En cuanto a los **impactos residuales**, éstos se concentran principalmente dentro del polígono del proyecto, particularmente en la modificación permanente del terreno, transformación de la cobertura vegetal en la superficie autorizada para CUSTF, modificación del hábitat y transformación de la unidad paisajística.

Por lo anterior, no se considera técnicamente necesario extender el Área de Influencia más allá de los 500 m establecidos, dado que no se identificaron mecanismos de propagación de impactos que permitan sustentar una afectación ambiental directa o indirecta de mayor alcance espacial.

IV.5.6 CONCLUSIÓN DE LA DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

Con base en el análisis de las características del proyecto, los factores ambientales presentes, los mecanismos de generación y propagación de los impactos y las condiciones actuales de transformación del territorio, se determinó para efectos del presente estudio un Área de Influencia delimitada mediante un radio de amortiguamiento de 500 m alrededor del polígono del proyecto.

La superficie delimitada permite incorporar el entorno inmediato en el que razonablemente podrían manifestarse efectos indirectos derivados de las actividades de preparación del sitio, construcción y operación, particularmente aquellos relacionados con ruido, partículas suspendidas, tránsito de maquinaria, desplazamiento temporal de fauna, escurrimientos superficiales, percepción paisajística y dinámica social local.

Al mismo tiempo, el análisis de los impactos significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales indica que los efectos de mayor intensidad permanecen concentrados dentro del área directamente intervenida, mientras que aquellos capaces de trascender sus límites presentan principalmente carácter local, temporal y de intensidad decreciente con la distancia.

Por tanto, el radio de 500 m constituye una delimitación conservadora, técnicamente justificable y congruente con los mecanismos de interacción identificados, permitiendo caracterizar el espacio territorial inmediato sin generar una sobreestimación artificial de la zona potencialmente afectada por el proyecto.

La delimitación se representa cartográficamente en el plano denominado “Área de Influencia del Proyecto”, en el cual se muestra el buffer de 500 m respecto del sitio del proyecto, su relación con los polígonos CUSTF y su ubicación dentro de la Subcuenca El Tejar.