MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

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

DIRECION GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
AMBIENTAL

CAPÍTULO I:

DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO 3
I.1 Datos generales del proyecto 3
I.1.1 Nombre del proyecto 3
I.1.2 Ubicación del proyecto 3
I.1.3 Duración del proyecto 5
I.2 Datos generales del promovente 5
I.2.1 Nombre o Razón Social 5
I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes 5
I.2.3 Datos del Represente Legal 5
I.2.4 Dirección del Promovente para oír y recibir notificaciones 5
I.3 Responsable de la elaboración del documento técnico unificado 5
I.3.1 Nombre del responsable técnico del documento técnico unificado en materia de impacto ambiental 5
I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP 5
I.3.3 Dirección del responsable técnico del documento 5
I.3.4 Datos de inscripción en el Registro de la persona que haya formulado el documento en materia forestal y, en su caso, del responsable de dirigir la ejecución del cambio de uso de suelo 5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.Ubicación geográfica de la parcela 1181-Z2-P1. 4

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas UTM de la ubicación de la parcela 1181-Z2-P1 3

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO

I.1 Datos generales del proyecto

I.1.1 Nombre del proyecto

"APROVECHAMIENTO DE ROCA CALIZA POR DEBAJO DEL MANTO FREÁTICO EN LA PARCELA 1181-Z2-P1"

I.1.2 Ubicación del proyecto

Para fines de localización el proyecto "Aprovechamiento de roca caliza por debajo del manto freático en la parcela 1181-Z2-P1", se encuentra con pretendida ubicación en la parcela 1181 del ejido Puerto Morelos a 4,500 m al este de la carretera federal No. 307 Chetumal-Cancún, en el municipio de Puerto Morelos, Quintana Roo, con una superficie total de 643,601.54 m^2, bajo el siguiente sistema de coordenadas UTM, Datum WGS84, Zona 16 N:

Tabla 1. Coordenadas UTM de la ubicación de la parcela 1181-Z2-P1.

PARCELA 1181-Z2-P1		
UTM	**WGS84**	**Z 16**
VÉRTICE	**EJE X**	**EJEJ Y**
1	501996.12	2302638.34
2	502032.06	2303090.18
3	503705.14	2302955.95
4	503680.13	2302643.28
1	501996.12	2302638.34
SUPERFICIE	**643,601.54**	**m^2**

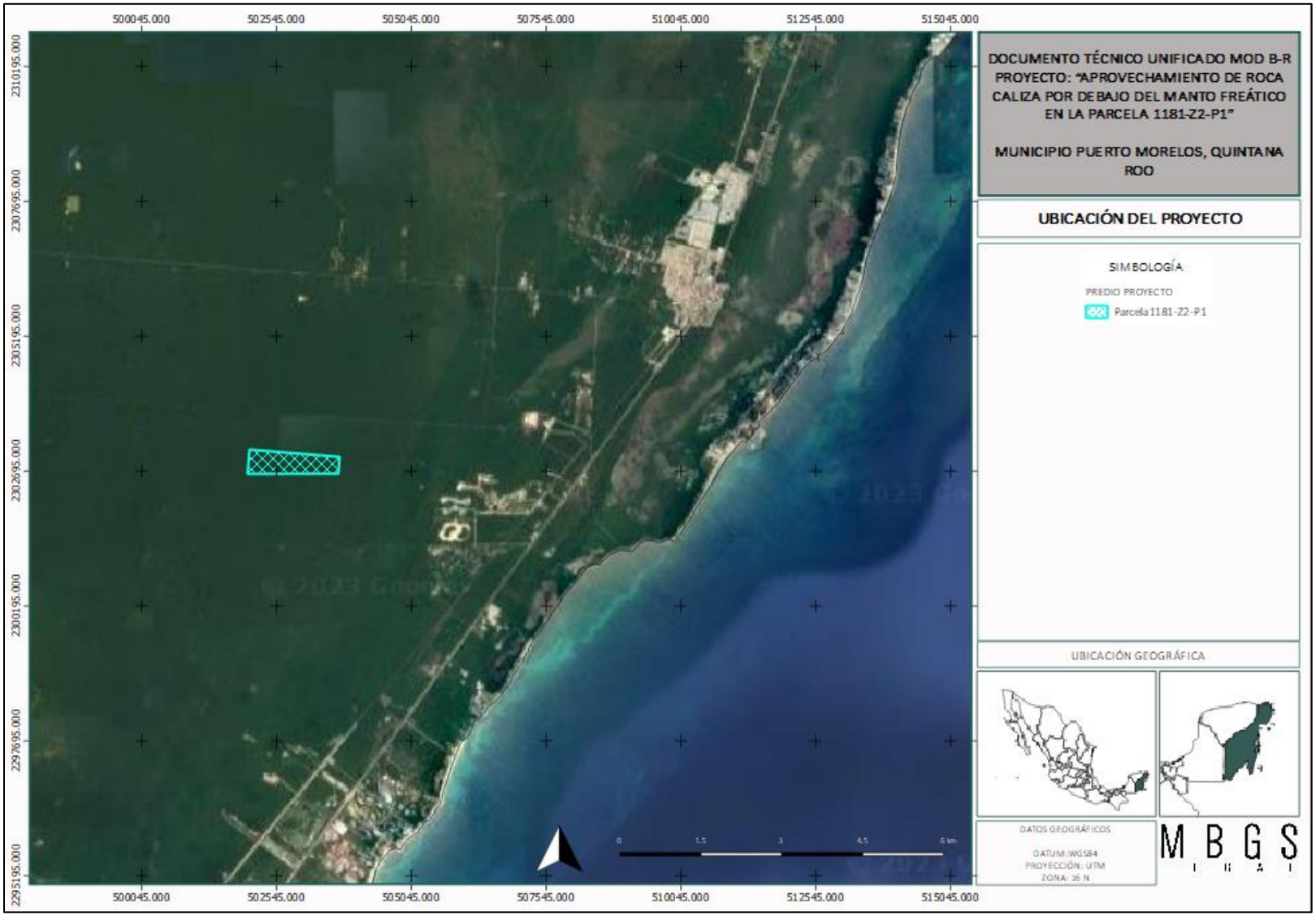


Figura 1.Ubicación geográfica de la parcela 1181-Z2-P1.

I.1.3 Duración del proyecto

El tiempo de vida útil estimado del proyecto de explotación de roca caliza por debajo del manto freático es de **5 (cinco) años**, el cual podría ampliarse; no obstante, en caso de requerirlo se hará la solicitud y el trámite correspondiente ante la autoridad.

I.2 Datos generales del promovente

I.2.1 Nombre o Razón Social GAS

I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes

I.2.3 Datos del Represente Legal

No Aplica

I.2.4 Dirección del Promovente para oír y recibir notificaciones

I.3 Responsable de la elaboración del documento técnico unificado

I.3.1 Nombre del responsable técnico del documento técnico unificado en materia de impacto ambiental

I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP

I.3.3 Dirección del responsable técnico del documento



CAPÍTULO II:

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 6
II.1 Información general del proyecto 6
II.1.1 Naturaleza del proyecto 6
II.1.2 Selección del sitio 8
II.1.3 Ubicación física del proyecto 9
II.1.4 Dimensiones del proyecto 10
II.1.4.1 Superficie total del predio 10
II.1.4.2 Superficie total de aprovechamiento 10
II.1.5 Inversión requerida 11
II.2 Características particulares del proyecto 12
II.2.1 Programa de trabajo 13
II.2.2 Representación gráfica regional 13
II.2.3 Representación gráfica local 15
II.2.4 Actividades previa y preparación del sitio 15
II.2.5 Estimación del volumen por especie de materias primas forestales derivadas del cambio de uso de suelo 20
II.2.5.1 Muestreo 20
II.2.5.1.1 Diseño e intensidad de muestreo utilizado 20
II.2.5.1.2 Variables levantadas 21
II.2.5.1.3 Equipo utilizado 21
II.2.5.1.4 Análisis de los datos obtenidos en campo 22
II.2.5.1.5 Fórmulas utilizadas 22
II.2.5.1.6 Resultados del análisis dasométricos 24
II.2.5.2 Número de individuos por especie que se espera remover 36
II.2.5.3 Estimación de existencias volumétricas 41
II.2.6 Estimación económica de los recursos biológicos forestales del área sujeta al cambio de uso de suelo 46
II.2.6.1 Clasificación para la valoración económica 50
II.2.6.2 Valoración económica de recursos forestales para el sitio 53

II.2.6.2.1 Estimación del valor económico de los recursos forestales maderables 53
II.2.6.2.2 Estimación del valor económico de los recursos no maderables 57
II.2.6.2.3 Estimación del valor económico de los recursos faunísticos 60
II.2.6.2.4 Estimación del valor económico de los servicios ambientales 65
II.2.7 Etapa de operación 71
II.2.8 Seguimiento ambiental 71
II.2.9 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones 72
II.2.10 Utilización de explosivos 72
II.2.11 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera 73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de extracción del material pétreo. 13
Figura 2. Predio del proyecto " Aprovechamiento de roca caliza por debajo del manto freático en la parcela 1181-Z2-P1" donde se observan las coordenadas de los muestreos de vegetación 21
Figura 3. Base de cálculo del coeficiente mórfico 23
Figura 4. Descripción del tipo de cálculos correspondientes con respecto a la forma 23
Figura 5. Número de individuos leñosos/ha y por especie en los estratos alto y medio del área de estudio. 30
Figura 6. Cobertura/ha y por especie del arbolado presente en el estrato alto y medio del área de estudio. 30
Figura 7. Área basal/ha y por especie del arbolado presente en el estrato alto del área de estudio 31
Figura 8. Volumen maderable total/ha y por especie del arbolado presente en el estrato alto del área de estudio. 31
Figura 9. Número de individuos/ha y por especie correspondiente a las hierbas presentes en el estrato bajo del área de estudio. 35
Figura 10. Cobertura de copa/ha y por especie (m^2) correspondiente a los individuos presentes en el estrato bajo del área de estudio. 35
Figura 11. Volumen de biomasa no leñosa/ha y especie correspondiente a hierbas presentes en el estrato bajo del área de estudio. 36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Desglose de superficie de la autorización de SEMA y la solicitada en este documento. 6

Tabla 2. Coordenadas UTM WGS84 de la parcela 1181-Z2-P1. 7

Tabla 3. Coordenadas UTM WGS84 de la parcela 1181-Z2-P1. 10

Tabla 4. Coordenadas UTM WGS84 de la parcela 1181-Z2-P1. 10

Tabla 5. Coordenadas UTM WGS84 del área de aprovechamiento para roca caliza y para el CUSTF. 10

Tabla 6. Desglose del aprovechamiento de caliza por debajo del manto freático. 11

Tabla 7. Desglose del volumen que se plantea aprovechar por año. 11

Tabla 8. Desglose de la inversión requerida. 11

Tabla 9. Desglose de las actividades del proyecto 12

Tabla 10. Programa de trabajo. 13

Tabla 11. Características principales de la Región 17.33 14

Tabla 12. Descripción de tipo de construcción para la etapa de preparación del sitio. 16

Tabla 13. Elementos necesarios para la barrenación. 17

Tabla 14. Coordenadas UTM WGS84 del muestreo para estrato alto, medio y bajo. 20

Tabla 15. Volumen leñoso/ha (m^3), por especie y por 20.5351 ha correspondiente a los estratos alto y medio en el área de estudio (CUSTF). 25

Tabla 16. Volumen de biomasa no leñosa/ha, por 20.5351 ha (m^3) y por especie correspondiente al estrato bajo del área de estudio. 32

Tabla 17. Especies leñosas presentes en el área del proyecto (CUSTF) 36

Tabla 18. Especies no leñosas presentes en el área del proyecto (CUSTF) 40

Tabla 19. Volumen leñoso total en m^3 en el área del proyecto (CUSTF). 41

Tabla 20. Biomasa no leñosa total en m^3 en el área del proyecto (CUSTF). 45

Tabla 21. Valor económico de las especies leñosas presentes en el área del eventual cambio de uso de suelo (CUSTF). 47

Tabla 22. Servicios ambientales VUD y VUI 51

Tabla 23. Valor económico de las especies leñosas presentes en el área del eventual cambio de uso de suelo (CUSTF). 53

Tabla 24. Listado de plantas con diversos usos no maderables 58

Tabla 25. Desglose de la valoración económica de la fauna del predio 62

Tabla 26. Pérdidas por cambio de uso de suelo por hectárea (CSERGE, 1993). 66

Tabla 27. Valor del depósito de carbono por hectárea. (USD) (MUÑOZ, 1994). 67

Tabla 28. Valores farmacéuticos de cuasi-opción de los bosques mexicanos (CSERGE, 1993). 68

Tabla 29. Evidencia de valores de existencia en México (CSERGE,1993) 69

Tabla 30.Valoración de los servicios ambientales de los ecosistemas para las diferentes cubiertas marinas y terrestres (en us dlls de 2004 por hectárea y por año, adaptado de Brenner et. al.) 70

Tabla 31. Valor total de los recursos biológicos forestales en el área propuesta para el proyecto. . 70

Tabla 32. Cálculo de residuos liquidos peligrosos. 74

I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

II.1 Información general del proyecto

II.1.1 Naturaleza del proyecto

Conforme a lo estipulado en el artículo 5° de Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en material de evaluación de impacto ambiental la naturaleza del proyecto corresponde al rubro de minería, el cual incluye:

*III**. Exploración**, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Mineras y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional…*

En términos generales el proyecto consiste en la extracción y aprovechamiento de roca caliza por debajo del manto freático y a cielo abierto de una superficie de 20.535 hectáreas, a un corte promedio de 7 metros. Con esto se obtendría aproximadamente 1.44 millones de metros cúbicos de piedra caliza en un periodo de 5 años de trabajos continuos y su transformación en agregados pétreos que finalmente estarán destinados a la industria de la construcción y cubrir las necesidades de equipamiento e infraestructura del área local, principalmente de municipio de Puerto Morelos en el estado de Quintana Roo. Dentro de la planificación por el aprovechamiento de la roca caliza, el sector ambiental resulta de vital importancia en la identificación y evaluación de los posibles daños que pudiera provocar la actividad sobre los recursos no renovables, y en respuesta la promovente propondrá y operará las mejores prácticas para prevenir, controlara y mitigar los impactos generados. El ámbito sobre el cual se sustentará el presente proyecto será:

- Reducir al mínimo los desechos y los daños ambientales en toda la cadena de abastecimiento
- Fomentar una administración responsable de los recursos naturales y el medio ambiente.
- Actual con prudencia cuando lo impactos sean desconocidos o inciertos
- Operar dentro de los lineamientos ecológicos y proteger el capital natural conforme a la normatividad ambiental aplicable.
- Evitar consecuencias ambientales a largo plazo, que pudieran dañar a las generaciones futuras.

El proyecto es una modificación a la superficie y la profundidad autorizada por la Secretaría de Ecología y Medio Ambientes (SEMA) del estado de Quintana Roo, mediante Oficio No. SEMA/DS/2507/2019 de fecha 5 de agosto de 2019, con base en la evaluación integral de los impactos ambientales, económicos y sociales para el desarrollo de la región. La superficie se modifica de los 150,000 m² autorizados una superficie de 205,350.81 m² y la profundidad de 7 m.

Tabla 1. Desglose de superficie de la autorización de SEMA y la solicitada en este documento.

	MODIFICACIÓN SOLICITADA	
CONCEPTO	AUTORIZACIÓN SEMA No. SEMA/DS/2507/2019	SOLICITUD DEL PRESENTE ESTUDIO
SUPERFICIE (m²)	150,000 .00	205,350.81
PROFUNDIDAD (m)	5.00 (encima del mf)	7.00 (por debajo del mf)

La roca caliza que forma parte del subsuelo es abundante en el predio localizado en la parcela 1181-Z2-P1 del ejido Puerto Morelos, a 4500 metros de la carretera Federal No. 307 Chetumal-Cancún, en el municipio de Puerto Morelos, estado de Quintana Roo, que cuenta con una superficie total de 643,602.28 m², con la siguiente descripción topográfica

Tabla 2. Coordenadas UTM WGS84 de la parcela 1181-Z2-P1.

	Coordenadas del predio	
Vértice	X	Y
1	501996.12	2302638.34
2	502032.06	2303090.18
3	503705.14	2302955.95
4	503680.13	2302643.28
1	501996.12	2302638.34

El sistema de exploración, será mediante la fractura de la roca caliza a través de barrenación y voladura de consumo inmediato previamente supervisados y autorizadas por la Secretaría de la Defensa Nacional. Una vez que el manto rocoso haya sido debilitado, entonces se removerá en fragmentos más pequeños por métodos mecánicos hasta la exposición sobre la superficie. Del área de confinamiento los materiales serán trasladados sobre vehículos de carga hasta el área de transformación para limpieza, selección y posteriormente trituración en agregados pétreos.

Los productos finales a obtener será polvo de piedra (0 a 3/16''), gravas (3/4´´ a 1 ½´´) y cementantes 3/16'' a 3/8´´). Se pretende extraer de la superficie de 20.535 has la materia prima para la producción de agregados y materiales para la construcción.

En lo social, se esperan beneficios directos e indirectos, mediante la generación de empleos para la gente de la localidad.

En lo económico se proveerá a la industria de construcción de 1.44 millones de metros cúbicos de material, para el desarrollo de vivienda, tanto local como residencial, el ámbito hotelero e infraestructura local.

El presente proyecto pretende obtener la autorización en material ambiental del aprovechamiento de roca caliza por debajo del manto freático de la parcela 1181-Z2-P1 en un área de 20.535 has con un total de volumen extraído de 1,437,455.67 m^3, el cual se encuentra dentro de la fracción III del artículo 28 de la LGEEPA:

*III.- **Exploración,** explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear;*

Y en el inciso L), fracción II del REIA:

L) EXPLORACIÓN, EXPLOTACIÓN Y BENEFICIO DE MINERALES Y SUSTANCIAS RESERVADAS A LA FEDERACIÓN:

…

*II**. Obras de exploración**, excluyendo las de prospección gravimétrica, geológica superficial, geoeléctrica, magnetotelúrica, de susceptibilidad magnética y densidad, así como las obras de barrenación, de zanjeo y exposición de rocas, siempre que se realicen en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas*

secos o templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinares, ubicadas fuera de las áreas naturales protegidas, y

…

Asimismo, se solicita la autorización el retiro de la vegetación de la superficie solicitada para el aprovechamiento en un área de 20.535 has, tanto en materia de impacto ambiental por estar englobado en la fracción VII del artículo 28 de la LGEEPA e inciso O) del REIA del artículo 5 como en materia forestal descrito por el artículo 93 de la LGDFS.

II.1.2 Selección del sitio

Para determinar la factibilidad del proyecto se tomaron en cuenta los siguientes aspectos

Ubicación

La parcela 1181-Z2-P1 del ejido Puerto Morelos, se localiza a uno 4.5 kilómetros de la carretera Federal No. 307 Chetumal-Cancún, en el municipio de Puerto Morelos, estado de Quintana Roo, que constituye la arteria vial más importante de la región para el trasporte de material, personal de servicio y turismo. Así mismo se encuentra a aproximadamente 7.5 kilómetros al sur-poniente de centro de población de Puerto Morelos y a unos 20 kilómetros al norte de Playa de Carmen. El predio cuenta con caminos de terracería hasta la carretera, por lo que no será necesario la construcción de nueva infraestructura o vías de comunicación. El tiempo estimado que ocupa una unidad de carga hasta la carretera es de aproximadamente 10 minutos y de este punto se puede trasladar la carga hacia Puerto Morelos o Playa del Carmen.

Disponibilidad de material

La superficie total del predio es de 64.36 has. El área de explotación es del 20.535 has, lo cual constituye apenas el 31.9% del área total. A través de estudios y bibliografía se conoce que el nivel de manto freático se ubica a una profundidad de 6.30 metros y la estratigrafía señala que en un rango de los 5 a 12 metros de profundidad se encuentra piedra consolidada de limo susceptible de ser aprovechables.

Con dichos resultados se obtuvo que la zona corresponde a un yacimiento de caliza como casi toda la geología de la Península de Yucatán y se proyecta el aprovechamiento en dos fases:

La primera fase a cielo abierto por arriba del manto freático, con base en la autorizada por la Secretaría de Ecología y Medio Ambientes (SEMA) del estado de Quintana Roo, mediante Oficio No. SEMA/DS/2507/2019 de fecha 5 de agosto de 2019. Dicha actividad no se ha desarrollado, sin embargo, debido a la alta demanda del material en la zona se han hecho los cálculos correspondientes y se ha identificado que no será suficiente el material obtenido, por lo que, se realizaron nuevas estimaciones y se ha concluido la necesidad de explotar y solicitar una nueva autorización, pero ahora por debajo del manto freático, la cual corresponde a nivel federal.

La segunda fase corresponde a la solicitud del presente estudio y corresponde al aprovechamiento de una profundidad de 7 m, el cual corresponde a la explotación del material por debajo del manto freático con un volumen estimado de: 1,437,455.67 m^3.

Por lo tanto, podemos considerar que la fracción del terreno de la parcela 1181-Z2-P1 del ejido Puerto Morelos donde se realizará la explotación de material pétreo es un área de terreno que puede ser considerado como una unidad de uso suficientemente homogéneo por su disponibilidad de material. Por sus propiedades físicas las calizas del subsuelo son un material de construcción muy usado en la región, mismo que puede ser transformado mediante medios mecánicos, para obtención de diversos agregados o bien al natural para la construcción y decoración de proyectos turísticos, residenciales y hasta infraestructura.

Necesidad y Demanda

Siendo el estado de Quintana Roo el punto más importante de la economía de la región basado en la industria del turismo, se estimado un alto crecimiento de la población alrededor de esto centros turísticos. El aumento de los asentamientos humanos demanda vivienda e infraestructura en general. La industria de la construcción constituye la segunda industria más importante por lo que la demanda de productos minerales aumenta con el crecimiento de la población y del ingreso *per cápita*.

Los usos más frecuentes para el material pétreo son: Agregados de materiales de construcción, concreto hidráulicos, piedra hilada para relleno de; áreas inundables, plataformas, bases y subases de carreteras. Así como también producción de block, viguetas, bovedillas, cementantes polvo, grava y gravilla.

El principal mercado es para las obras de iniciativa privada, como cuestiones hoteleras, restaurantes, fraccionamientos lo que puede constituir hasta un 80% de las ventas. El restante 20% puede ser para un tipo de obra público. Finalmente, los acabados de piedra caliza se han convertido en un emblema de la región.

Aspecto Económico-social

Las personas se benefician de la minería: explotación, producción y transformación de los materiales pétreos en sus diversos procesos. La derrama económica para las personas que habitan alrededor de esto sitio es importante porque es una fuente generadora de empleos. Desde la parte de la extracción donde se requiere de personal calificado, trasporte de material, trasformación del producto, venta y uso en la construcción. En este sentido, para este proyecto se considera mantener un promedio de 40 empleos de manera directa, entre trabajadores, supervisores, topógrafos y de manera general hasta un estimado de 150 empleos de manera indirecta, como trasportistas, trasformadores de productos, vendedores del producto y mano de obra calificada para el uso y aprovechamiento del mismo.

II.1.3 Ubicación física del proyecto

El predio se localiza en la parcela 1181-Z2-P1 del ejido Puerto Morelos, a 4500 metros de la carretera Federal No. 307 Chetumal-Cancún, en el municipio de Puerto Morelos, estado de Quintana Roo, que cuenta con una superficie total de 643,602.28 m², con la siguiente descripción topográfica

Tabla 3. Coordenadas UTM WGS84 de la parcela 1181-Z2-P1.

Coordenadas del predio		
Vértice	X	Y
1	501996.12	2302638.34
2	502032.06	2303090.18
3	503705.14	2302955.95
4	503680.13	2302643.28
1	501996.12	2302638.34
Superficie	643,602.28	m²

II.1.4 Dimensiones del proyecto

II.1.4.1 Superficie total del predio

El predio se localiza en la parcela 1181-Z2-P1 del ejido Puerto Morelos, a 4500 metros de la carretera Federal No. 307 Chetumal-Cancún, en el municipio de Puerto Morelos, estado de Quintana Roo, que cuenta con una superficie total de 643,602.28 m², con la siguiente descripción topográfica.

Tabla 4. Coordenadas UTM WGS84 de la parcela 1181-Z2-P1.

Coordenadas del predio		
Vértice	X	Y
1	501996.12	2302638.34
2	502032.06	2303090.18
3	503705.14	2302955.95
4	503680.13	2302643.28
1	501996.12	2302638.34
Superficie	643,602.28	m²

De los 643,602.28 m² de superficie se pretenden aprovechar 205,350.81 m², cifra que incluye los 150,000.00 m² autorizados por la Secretaría de Ecología y Medio Ambientes (SEMA) del estado de Quintana Roo, mediante Oficio No. SEMA/DS/2507/2019 de fecha 5 de agosto de 2019.

II.1.4.2 Superficie total de aprovechamiento

El presente proyecto de aprovechamiento de roca caliza por debajo del manto freático pretende aprovechar una superficie de 205,350.81 m² obteniendo un aprovechamiento de 1,437,455.67 m³ de producto pétreo.

Tabla 5. Coordenadas UTM WGS84 del área de aprovechamiento para roca caliza y para el CUSTF.

Coordenadas del área de explotación		
Vértice	X	Y
1	503504.73	2302737.36
2	502373.87	2302741.79
3	502384.96	2302965.75
4	503498.08	2302879.27
1	503504.73	2302737.36
Superficie	205,350.81	m²

Tabla 6. Desglose del aprovechamiento de caliza por debajo del manto freático.

Aprovechamiento de material	
DESCRIPCIÓN	Área
Superficie	205,350.81 m²
Profundidad	7.00
TOTAL	1,437,455.67 m³

La explotación se plantea durante 5 años, paulatina y gradual dividido en el periodo de aprovechamiento de la siguiente manera:

Tabla 7. Desglose del volumen que se plantea aprovechar por año.

Periodo	Volumen aprovechable m³
Año 1	287,491.134
Año 2	287,491.134
Año 3	287,491.134
Año 4	287,491.134
Año 5	287,491.134
Total	**1,437,455.67**

II.1.5 Inversión requerida

El proyecto requerirá una inversión de 32 (treinta y dos) millones de pesos, los cuales se distribuirán de la siguiente forma

Tabla 8. Desglose de la inversión requerida.

INVERSIÓN REQUERIDA	
DESCRIPCIÓN	IMPORTE
INVERSIÓN INICIAL	5 millones
OPERACIÓN	27 millones
TOTAL	**32 millones**

Para le ejecución de este proyecto se requiere de una inversión inicial de 5 millones que se utilizará para permisos, autorizaciones y trabajos preliminares como retiro de la vegetación (CUSTF), limpieza, nivelación compra de maquinaria y equipo necesario para lograr el inicio de la operación del proyecto.

La operación requerirá una inversión de 27 millones que se destinará para las cuestiones operativas del proyecto como son la adquisición combustible, pago de energía eléctrica, pago de explosivos, pago de nóminas.

Estos se distribuirán a lo largo de los 5 años que durará el proyecto

PROGRAMA DE INVERSIÓN	
TIEMPO	IMPORTE
AÑO 1	5 millones

AÑO 2	6.75 millones
AÑO 3	6.75 millones
AÑO 4	6.75 millones
AÑO 5	6.75 millones
TOTAL	**32 millones**

II.2 Características particulares del proyecto

La explotación subacuática pretende realizarse sobre la superficie de 205,350.81 m². Se aprovechará un solo nivel de tajo con cortes de talud de 7 metros en dos etapas y con 2 rampas de acceso a 45 grados de inclinación.

El nuevo corte contado a partir del piso de la cantera está proyectada a 7 metros de profundidad con lo que se estaría obteniendo un beneficio total de 1,437,455.67 m³ de piedra caliza y como beneficio se transformación en agregados pétreos que finalmente serán destinados a la industria de la construcción y cubrir las necesidades básicas de equipamiento, infraestructura y vivienda local. El proceso extractivo será en un solo sentido de Poniente a Oriente con el fin de que el avance de la extracción facilite el movimiento de maquinaría y vehículos a través de la cantera durante la etapa de operación, así como el movimiento de personal durante la etapa de monitoreo ambiental.

Esto permitirá que, al cumplirse el tiempo de vida útil del proyecto, esta área quede delimitada por una franja de vegetación en estado natural, ya que la superficie de explotación representa el 31% de superficie total. A continuación, se ofrece la información en detalle de las obras principales que contempla la ejecución del proyecto, destacando las características del diseño con relación a su participación en la reducción de alteraciones ambientales.

Tabla 9. Desglose de las actividades del proyecto

Etapas del proyecto	
ETAPA	OBRAS Y ACTIVIADES
Actividades previas	Elaboración de estudio técnicos in situ Trámites y autorizaciones Capacitación técnica al personal involucrado
Preparación del sitio	Delimitación topográfica de los frentes de explotación Desmonte de la vegetación en el área de aprovechamiento (CUSTF) Barrenación y voladuras autorizados por SEDENA
Aprovechamiento (Operación)	Extracción de material mediante Draga de Arrastre Almacenamiento temporal de caliza Carga y Acarreo para trituración Comercialización de agregados (Polvo, grava, gravón, gravilla, cementante)
Seguimiento Ambiental (Operación)	Capacitación técnica al personal involucrado Monitoreo de calidad de Agua

Las características principales del diseño del tajo será un banco de explotación de 12 metros de altura; 5 metros por arriba del manto freático y 7 metros por debajo. Con rampas de acarreo de 45% de pendiente con ángulos del talud final del 60%.

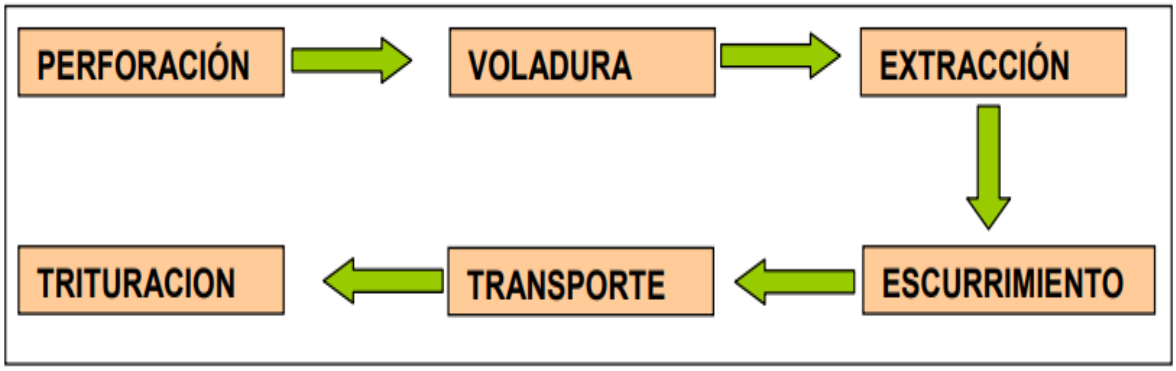


Figura 1. Proceso de extracción del material pétreo.

La ejecución de los trabajos está proyectada con una vida útil de 5 años de trabajo continuo a partir de la obtención de la autorizaciones Federales y municipales correspondientes. Sin embargo, este plazo podría incrementarse en caso de eventos fortuitos o de causa mayor que impidan la ejecución de las tareas programadas en los tiempos establecidos.

II.2.1 Programa de trabajo

Para el programa de trabajo se van a considerar 5 años.

Tabla 10. Programa de trabajo.

PROGRAMA DE TRABAJO										
SEMESTRE	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Preliminares										
Etapa de preparación										
Limpieza										
Programa de Resc. Reub. Flora y fauna										
Desmonte (CUSTF)										
Trazo										
Barrenación										
Etapa de operación										
Explotación										

II.2.2 Representación gráfica regional

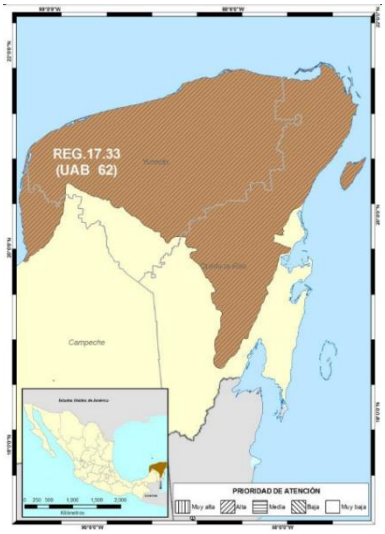
El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio está integrado por la regionalización ecológica (que identifica las áreas de atención prioritaria y las áreas de aptitud sectorial) y los

lineamientos y estrategias ecológicas para la preservación, protección, restauración y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, aplicables a esta regionalización. La base para la regionalización ecológica comprende unidades territoriales sintéticas que se integran a partir de los principales factores del medio biofísico: clima, relieve, vegetación y suelo. De acuerdo con este ordenamiento y a las **UNIDADES AMBIENTALES BIOFÍSICAS (UAB)**, representadas a escala 1:2,000,000; el proyecto se lo localiza en la UAB No. 62, denominada Kars de Yucatán y Quintana Roo, con clave de región 17.33.

En su contexto regional, el proyecto se ubica en la Provincia Fisiográfica Plataforma de Yucatán o Karst Yucateco, por lo que presenta un relieve de planicies ligeramente onduladas, favoreciendo el drenaje e infiltración y presentando franjas rocosas en los bordes litorales. A la vez forma parte de la cuenca 32 A Quintana Roo, que ocupa el 31% de la superficie estatal. En esta unidad hidrológica el escurrimiento superficial es mínimo y la infiltración es alta.

Esta UAB se caracteriza por presenta una muy alta degradación de la Vegetación y una media degradación de los Suelos. Las actividades ganaderas y mineras tienen un nivel medio de importancia, ya que el ingreso de las familias se basa de las actividades remuneradas por municipios. En cuanto a su vegetación, tienen un tipo de uso de suelo es Forestal y Pecuario y presentan una degradación media por Desertificación. La modificación antropogénica es de baja. La descripción de la UAB 62 se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 11. Características principales de la Región 17.33.

<table>
<tr><th colspan="3">REGIÓN ECOLÓGICA: 17.33
Unidad Ambiental Biofísica que la compone:</th></tr>
<tr><th colspan="3">62. Karst de Yucatán y Quintana Roo</th></tr>
<tr><td rowspan="5">
</td><td>Localización:
Oeste, centro, norte y este de Yucatán. Centro, norte y noreste de Quintana Roo</td><td>Política Ambiental:
Restauración, Protección y Aprovechamiento Sustentable</td></tr>
<tr><td>Estrategias sectoriales
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 31, 32, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44</td><td>Rectores del desarrollo
Preservación de Flora y Fauna -Turismo</td></tr>
<tr><td>Superficie en Km2:
59,542.35 Km2</td><td>Escenario al 2033:
Inestable a Crítico</td></tr>
<tr><td>Población Total:
2,982,494 hab</td><td>Coadyuvantes del desarrollo
Desarrollo Social - Forestal</td></tr>
<tr><td>Prioridad de Atención:</td><td>Otros sectores de interés</td></tr>
</table>

	Alta	Pueblos Indígenas
	Asociados del desarrollo Agricultura -Ganadería	**Población Indígena**: Maya
	Estado Actual del Medio Ambiente 2008:	
	Inestable. Conflicto Sectorial Muy Alto. No presenta superficie de ANP's. Media degradación de los Suelos. Muy alta degradación de la Vegetación. Media degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es baja. Longitud de Carreteras (km): Muy Alta. Porcentaje de Zonas Urbanas: Baja. Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja. Densidad de población (hab/km2): Baja. El uso de suelo es Forestal y Pecuario. Con disponibilidad de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 0.0. Alta marginación social. Muy bajo índice medio de educación. Bajo índice medio de salud. Alto hacinamiento en la vivienda. Bajo indicador de consolidación de la vivienda. Muy bajo indicador de capitalización industrial. Medio porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Medio porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola: Sin información. Media importancia de la actividad minera. Alta importancia de la actividad ganadera.	

II.2.3 Representación gráfica local

La parcela 1181-Z2-P1 del ejido Puerto Morelos, se localiza a uno 4.5 kilómetros de la carretera Federal No. 307 Chetumal-Cancún, en el municipio de Puerto Morelos, estado de Quintana Roo, que constituye la arteria vial más importante de la región para el trasporte de material, personal de servicio y turismo. Así mismo se encuentra a aproximadamente 7.5 kilómetros al sur-poniente de centro de población de Puerto Morelos y a unos 20 kilómetros al norte de Playa de Carmen. El predio cuenta con caminos de terracería hasta la carretera, por lo que no será necesario la construcción de nueva infraestructura o vías de comunicación.

II.2.4 Actividades previa y preparación del sitio

II.2.4.1 Actividades previas

Esta es la etapa del proyecto donde se realizarán todos los estudios base para la obtención de autorizaciones y permisos necesarios con el fin cumplir con la reglamentación y los instrumentos ambientales que envuelven el presente proyecto. Así como la ejecución del Programa de rescate y reubicación de flora y fauna:

a) Programa de rescate y reubicación de flora y fauna

Previo al inicio de cualquier obra o actividad relacionada con el proyecto, se llevará a cabo el rescate de la flora y la fauna silvestre nativa que incida dentro del área de aprovechamiento proyectada. Como primer paso se procederá a delimitar la superficie de desmonte y se llevará a cabo el rescate selectivo y manual de las especies de flora que se encuentren en la superficie a aprovechar y que sean susceptibles de pasar por este proceso. Los ejemplares que se rescaten serán ubicados en un vivero provisional dentro del predio, donde se les ofrecerá el mantenimiento adecuado hasta que trasplanten a las zonas de reubicación. De forma paralela al marcaje topográfico y durante el rescate de vegetación se realizarán recorridos en el predio, de forma tal que el ruido ahuyente a las especies que pudieran encontrarse en las áreas de desplante. Si alguna especie quedara rezagada se procederá a trasladarla a las áreas de conservación dentro del predio. No obstante, debido a la ubicación del predio y su contexto, la totalidad de la fauna detectada tanto en el Ejido de Puerto Morelos. Las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 serán prioritarias.

II.2.4.2 Preparación del sitio

Desmonte y despalme: El desmonte consiste en retirar la vegetación de las áreas solicitadas para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales. Esta actividad se efectuará retirando todos los estratos de vegetación para encontrar terreno de mejor calidad donde desarrollar el proyecto.

Trazo: Se llevará a cabo el deslinde de la superficie mediante referencias fijas y coordenadas UTM, de cuáles serán los límites de la poligonal del proyecto. En esta actividad participa una brigada de topógrafos conformada por 4 personas, para el trazo y la nivelación. Una vez realizada la actividad anterior, con ayuda de los cortes topográficos longitudinales y transversales, se llevará a cabo la nivelación del terreno hasta obtener la cota de inicio.

Acometida eléctrica: La zona cuenta con suministro eléctrico por parte de la CFE. Para esta etapa del proyecto se utilizará la acometida existente, además de que el requerimiento será poco y se trabajará mayormente de día con luz natural.

Suministro de agua para la obra: El agua se suministrará mediante pipas de agua potable, suministradas por una empresa debidamente autorizadas y se almacenará en contenedores Mca. Rotoplast

Saneamiento para la obra: Para esta etapa se tendrán baños portátiles suministrados por una empresa autorizada, con saneamiento regular. El servicio será proporcionado por una empresa debidamente autorizada.

Dependencia de oficinas, baños, enfermería y bodega: Se instalarán elementos prefabricados hecha a base paneles, tipo caseta pintro, para las siguientes instalaciones; caseta de seguridad, oficinas para la gerencia del proyecto, enfermería y una bodega, con las siguientes superficies aproximadamente:

Tabla 12. Descripción de tipo de construcción para la etapa de preparación del sitio.

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	SUP (m²)
CASETA DE SEGURIDAD	4
OFICINAS	20

ENFERMERÍA	6
BODEGA	100
COMEDOR	25
ÁREA PARA INODOROS PORTÁTILES	5

Consumo de agua: La etapa de preparación del terreno tendrá un consumo de agua aproximado medio de 5 m^3 diarios.

Producción de aguas negras: Al principio de obra no tendrá una producción de aguas negras en esta etapa ya que se tendrá el servicio de baños portátiles.

Producción de basura: La principal producción fuente de desechos serán de tipo vegetal, por lo que se contratará a una empresa para recoger y disponer de los residuos de manera autorizada. La cantidad de basura producida por la obra es de aproximadamente 20 m^3 diarios.

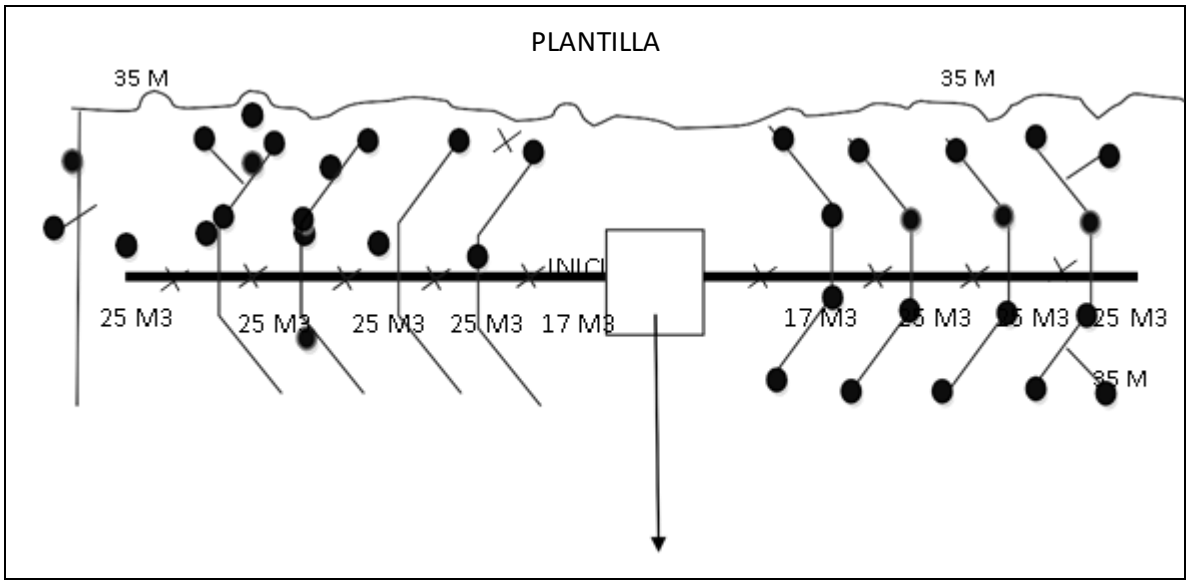
Agua de drenaje pluvial: Durante la fase de obra las aguas pluviales filtraran al terreno.

Barrenación: Como la mayoría de las operaciones mineras a cielo abierto por debajo del manto freático el ciclo se inicia con la barrenación. Para tener buenos resultados en las voladuras es necesario que la barrenación se realice de acuerdo a lo proyectado por lo que se marcaran los puntos con una brigada de topografía. La plantilla será de 3.00 x 3.00m.

Barrenación de plantilla para explosivos: Se realizará con una perforación neumática (Track Drill) en un diámetro de 2 ¼" y una profundidad de 4.00 metros para lo cual se necesitará:

Tabla 13. Elementos necesarios para la barrenación.

Elementos de perforación neumática
Voladura acuática de 132 barrenos según plantilla
Emulsión sensitiva 3x6" = 5 barrenos x 44 = 220 piezas
Retardador reforzado = 198 ml.
Cordel = 160 metros
Retardador de 17 metros = 2 piezas
Retardador de 25 metros = 7 piezas
Retardador de 35 metros = 4 piezas
2 rollos de hilo Henequen
Fulminantes No. 6 y 8 = 4 piezas
Mecha = 6 metros



Bordo= 3.00 metros

Esparcimiento = 3.00 metros

Profundidad = 4.00 metros

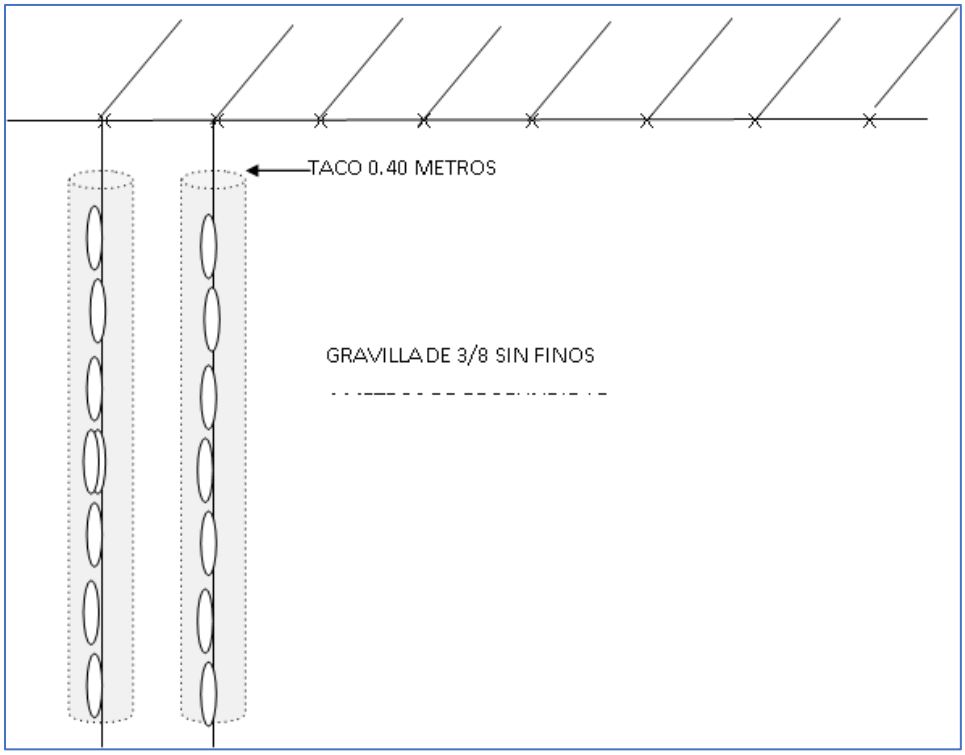
Evento cada tercer día = 9 meses

Volumen x barreno = 3 x 3 4 = 36 m³

5 piezas de emulsión de 3 x 16'' sensitiva

Barrenos 4 ½"

Emulsión 3 x 16" sensitiva con 40 metros de separación



Carga de barrenos para voladura: Se utilizarán para las cargas dinamita 20% y Agente explosivo 80%, cordón detonante y estopin de acuerdo al diseño previo de la voladura. La voladura se realizará cada tres días y se detonarán 132 barrenos, en una superficie de 1200 m^2, para obtener 4,752 m^3 de roca; se usarán 471 kg de dinamita, 1887 kg de agente explosivo, 1350 m de cordón detonante y 117 detonantes (estopin).

Para disparos simultáneos de hoyos en la misma fila, o para disparos por fila, el espaciamiento es :

$S = (1.8 - 2) * B$

Normalmente esto sería un diseño trabado si fuera un disparo con muchas filas. La fragmentación no es tan buena como con retardos secuenciales. El corte será más alto y el lanzamiento de material hacia atrás mayor, ocurre si:

$S = (1.0 - 1.2) * B$

Donde el encendido de los hoyos es secuencial. Esto debería ser para un diseño cuadrado o rectangular de varias filas. Por lo que se refiere a las medidas de seguridad en el manejo, transportación y almacenamiento de los mismos, deberán cumplirse estrictamente las disposiciones expedidas por la Secretaría de la Defensa Nacional, en base a la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos y en su Reglamento

II.2.5 Estimación del volumen por especie de materias primas forestales derivadas del cambio de uso de suelo

El predio donde se pretende establecer el proyecto está ubicado en el municipio de Puerto Morelos, Quintana Roo.

La superficie total del predio son 643,602.28 m², es decir, 64.36 hectáreas; en tanto que la superficie donde se pretende realizar el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), alcanza una superficie de 205,350.81 m², o sea 20.5351 hectáreas (para fines de este estudio se redondea), que representa 31.90% del predio. Por lo tanto, el 68.09% del mismo predio, no será intervenido.

En el presente estudio, se levantó la información de las variables dasométricas de los ejemplares arbóreos, arbustivo y herbáceos para estimar el volumen leñoso y no leñoso susceptible a ser extraído con la eventual ejecución del CUSTF en la superficie solicitada para la ejecución del proyecto.

II.2.5.1 Muestreo

II.2.5.1.1 Diseño e intensidad de muestreo utilizado

Para el levantamiento de la vegetación leñosa (estratos alto y medio) se realizó el levantamiento de 10 sitios de 1,400 m² (14,000 m²) para la vegetación arbórea, la misma cantidad de sitios anidados de 300 m² (3,000 m²) para la vegetación arbustiva presente en el área propuesta para el proyecto (CUSTF); en tanto que para el estrato bajo (vegetación herbácea), también fueron levantados 10 parcelas de muestreo anidadas de 100 m² (1,000 m^2) cada una.

De esta forma, utilizando un diseño de muestreo sistemático, se distribuyó la muestra en la totalidad de la superficie del área propuesta para el proyecto (CUSTF) que es igual a 205,350.81 m² que equivale a 20.5351 ha. De esta forma se obtuvo una intensidad de muestreo del 6.82%, que se considera adecuado para obtener información confiable.

Tabla 14. Coordenadas UTM WGS84 del muestreo para estrato alto, medio y bajo.

V	X	Y
1	502435.955	2302923.348
2	502636.404	2302899.919
3	502873.300	2302888.204
4	503129.719	2302864.775
5	503357.503	2302845.251
6	502428.145	2302789.606
7	502471.098	2302840.369
8	502763.963	2302832.560
9	503009.970	2302798.392
10	503288.517	2302781.471



Figura 2. Predio del proyecto " Aprovechamiento de roca caliza por debajo del manto freático en la parcela 1181-Z2-P1" donde se observan las coordenadas de los muestreos de vegetación.

II.2.5.1.2 Variables levantadas

En cada sitio de muestreo se levantaron las siguientes variables dasométricas: identificación de la especie, altura total, diámetro menor de la copa, diámetro mayor de copa, en el caso de los árboles, también se midió el diámetro normal (1.30 m) de altura. Todo esto para la totalidad de los individuos presentes en las unidades muestrales.

II.2.5.1.3 Equipo utilizado

El levantamiento de los datos de las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas se llevó a cabo con dos brigadas de campo que utilizaron las siguientes herramientas y equipo:

- 4 flexómetro
- 4 machetes
- Cinta métrica (50 m)
- 4 pintura (aerosol color rojo)
- 2 lápices y/o lapiceros
- 2 cámara fotográfica
- 2 libreta de campo
- 2 GPS

- 2 brújula
- 20 hojas de datos

II.2.5.1.4 Análisis de los datos obtenidos en campo

Se realizó un análisis estadístico con el programa Excel, con el cual se obtuvieron los siguientes estimadores a partir de las variables dasométricas básicas: número de árboles por especie, por hectárea, categorías dimétricas y de altura, totales y promedios, diámetro medio de copa, cobertura de copa, área basal, volumen total.

II.2.5.1.5 Fórmulas utilizadas

El procedimiento para el cálculo del volumen de las materias primas forestales se realiza a partir de las siguientes definiciones y fórmulas:

En el caso de los árboles, se utilizan las siguientes fórmulas:

Área basal:

AB= 0.7854 D^2

Dónde:

B= Área basal (m^2)

D= Diámetro normal

Volumen: El volumen total de la madera en rollo de los árboles en pie, se calcula con base en su altura total y su área basal. Sin embargo, debido a su forma, la cual tiende a ser cónica en la mayoría de los árboles, el volumen del cilindro debe ser corregido con un factor de forma, también conocido como factor de corrección o coeficiente mórfico. Por lo tanto, el volumen se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$VT = AT * AB * CM$$

Donde:

VT= Volumen total (m^3)

AB = Área basal (m^2)

AT = Altura total del árbol (m)

CM = Coeficiente mórfico; el cuál es la relación existente entre el volumen real de un fuste y el volumen de un cuerpo geométrico convencional que usualmente es un cilindro, pero también puede ser un cono, paraboloide apolónico, etc., de la misma base que el árbol y de la misma altura. Se utilizó el CM de 0.6.

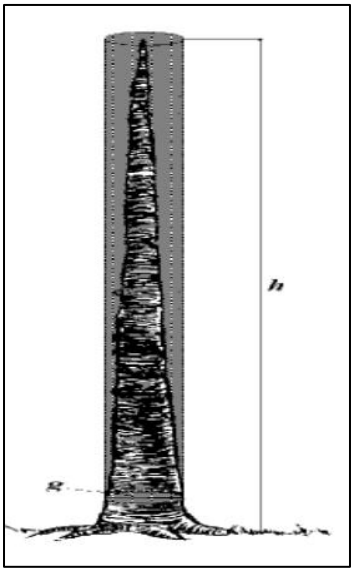


Figura 3. Base de cálculo del coeficiente mórfico

El volumen total de los árboles en pie correspondiente a una categoría diamétrica, a un grupo de especies, a una sola especie o la superficie sujeta a cambio de uso del suelo, es igual a la suma de los volúmenes de todos los árboles considerados en cada caso, ejemplo:

$$VT\ especie = \sum_{a=1} AB\ especie * AT * CM$$

También se estima que los desperdicios derivados de ramas, hojas y ramillas representan el 15% del volumen total.

Para el cálculo de los volúmenes correspondientes a la vegetación de porte bajo y de formas variadas como son los arbustos y las hierbas, se utilizan una serie de fórmulas, dependiendo de la constitución de los individuos, la cual se presenta a continuación.

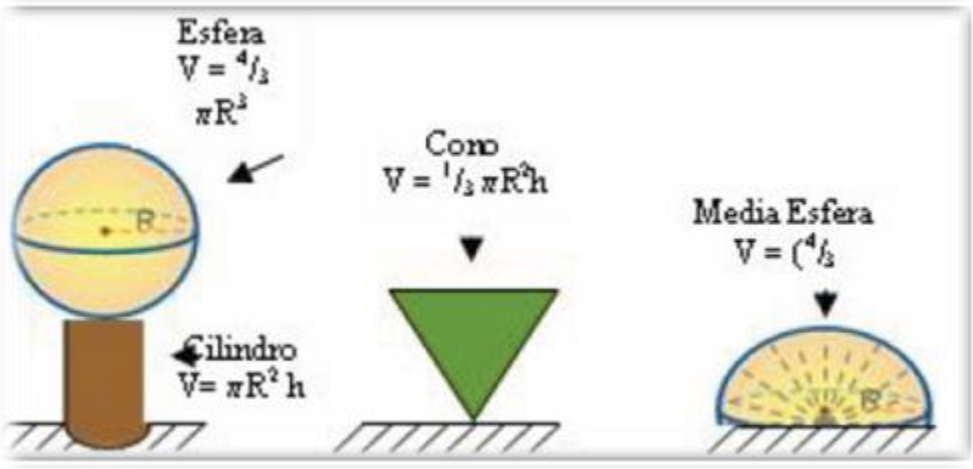


Figura 4. Descripción del tipo de cálculos correspondientes con respecto a la forma

PARA ARBUSTOS:

ESFERA:

$$V = 4/3 * ¶ * R^3$$

Donde:

V= Volumen total (m^3)

¶ = 3.1416

R= Radio de la circunferencia (m)

PARA MATORRALES Y ARBUSTOS:

CONO:

$$V=1/3* ¶ * R^2 * h$$

HIERBAS LEÑOSAS:

MEDIA ESFERA:

$$V= (4/3 * ¶ * R^3)/2$$

El volumen total de la vegetación en pie correspondiente a una forma de vida, a una especie o de la superficie sujeta a cambio de uso del suelo, es igual a la suma de los volúmenes de todos los individuos considerados en cada caso, ejemplo:

$$VT\ especie = \sum_{a=1} V\ especie$$

Los resultados obtenidos corresponden al volumen aparente de biomasa (m^3) proveniente de ramas, ramillas, tallos y hojas de la vegetación evaluada, más una gran cantidad de espacios vacíos. Se estima que el volumen real de la biomasa de ramas, ramillas, tallos y hojas, es el 10% del volumen aparente; por lo tanto, se multiplica por 0.1.

II.2.5.1.6 Resultados del análisis dasométricos

Se utilizó la hoja de cálculo EXCEL para obtener promedios del número de plantas por hectárea, cobertura de copa, área basal y volumen total por sitio y hectárea, así como el volumen total árbol por especie, por hectárea y en el área del CUSTF (20.5351 has). A continuación, se presentan los resultados.

Es conveniente mencionar que por tratarse de dos especies listadas en la NOM-159-SEMARNAT-2010 con estatus de Amenazadas, las cuales son *Coccotrhinax raadii* y *Thrinax radiata*, fueron eliminadas de las especies que eventualmente serían removidas del área propuesta para el CUSTF, ya que deberán ser reubicados en las mejores áreas del sistema ambiental (SAR).

Tabla 15. Volumen leñoso/ha (m^3), por especie y por 20.5351 ha correspondiente a los estratos alto y medio en el área de estudio (CUSTF).

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUN / HA	AB / HA	COB COPA / HA	VOL TOT / HA	ABUN / 20.5351 HA	AB / 20.5351 HA	COB COPA/ 20.5351 HA	VOL TOT / 20.5351 HA
ANACARDIACEAE	*Metopium brownei*	222	46.0995	1,767.4571	254.3160	4,562	946.6575	36,294.8757	5,222.4006
ANACARDIACEAE	*Toxicodendron radicans*	3	0.0010	0.9425	0.0013	68	0.0215	19.3539	0.0258
ANNONACEAE	*Malmea depressa*	10	0.0113	3.0320	0.0104	205	0.2312	62.2618	0.2139
ANNONACEAE	*Oxandra lanceolata*	30	4.5158	245.7063	21.3874	626	92.7327	5,045.5990	439.1926
APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	10	0.0058	212.0580	0.0047	205	0.1183	4,354.6282	0.0958
ARALICEAE	*Dendropanax arborea*	18	2.3915	83.9396	11.5919	367	49.1094	1,723.7070	238.0416
ARECACEAE	*Sabal japa*	4	0.1357	9.3968	0.7281	83	2.7875	192.9630	14.9506
ASTERACEAE	*Euphatorium albicaule*	10	0.0178	2.2908	0.0131	205	0.3656	47.0407	0.2697
BORAGINACEAE	*Cordia alliodora*	1	0.2631	11.8161	1.7840	29	5.4018	242.6438	36.6349
BORAGINACEAE	*Cordia dodecandra*	4	1.0390	14.0250	5.3004	88	21.3360	288.0045	108.8438
BURSERACEAE	*Bursera simaruba*	90	14.3034	527.5027	73.2749	1,848	293.7220	10,832.3105	1,504.7064
BURSERACEAE	*Protium copal*	3	0.0042	0.4189	0.0040	68	0.0860	8.6017	0.0826
EBENACEAE	*Diospyros albens*	4	0.9897	48.9473	5.2132	88	20.3245	1,005.1357	107.0525
EBENACEAE	*Diospyros cuneata*	4	0.4885	24.4035	2.4240	73	10.0323	501.1278	49.7763

EUPHORBIACEAE	*Croton humilis*	3	0.0065	11.5454	0.0067	68	0.1344	237.0853	0.1371
EUPHORBIACEAE	*Croton malvavisciifolia*	17	0.0550	8.9601	0.0991	342	1.1290	183.9965	2.0347
EUPHORBIACEAE	*Dryapetes brownii*	1	0.1454	18.2325	0.5569	29	2.9863	374.4059	11.4366
EUPHORBIACEAE	*Jatropha gaumeri*	8	0.1764	23.2058	0.8713	166	3.6219	476.5323	17.8921
FABACEAE	*Acaca glomerosa*	1	0.1355	3.5063	0.6091	29	2.7824	72.0011	12.5088
FABACEAE	*Acacia cornigera*	13	0.0094	7.4482	0.0059	274	0.1935	152.9496	0.1202
FABACEAE	*Bauhinia divaricata*	19	2.3392	98.5671	12.3993	386	48.0362	2,024.0834	254.6197
FABACEAE	*Bauhinia jenningsii*	17	0.0092	3.9794	0.0081	342	0.1882	81.7165	0.1664
FABACEAE	*Caesalpinia gaumeri*	2	0.4161	16.1638	2.4529	44	8.5445	331.9252	50.3713
FABACEAE	*Haematoxylum campechianum*	1	0.0574	3.5063	0.2757	15	1.1797	72.0011	5.6624
FABACEAE	*Lonchocarpus rugosus*	23	3.3786	145.6693	16.6658	469	69.3803	2,991.3301	342.2339
FABACEAE	*Lysiloma latisiliquum*	119	32.2497	2,289.0287	173.9931	2,450	662.2494	47,005.3890	3,572.9628
FABACEAE	*Piscidia piscipula*	4	0.5533	22.9856	3.0597	73	11.3612	472.0106	62.8304
FABACEAE	*Platymiscium yucatanum*	4	0.2959	3.1865	1.7701	83	6.0768	65.4346	36.3498
FABACEAE	*Swartzia cubensis*	4	1.0070	65.2513	5.8290	88	20.6793	1,339.9410	119.6984

FABACEAE	*Zygia stevensonii*	13	0.0081	3.0565	0.0063	274	0.1667	62.7658	0.1293
FLACOURTIACEAE	*Casearia corymbosa*	26	3.3536	205.9104	15.2315	538	68.8663	4,228.3862	312.7802
FLACOURTIACEAE	*Cascabella thevetia*	4	1.0658	63.5333	5.1845	88	21.8855	1,304.6604	106.4648
HIPPOCRATACEAE	*Hippocratea excelsa*	1	0.0990	0.5610	0.4750	15	2.0322	11.5202	9.7544
LAURACEAE	*Licaria peckii*	7	0.0089	0.8901	0.0056	137	0.1828	18.2787	0.1155
LAURACEAE	*Nectandra coriacea*	91	0.1915	271.6362	0.3827	1,863	3.9318	5,578.0714	7.8580
MALPIGHIACEAE	*Buchosia glandulosa*	17	0.0120	87.8944	0.0140	342	0.2473	1,804.9195	0.2871
MALPIGHIACEAE	*Byrsonima bucidaefolia*	15	3.2111	104.2408	16.8371	308	65.9395	2,140.5935	345.7515
MALVACEAE	*Ceiba schottii*	3	0.3704	10.3785	1.6496	59	7.6056	213.1233	33.8749
MALVACEAE	*Hampea trilobata*	1	0.0611	2.2440	0.3666	15	1.2545	46.0807	7.5273
MALVACEAE	*Malvaviscus arboreus*	193	0.5940	142.7319	0.5072	3,970	12.1983	2,931.0106	10.4150
MELIACEAE	*Trichilia havanensis*	7	0.0729	5.2996	0.3773	152	1.4965	108.8273	7.7479
MELIACEAE	*Trichilia hirta*	3	0.0003	1.2828	0.0002	68	0.0054	26.3428	0.0039
MENISPERMACEAE	*Hyperbaena winzerlingii*	3	0.0024	2.6180	0.0025	68	0.0484	53.7608	0.0523
MORACEAE	*Ficus cotinifolia*	52	8.6458	402.2721	44.0230	1,071	177.5419	8,260.6894	904.0155
MORACEAE	*Ficus pertusa*	2	0.2328	21.7738	1.0178	44	4.7800	447.1270	20.9003

MORACEAE	*Ficus yucatanensis*	4	0.6099	41.5140	3.0265	88	12.5236	852.4934	62.1502
MYRSINACEAE	*Parathesis cubana*	13	0.0196	19.5172	0.0166	274	0.4032	400.7871	0.3416
MYRTACEAE	*Eugenia mayana*	3	0.0262	2.6180	0.0471	68	0.5376	53.7608	0.9677
MYRTACEAE	*Myrcianthes fragans*	33	1.6644	141.7814	7.9961	675	34.1793	2,911.4918	164.2013
MYRTACEAE	*Myrciaria floribunda*	87	0.1772	26.1669	0.1560	1,780	3.6396	537.3396	3.2042
PIPERACEAE	*Piper gaumeri*	7	0.0170	13.0900	0.0143	137	0.3494	268.8042	0.2929
POLYGONACEAE	*Coccoloba diversifolia*	4	0.5345	32.8185	2.6086	88	10.9764	673.9306	53.5681
POLYGONACEAE	*Coccoloba Itzeus*	4	1.2081	32.8185	6.9008	88	24.8087	673.9306	141.7086
POLYGONACEAE	*Coccoloba spicata*	8	1.1453	82.4670	6.5264	161	23.5184	1,693.4665	134.0209
POLYGONACEAE	*Gymnopodium flobundum*	25	3.6046	190.6890	20.6194	523	74.0212	3,915.8149	423.4211
RHAMNACEAE	*Krugiodendron ferreum*	1	0.1111	6.8723	0.4666	15	2.2813	141.1222	9.5814
RUBIACEAE	*Chiococca alba*	17	0.0343	4.6273	0.0316	342	0.7043	95.0223	0.6487
RUBIACEAE	*Psychotria nervosa*	10	0.0390	31.4684	0.0586	205	0.8010	646.2053	1.2025
RUBIACEAE	*Psychotria pubescens*	7	0.0131	1.5970	0.0114	137	0.2688	32.7941	0.2339
RUBIACEAE	*Randia aculeata*	290	0.7781	532.2001	0.7836	5,955	15.9777	10,928.7728	16.0918
RUTACEAE	*Casimiroa tetrameria*	3	0.4758	26.2268	2.4418	59	9.7714	538.5684	50.1435

SAPINDACEAE	*Allophylus cominia*	10	0.0128	249.3645	0.0109	205	0.2634	5,120.7202	0.2239
SAPINDACEAE	*Exothea diphylla*	4	0.8538	28.5058	4.9382	73	17.5329	585.3692	101.4063
SAPINDACEAE	*Talisia olivaeformis*	1	0.0687	3.5063	0.2062	15	1.4112	72.0011	4.2337
SAPINDACEAE	*Thouinia paucidenta*	3	0.3928	16.6898	2.2032	59	8.0659	342.7254	45.2429
SAPOTACEAE	*Chrysophyllum cainito*	1	0.0853	2.2440	0.4608	15	1.7522	46.0807	9.4620
SAPOTACEAE	*Manilkara achras*	133	41.3379	2,114.1402	215.9693	2,733	848.8780	43,414.0400	4,434.9479
SAPOTACEAE	*Pouteria campechuianum*	14	2.4464	96.4219	11.6054	293	50.2378	1,980.0310	238.3174
SAPOTACEAE	*Sideroxylon salicifolium*	16	2.8688	156.5190	17.6963	337	58.9119	3,214.1303	363.3946
TEOPHRASTACEAE	*Jaquinia macrocarpa*	3	0.0024	0.3207	0.0014	68	0.0484	6.5857	0.0290
VERBENACEAE	*Callicarpa acuminata*	13	0.0238	4.3328	0.0309	274	0.4892	88.9742	0.6351
VERBENACEAE	*Vitex gaumeri*	29	6.3458	302.6371	32.9900	587	130.3111	6,214.6765	677.4528
TOTALES		1,833	193.9275	11,160.6500	1,018.5552	37,643	3,982.3159	229,184.8523	20,916.1134

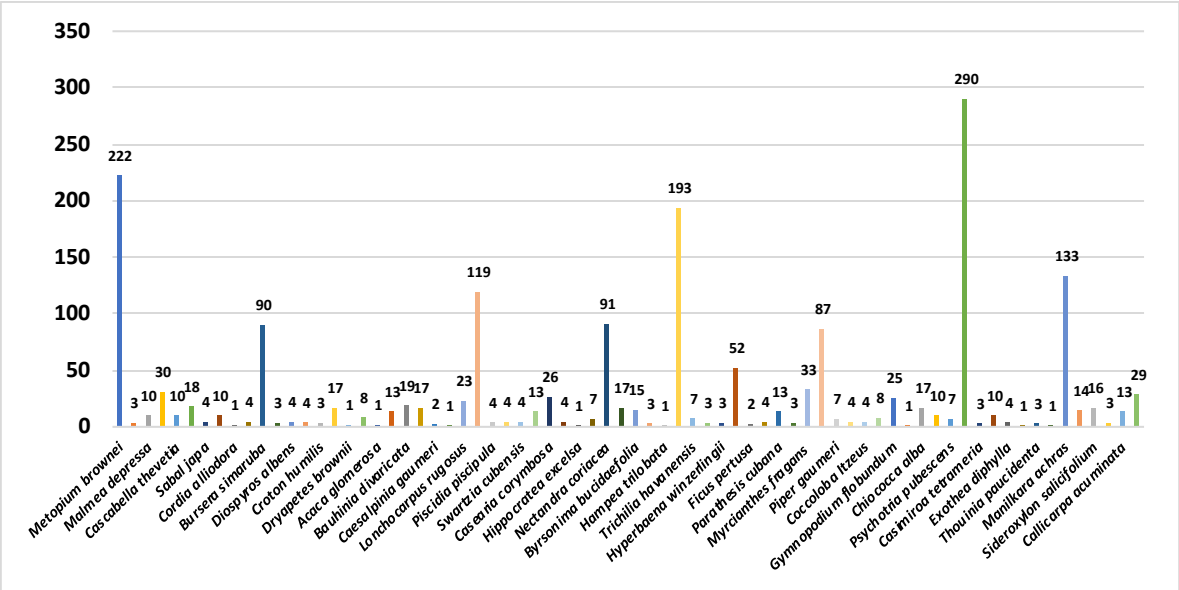


Figura 5. Número de individuos leñosos/ha y por especie en los estratos alto y medio del área de estudio.

Las especies más abundantes son *Randia aculeata* con 15.82%, *Metopium brownei* tiene 12.12% y finalmente *Malvaviscus arboreus* 10.55%. En conjunto estas tres especies representan el 38.49% del total de los individuos presentes en el área del proyecto.

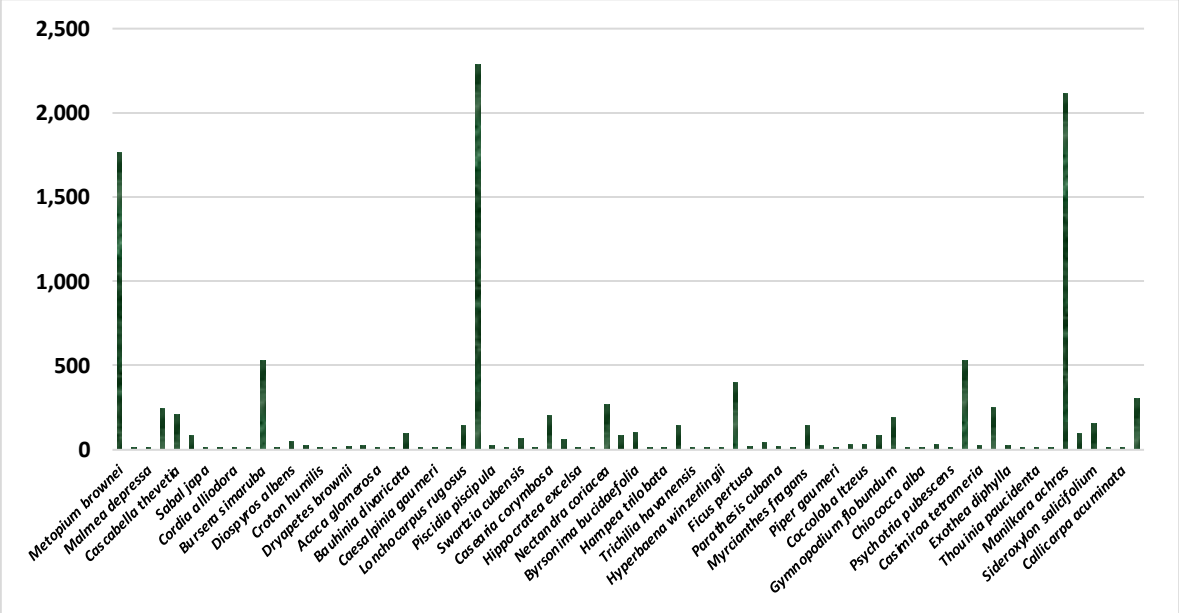


Figura 6. Cobertura/ha y por especie del arbolado presente en el estrato alto y medio del área de estudio.

La cobertura total/ha es dominada por *Lysiloma latisiliquum* con 20.51% le sigue *Manilkara achras* con el 18.94% y *Metopium brownei* 15.84%. En total estas tres especies representan el 55.29% de la cobertura de copa total en el área de estudio.

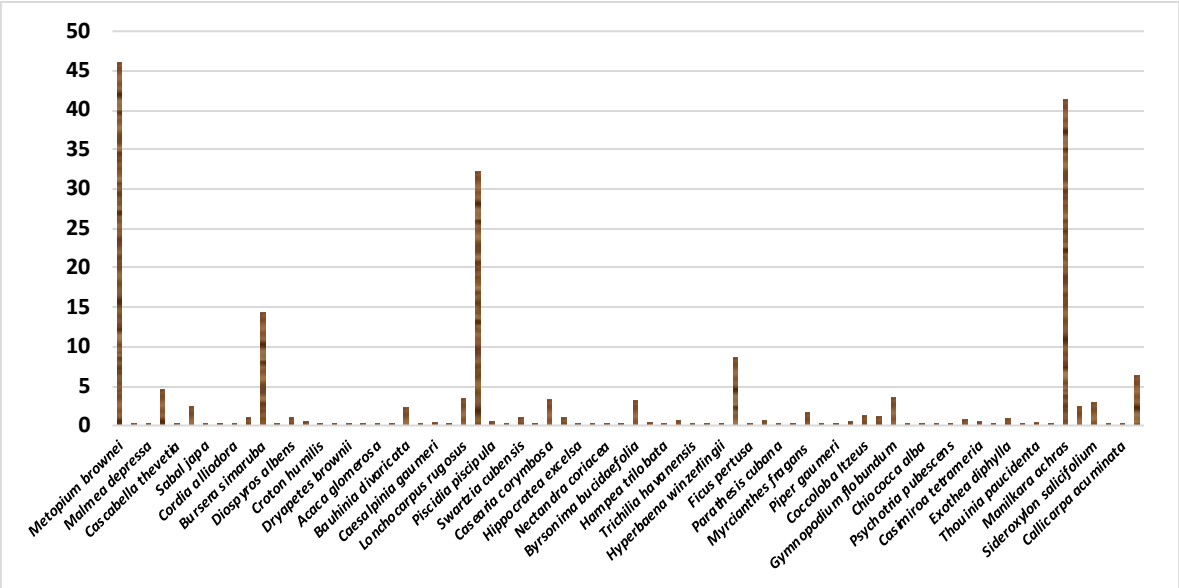


Figura 7. Área basal/ha y por especie del arbolado presente en el estrato alto del área de estudio

Para el parámetro de área basal/ha, la especie más importante es *Metopium brownei* con el 23.77% de dicho parámetro de interés forestal en el área de estudio, sigue *Manilkara achras* con 21.32% y al final *Lysiloma latisiliquum* un 16.63%. En conjunto estas tres especies representan el 61.72% del área basal/ha que se encuentra presente en la superficie propuesta para el proyecto (CUSTF).

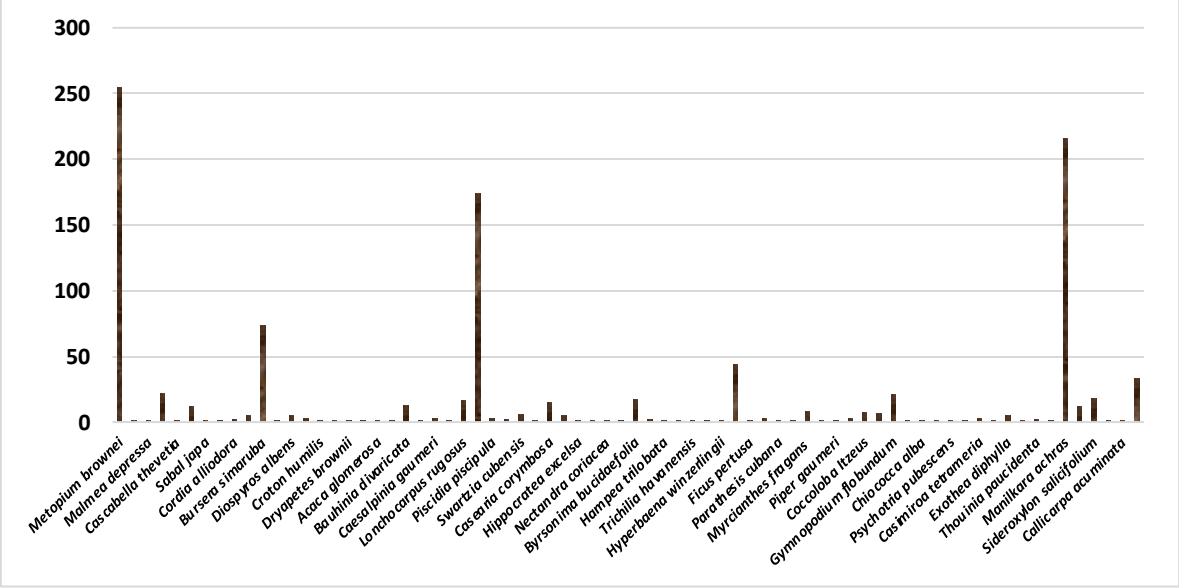


Figura 8. Volumen maderable total/ha y por especie del arbolado presente en el estrato alto del área de estudio.

En el caso del volumen total/ha en el área propuesta para el CUSTF, tenemos que nuevamente destaca *Metopium brownei* con el 24.97%, después *Manilkara achras* con un 21.20% y luego

tenemos a *Lysiloma latisiliquum* con 17.08%. De tal forma que estas tres especies llegan al 63.25% del volumen leñoso/ha que se encuentra presente en el área propuesta para el proyecto.

Con relación a las especies no leñosas, es importante mencionar que debido a que *Thrinax radiata* y *Coccothrinax readii* se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, ambas en calidad de amenazadas (A), fueron completamente excluidas de los trabajos de remoción; si bien deberán ser reubicadas en las mejores áreas del sistema ambiental (SAR).

Tabla 16. Volumen de biomasa no leñosa/ha, por 20.5351 ha (m^3) y por especie correspondiente al estrato bajo del área de estudio.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUN / HA	COB COPA/ HA	VOL TOT / HA	ABUN / 20.5351HA	COB COPA / 20.5351 HA	VOL TOT / 20.5351 HA
FABACEAE	*Acacia cornigera*	10	0.7069	0.0071	205	14.5154	0.1452
POACEAE	*Andropogon bicornis*	10	0.3976	0.0030	205	8.1649	0.0612
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea floribunda*	30	16.1989	0.5277	616	332.6452	10.8362
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea patellifera*	10	0.1227	0.0005	205	2.5200	0.0105
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea pubescens*	40	4.6290	0.0833	821	95.0559	1.7105
BROMELIACEAE	*Bromelia pinguin*	60	20.2093	0.5964	1,232	415.0001	12.2481
ARACEAE	*Caladium bicolor*	70	6.7790	0.1152	1,437	139.2070	2.3656
APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	20	0.6381	0.0044	411	13.1042	0.0900
ARECACEAE	*Chamaedorea zeifrizii*	20	0.7854	0.0073	411	16.1283	0.1505
BIGNONIACEAE	*Cydista potosina*	10	0.7069	0.0071	205	14.5154	0.1452

POACEAE	*Digitaria bicornis*	10	0.2405	0.0014	205	4.9393	0.0288
DIOSCORECEAE	*Dioscorea convolvulacea*	10	0.3142	0.0021	205	6.4513	0.0430
EBENACEAE	*Diospyros albens*	10	0.0785	0.0003	205	1.6128	0.0054
POACEAE	*Echinochloa colonum*	20	1.3597	0.0142	411	27.9220	0.2917
ASTERACEAE	*Euphatorium odoratum*	20	2.3611	0.0357	411	48.4856	0.7332
FABACEAE	*Galactica striata*	40	6.2636	0.1163	821	128.6228	2.3890
MALVACEAE	*Hampea trilobata*	10	0.0785	0.0003	205	1.6128	0.0054
POACEAE	*Lasiacis divaricata*	10	0.3142	0.0021	205	6.4513	0.0430
CUCURBITACEAE	*Momordica charantia*	10	0.0785	0.0003	205	1.6128	0.0054
RUBIACEAE	*Morinda yucatanensis*	20	0.5547	0.0035	411	11.3906	0.0718
POACEAE	*Olyra glaberrima*	1,030	2,477.7888	1,427.7049	21,151	50,881.5928	29,318.0353
POACEAE	*Paspalum nutatum*	20	0.5123	0.0037	411	10.5197	0.0751
SAPINDACEAE	*Paulinia cururu*	80	3.0876	0.0328	1,643	63.4042	0.6726
POACEAE	*Phragmites australis*	10	0.0785	0.0003	205	1.6128	0.0054
FABACEAE	*Rhynchosia minima*	10	0.1227	0.0005	205	2.5200	0.0105

CYPERACEAE	*Scleria lithosperma*	160	8.4523	0.0881	3,286	173.5692	1.8090
SAPINDACEAE	*Serjania adiantoides*	40	2.0862	0.0264	821	42.8407	0.5422
SMILACACEAE	*Smilax mollis*	10	3.3183	0.0719	205	68.1419	1.4764
ORCHIDACEAE	*Spiranthes torta*	10	0.5940	0.0054	205	12.1970	0.1118
PASSIFLORACEAE	*Turnera diffusa*	10	0.3976	0.0030	205	8.1649	0.0612
Total general		**1,820**	**2,559.2556**	**1,429.4650**	**37,374**	**52,554.5210**	**29,354.1793**

La abundancia está dominada por una sola especie, la cual es *Olyra glaberrima* con 56.59% de la abundancia total presente en el área de estudio.

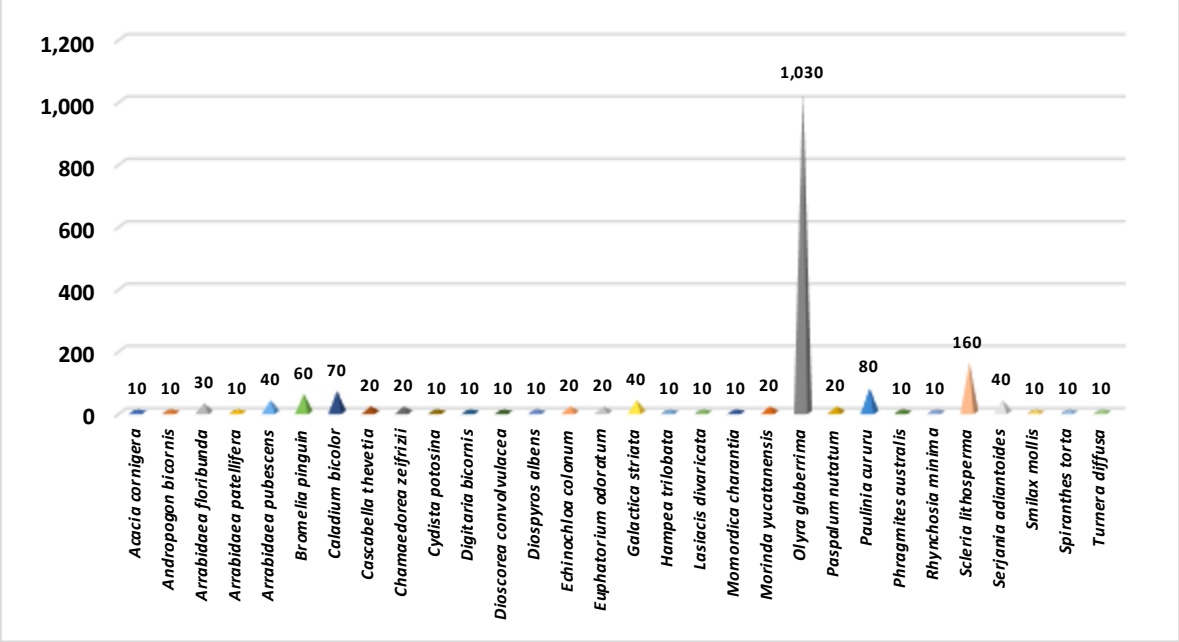


Figura 9. Número de individuos/ha y por especie correspondiente a las hierbas presentes en el estrato bajo del área de estudio.

Con relación a la cobertura de copa, también domina *Olyraglaberrima* con 96.82% de la cobertura total en el estrato bajo del área propuesta para el proyecto.

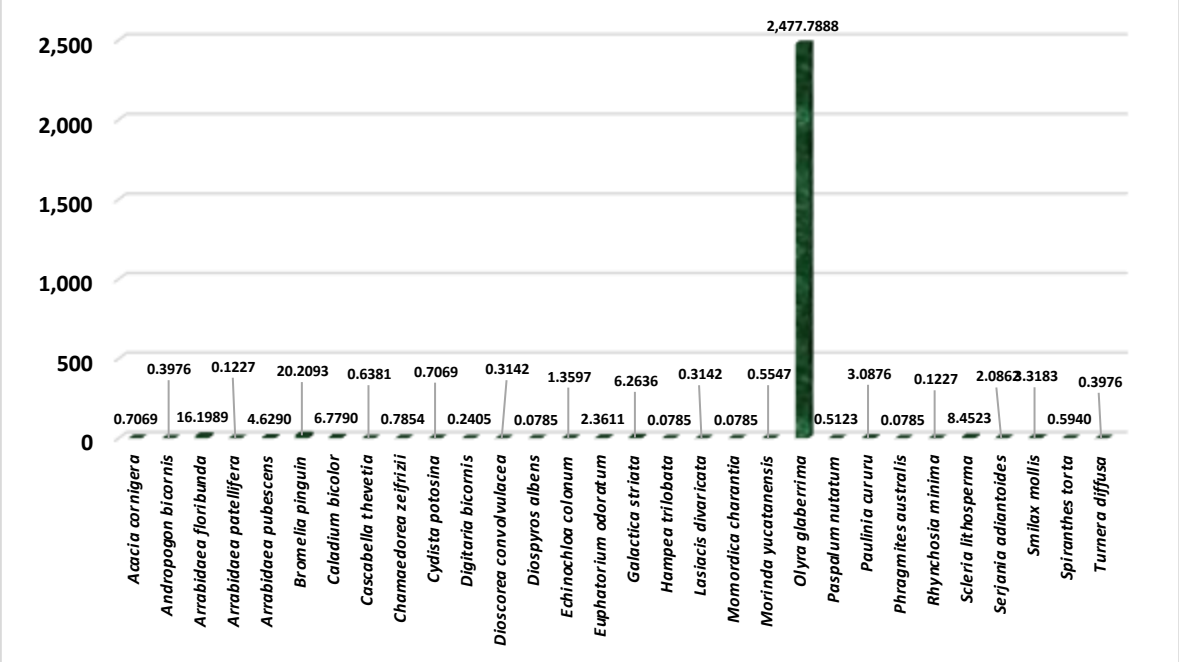


Figura 10. Cobertura de copa/ha y por especie (m²) correspondiente a los individuos presentes en el estrato bajo del área de estudio.

Finalmente, para el caso del volumen de biomasa no maderable, se puede observar que continúa dominando *Olyra glaberrima* con 99.88% del volumen total presente en el estrato bajo del área de estudio.

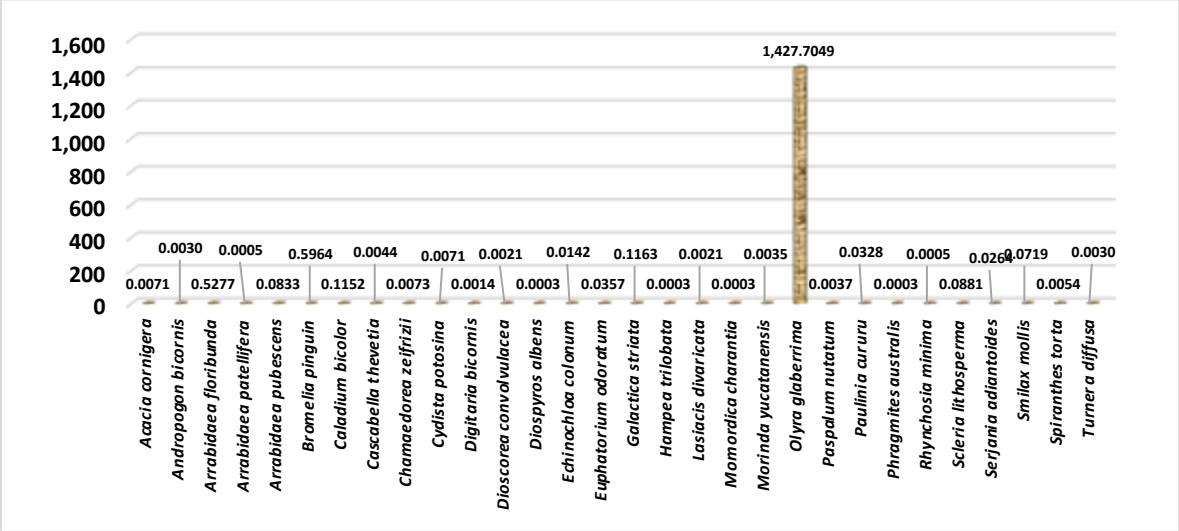


Figura 11. Volumen de biomasa no leñosa/ha y especie correspondiente a hierbas presentes en el estrato bajo del área de estudio.

II.2.5.2 Número de individuos por especie que se espera remover

En cuanto a especies leñosas a remover se presenta el siguiente cuadro:

Tabla 17. Especies leñosas presentes en el área del proyecto (CUSTF)

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUN / HA	ABUN / 20.5351 HA
ANACARDIACEAE	*Metopium brownei*	222	4,562
ANACARDIACEAE	*Toxicodendron radicans*	3	68
ANNONACEAE	*Malmea depressa*	10	205
ANNONACEAE	*Oxandra lanceolata*	30	626
APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	10	205
ARALICEAE	*Dendropanax arborea*	18	367
ARECACEAE	*Sabal japa*	4	83
ASTERACEAE	*Euphatorium albicaule*	10	205
BORAGINACEAE	*Cordia alliodora*	1	29

BORAGINACEAE	*Cordia dodecandra*	4	88
BURSERACEAE	*Bursera simaruba*	90	1,848
BURSERACEAE	*Protium copal*	3	68
EBENACEAE	*Diospyros albens*	4	88
EBENACEAE	*Diospyros cuneata*	4	73
EUPHORBIACEAE	*Croton humilis*	3	68
EUPHORBIACEAE	*Croton malvavisciifolia*	17	342
EUPHORBIACEAE	*Dryapetes brownii*	1	29
EUPHORBIACEAE	*Jatropha gaumeri*	8	166
FABACEAE	*Acaca glomerosa*	1	29
FABACEAE	*Acacia cornigera*	13	274
FABACEAE	*Bauhinia divaricata*	19	386
FABACEAE	*Bauhinia jenningsii*	17	342
FABACEAE	*Caesalpinia gaumeri*	2	44
FABACEAE	*Haematoxylum campechianum*	1	15
FABACEAE	*Lonchocarpus rugosus*	23	469
FABACEAE	*Lysiloma latisiliquum*	119	2,450
FABACEAE	*Piscidia piscipula*	4	73
FABACEAE	*Platymiscium yucatanum*	4	83
FABACEAE	*Swartzia cubensis*	4	88
FABACEAE	*Zygia stevensonii*	13	274
FLACOURTIACEAE	*Casaeria corymbosa*	26	538
FLACOURTIACEAE	*Cascabella thevetia*	4	88

HIPPOCRATACEAE	*Hippocratea excelsa*	1	15
LAURACEAE	*Licaria peckii*	7	137
LAURACEAE	*Nectandra coriacea*	91	1,863
MALPIGHIACEAE	*Buchosia glandulosa*	17	342
MALPIGHIACEAE	*Byrsonima bucidaefolia*	15	308
MALVACEAE	*Ceiba schottii*	3	59
MALVACEAE	*Hampea trilobata*	1	15
MALVACEAE	*Malvaviscus arboreus*	193	3,970
MELIACEAE	*Trichilia havanensis*	7	152
MELIACEAE	*Trichilia hirta*	3	68
MENISPERMACEAE	*Hyperbaena winzerlingii*	3	68
MORACEAE	*Ficus cotinifolia*	52	1,071
MORACEAE	*Ficus pertusa*	2	44
MORACEAE	*Ficus yucatanensis*	4	88
MYRSINACEAE	*Parathesis cubana*	13	274
MYRTACEAE	*Eugenia mayana*	3	68
MYRTACEAE	*Myrcianthes fragans*	33	675
MYRTACEAE	*Myrciaria floribunda*	87	1,780
PIPERACEAE	*Piper gaumeri*	7	137
POLYGONACEAE	*Coccoloba diversifolia*	4	88
POLYGONACEAE	*Coccoloba Itzeus*	4	88
POLYGONACEAE	*Coccoloba spicata*	8	161
POLYGONACEAE	*Gymnopodium flobundum*	25	523

RHAMNACEAE	*Krugiodendron ferreum*	1	15
RUBIACEAE	*Chiococca alba*	17	342
RUBIACEAE	*Psychotria nervosa*	10	205
RUBIACEAE	*Psychotria pubescens*	7	137
RUBIACEAE	*Randia aculeata*	290	5,955
RUTACEAE	*Casimiroa tetrameria*	3	59
SAPINDACEAE	*Allophylus cominia*	10	205
SAPINDACEAE	*Exothea diphylla*	4	73
SAPINDACEAE	*Talisia olivaeformis*	1	15
SAPINDACEAE	*Thouinia paucidenta*	3	59
SAPOTACEAE	*Chrysophyllum cainito*	1	15
SAPOTACEAE	*Manilkara achras*	133	2,733
SAPOTACEAE	*Pouteria campechuianum*	14	293
SAPOTACEAE	*Sideroxylon salicifolium*	16	337
TEOPHRASTACEAE	*Jaquinia macrocarpa*	3	68
VERBENACEAE	*Callicarpa acuminata*	13	274
VERBENACEAE	*Vitex gaumeri*	29	587
TOTALES		**1,833**	**37,643**

No se consideraron los individuos de las especies *Thrinax radiata* y *Coccothrinax readii,* todas listadas como amenazadas (A) en la NOM-059-SEMARNAT-2010, las cuales deberán ser reubicadas. Se tiene un total de 37,643 individuos leñosos a remover en las 20.5351 ha, los cuales están distribuidas en 72 especies distintas.

Tabla 18. Especies no leñosas presentes en el área del proyecto (CUSTF)

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUN / HA	ABUN / 20.5351HA
FABACEAE	*Acacia cornigera*	10	205
POACEAE	*Andropogon bicornis*	10	205
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea floribunda*	30	616
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea patellifera*	10	205
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea pubescens*	40	821
BROMELIACEAE	*Bromelia pinguin*	60	1,232
ARACEAE	*Caladium bicolor*	70	1,437
APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	20	411
ARECACEAE	*Chamaedorea zeifrizii*	20	411
BIGNONIACEAE	*Cydista potosina*	10	205
POACEAE	*Digitaria bicornis*	10	205
DIOSCORECEAE	*Dioscorea convolvulacea*	10	205
EBENACEAE	*Diospyros albens*	10	205
POACEAE	*Echinochloa colonum*	20	411
ASTERACEAE	*Euphatorium odoratum*	20	411
FABACEAE	*Galactica striata*	40	821
MALVACEAE	*Hampea trilobata*	10	205
POACEAE	*Lasiacis divaricata*	10	205
CUCURBITACEAE	*Momordica charantia*	10	205
RUBIACEAE	*Morinda yucatanensis*	20	411
POACEAE	*Olyra glaberrima*	1,030	21,151

POACEAE	*Paspalum nutatum*	20	411
SAPINDACEAE	*Paulinia cururu*	80	1,643
POACEAE	*Phragmites australis*	10	205
FABACEAE	*Rhynchosia minima*	10	205
CYPERACEAE	*Scleria lithosperma*	160	3,286
SAPINDACEAE	*Serjania adiantoides*	40	821
SMILACACEAE	*Smilax mollis*	10	205
ORCHIDACEAE	*Spiranthes torta*	10	205
PASSIFLORACEAE	*Turnera diffusa*	10	205
Total general		**1,820**	**37,374**

No fue registrada ninguna especie listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Se tiene un total de 37,374 individuos no leñosos a remover en las 20.5351 ha, los cuales pertenecen a 30 especies distintas.

II.2.5.3 Estimación de existencias volumétricas

La superficie total del predio son 633,600.00 m², es decir, 63.36 hectáreas; en tanto que la superficie donde se pretende realizar el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), alcanza una superficie de 205,350.81 m², o sea 20.5351 hectáreas, que representa 32.41% del predio. Por lo tanto, el 67.59% del mismo predio, no será intervenido.

En el presente estudio, se analizaron los datos dasométricos de los individuos arbóreos, arbustivo y herbáceos muestreados para estimar el volumen susceptible de ser extraído para la eventual realización del CUSTF en la superficie solicitada para la ejecución del proyecto.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa Excel, con el cual se obtuvieron los estimadores de las variables dasométricas tales como cobertura de copa, área basal y volumen total.

Tabla 19. Volumen leñoso total en m³ en el área del proyecto (CUSTF)

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	VOL TOT / HA	VOL TOT / 20.5351 HA
ANACARDIACEAE	*Metopium brownei*	254.3160	5,222.4006

ANACARDIACEAE	*Toxicodendron radicans*	0.0013	0.0258
ANNONACEAE	*Malmea depressa*	0.0104	0.2139
ANNONACEAE	*Oxandra lanceolata*	21.3874	439.1926
APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	0.0047	0.0958
ARALICEAE	*Dendropanax arborea*	11.5919	238.0416
ARECACEAE	*Sabal japa*	0.7281	14.9506
ASTERACEAE	*Euphatorium albicaule*	0.0131	0.2697
BORAGINACEAE	*Cordia alliodora*	1.7840	36.6349
BORAGINACEAE	*Cordia dodecandra*	5.3004	108.8438
BURSERACEAE	*Bursera simaruba*	73.2749	1,504.7064
BURSERACEAE	*Protium copal*	0.0040	0.0826
EBENACEAE	*Diospyros albens*	5.2132	107.0525
EBENACEAE	*Diospyros cuneata*	2.4240	49.7763
EUPHORBIACEAE	*Croton humilis*	0.0067	0.1371
EUPHORBIACEAE	*Croton malvavisciifolia*	0.0991	2.0347
EUPHORBIACEAE	*Dryapetes brownii*	0.5569	11.4366
EUPHORBIACEAE	*Jatropha gaumeri*	0.8713	17.8921
FABACEAE	*Acaca glomerosa*	0.6091	12.5088
FABACEAE	*Acacia cornigera*	0.0059	0.1202
FABACEAE	*Bauhinia divaricata*	12.3993	254.6197
FABACEAE	*Bauhinia jenningsii*	0.0081	0.1664
FABACEAE	*Caesalpinia gaumeri*	2.4529	50.3713
FABACEAE	*Haematoxylum campechianum*	0.2757	5.6624

FABACEAE	*Lonchocarpus rugosus*	16.6658	342.2339
FABACEAE	*Lysiloma latisiliquum*	173.9931	3,572.9628
FABACEAE	*Piscidia piscipula*	3.0597	62.8304
FABACEAE	*Platymiscium yucatanum*	1.7701	36.3498
FABACEAE	*Swartzia cubensis*	5.8290	119.6984
FABACEAE	*Zygia stevensonii*	0.0063	0.1293
FLACOURTIACEAE	*Casaeria corymbosa*	15.2315	312.7802
FLACOURTIACEAE	*Cascabella thevetia*	5.1845	106.4648
HIPPOCRATACEAE	*Hippocratea excelsa*	0.4750	9.7544
LAURACEAE	*Licaria peckii*	0.0056	0.1155
LAURACEAE	*Nectandra coriacea*	0.3827	7.8580
MALPIGHIACEAE	*Buchosia glandulosa*	0.0140	0.2871
MALPIGHIACEAE	*Byrsonima bucidaefolia*	16.8371	345.7515
MALVACEAE	*Ceiba schottii*	1.6496	33.8749
MALVACEAE	*Hampea trilobata*	0.3666	7.5273
MALVACEAE	*Malvaviscus arboreus*	0.5072	10.4150
MELIACEAE	*Trichilia havanensis*	0.3773	7.7479
MELIACEAE	*Trichilia hirta*	0.0002	0.0039
MENISPERMACEAE	*Hyperbaena winzerlingii*	0.0025	0.0523
MORACEAE	*Ficus cotinifolia*	44.0230	904.0155
MORACEAE	*Ficus pertusa*	1.0178	20.9003
MORACEAE	*Ficus yucatanensis*	3.0265	62.1502
MYRSINACEAE	*Parathesis cubana*	0.0166	0.3416

MYRTACEAE	*Eugenia mayana*	0.0471	0.9677
MYRTACEAE	*Myrcianthes fragans*	7.9961	164.2013
MYRTACEAE	*Myrciaria floribunda*	0.1560	3.2042
PIPERACEAE	*Piper gaumeri*	0.0143	0.2929
POLYGONACEAE	*Coccoloba diversifolia*	2.6086	53.5681
POLYGONACEAE	*Coccoloba Itzeus*	6.9008	141.7086
POLYGONACEAE	*Coccoloba spicata*	6.5264	134.0209
POLYGONACEAE	*Gymnopodium flobundum*	20.6194	423.4211
RHAMNACEAE	*Krugiodendron ferreum*	0.4666	9.5814
RUBIACEAE	*Chiococca alba*	0.0316	0.6487
RUBIACEAE	*Psychotria nervosa*	0.0586	1.2025
RUBIACEAE	*Psychotria pubescens*	0.0114	0.2339
RUBIACEAE	*Randia aculeata*	0.7836	16.0918
RUTACEAE	*Casimiroa tetrameria*	2.4418	50.1435
SAPINDACEAE	*Allophylus cominia*	0.0109	0.2239
SAPINDACEAE	*Exothea diphylla*	4.9382	101.4063
SAPINDACEAE	*Talisia olivaeformis*	0.2062	4.2337
SAPINDACEAE	*Thouinia paucidenta*	2.2032	45.2429
SAPOTACEAE	*Chrysophyllum cainito*	0.4608	9.4620
SAPOTACEAE	*Manilkara achras*	215.9693	4,434.9479
SAPOTACEAE	*Pouteria campechuianum*	11.6054	238.3174
SAPOTACEAE	*Sideroxylon salicifolium*	17.6963	363.3946
TEOPHRASTACEAE	*Jaquinia macrocarpa*	0.0014	0.0290

VERBENACEAE	*Callicarpa acuminata*	0.0309	0.6351
VERBENACEAE	*Vitex gaumeri*	32.9900	677.4528
TOTALES		1,018.5552	20,916.1134

Con lo cual se obtuvo como volumen leñoso a remover de 20,916.1134 (m^3), en las 205351 ha propuestas para el CUSTF, las cuales pertenecen a 72 especies distintas.

No se consideraron los individuos de las especies *Thrinax radiata* y *Coccothrinax readii,* todas listadas como amenazadas (A) en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 20. Biomasa no leñosa total en m^3 en el área del proyecto (CUSTF)

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	VOL TOT / HA	VOL TOT / 20.5351 HA
FABACEAE	*Acacia cornigera*	0.0071	0.1452
POACEAE	*Andropogon bicornis*	0.0030	0.0612
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea floribunda*	0.5277	10.8362
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea patellifera*	0.0005	0.0105
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea pubescens*	0.0833	1.7105
BROMELIACEAE	*Bromelia pinguin*	0.5964	12.2481
ARACEAE	*Caladium bicolor*	0.1152	2.3656
APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	0.0044	0.0900
ARECACEAE	*Chamaedorea zeifrizii*	0.0073	0.1505
BIGNONIACEAE	*Cydista potosina*	0.0071	0.1452
POACEAE	*Digitaria bicornis*	0.0014	0.0288
DIOSCORECEAE	*Dioscorea convolvulacea*	0.0021	0.0430
EBENACEAE	*Diospyros albens*	0.0003	0.0054
POACEAE	*Echinochloa colonum*	0.0142	0.2917

ASTERACEAE	*Euphatorium odoratum*	0.0357	0.7332
FABACEAE	*Galactica striata*	0.1163	2.3890
MALVACEAE	*Hampea trilobata*	0.0003	0.0054
POACEAE	*Lasiacis divaricata*	0.0021	0.0430
CUCURBITACEAE	*Momordica charantia*	0.0003	0.0054
RUBIACEAE	*Morinda yucatanensis*	0.0035	0.0718
POACEAE	*Olyra glaberrima*	1,427.7049	29,318.0353
POACEAE	*Paspalum nutatum*	0.0037	0.0751
SAPINDACEAE	*Paulinia cururu*	0.0328	0.6726
POACEAE	*Phragmites australis*	0.0003	0.0054
FABACEAE	*Rhynchosia minima*	0.0005	0.0105
CYPERACEAE	*Scleria lithosperma*	0.0881	1.8090
SAPINDACEAE	*Serjania adiantoides*	0.0264	0.5422
SMILACACEAE	*Smilax mollis*	0.0719	1.4764
ORCHIDACEAE	*Spiranthes torta*	0.0054	0.1118
PASSIFLORACEAE	*Turnera diffusa*	0.0030	0.0612
Total general		**1,429.4650**	**29,354.1793**

De esta forma, eventualmente se removerán 29,354.1793 m³ de biomasa no leñosa presente en las 20.5351 ha que es el área propuesta para el CUSTF, las cuales pertenecen a 30 especies distintas. No fueron observadas especies presentes en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

II.2.6 Estimación económica de los recursos biológicos forestales del área sujeta al cambio de uso de suelo

Para la estimación económica de los recursos forestales maderables presentes en el área propuesta para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), se consideraron las 74 especies

leñosas registradas en el sitio y el número de individuos por especie a remover en la superficie ya mencionada (20.5351 ha).

A continuación, se presenta el listado de especies con la valoración económica obtenida:

Tabla 21. Valor económico de las especies leñosas presentes en el área del eventual cambio de uso de suelo (CUSTF).

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUN / HA	VOL TOT / HA	ABUN / 20.5351 HA	VOL TOT / 20.5351 HA	$ 400/m³ leña 205351 ha
ANACARDIACEAE	*Metopium brownei*	222	254.3160	4,562	5,222.4006	$2,088,960.23
ANACARDIACEAE	*Toxicodendron radicans*	3	0.0013	68	0.0258	$10.32
ANNONACEAE	*Malmea depressa*	10	0.0104	205	0.2139	$85.54
ANNONACEAE	*Oxandra lanceolata*	30	21.3874	626	439.1926	$175,677.04
APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	10	0.0047	205	0.0958	$38.32
ARALICEAE	*Dendropanax arborea*	18	11.5919	367	238.0416	$95,216.64
ARECACEAE	*Coccothrinax readii*	301	2.2602	6,175	46.4133	$18,565.31
ARECACEAE	*Thrinax radiata*	117	1.2402	2,410	25.4669	$10,186.77
ARECACEAE	*Sabal japa*	4	0.7281	83	14.9506	$5,980.23
ASTERACEAE	*Euphatorium albicaule*	10	0.0131	205	0.2697	$107.87
BORAGINACEAE	*Cordia alliodora*	1	1.7840	29	36.6349	$14,653.95
BORAGINACEAE	*Cordia dodecandra*	4	5.3004	88	108.8438	$43,537.50
BURSERACEAE	*Bursera simaruba*	90	73.2749	1,848	1,504.7064	$601,882.54
BURSERACEAE	*Protium copal*	3	0.0040	68	0.0826	$33.03
EBENACEAE	*Diospyros albens*	4	5.2132	88	107.0525	$42,820.99
EBENACEAE	*Diospyros cuneata*	4	2.4240	73	49.7763	$19,910.54
EUPHORBIACEAE	*Croton humilis*	3	0.0067	68	0.1371	$54.84
EUPHORBIACEAE	*Croton malvavisciifolia*	17	0.0991	342	2.0347	$813.90
EUPHORBIACEAE	*Dryapetes brownii*	1	0.5569	29	11.4366	$4,574.64
EUPHORBIACEAE	*Jatropha gaumeri*	8	0.8713	166	17.8921	$7,156.85

FABACEAE	*Acaca glomerosa*	1	0.6091	29	12.5088	$5,003.54
FABACEAE	*Acacia cornigera*	13	0.0059	274	0.1202	$48.08
FABACEAE	*Bauhinia divaricata*	19	12.3993	386	254.6197	$101,847.89
FABACEAE	*Bauhinia jenningsii*	17	0.0081	342	0.1664	$66.58
FABACEAE	*Caesalpinia gaumeri*	2	2.4529	44	50.3713	$20,148.52
FABACEAE	*Haematoxylum campechianum*	1	0.2757	15	5.6624	$2,264.96
FABACEAE	*Lonchocarpus rugosus*	23	16.6658	469	342.2339	$136,893.54
FABACEAE	*Lysiloma latisiliquum*	119	173.9931	2,450	3,572.9628	$1,429,185.12
FABACEAE	*Piscidia piscipula*	4	3.0597	73	62.8304	$25,132.15
FABACEAE	*Platymiscium yucatanum*	4	1.7701	83	36.3498	$14,539.93
FABACEAE	*Swartzia cubensis*	4	5.8290	88	119.6984	$47,879.34
FABACEAE	*Zygia stevensonii*	13	0.0063	274	0.1293	$51.74
FLACOURTIACEAE	*Casaeria corymbosa*	26	15.2315	538	312.7802	$125,112.09
FLACOURTIACEAE	*Cascabella thevetia*	4	5.1845	88	106.4648	$42,585.91
HIPPOCRATACEAE	*Hippocratea excelsa*	1	0.4750	15	9.7544	$3,901.75
LAURACEAE	*Licaria peckii*	7	0.0056	137	0.1155	$46.19
LAURACEAE	*Nectandra coriacea*	91	0.3827	1,863	7.8580	$3,143.20
MALPIGHIACEAE	*Buchosia glandulosa*	17	0.0140	342	0.2871	$114.83
MALPIGHIACEAE	*Byrsonima bucidaefolia*	15	16.8371	308	345.7515	$138,300.61
MALVACEAE	*Ceiba schottii*	3	1.6496	59	33.8749	$13,549.94
MALVACEAE	*Hampea trilobata*	1	0.3666	15	7.5273	$3,010.91
MALVACEAE	*Malvaviscus arboreus*	193	0.5072	3,970	10.4150	$4,166.02
MELIACEAE	*Trichilia havanensis*	7	0.3773	152	7.7479	$3,099.17
MELIACEAE	*Trichilia hirta*	3	0.0002	68	0.0039	$1.55

MENISPERMACEAE	*Hyperbaena winzerlingii*	3	0.0025	68	0.0523	$20.90
MORACEAE	*Ficus cotinifolia*	52	44.0230	1,071	904.0155	$361,606.21
MORACEAE	*Ficus pertusa*	2	1.0178	44	20.9003	$8,360.13
MORACEAE	*Ficus yucatanensis*	4	3.0265	88	62.1502	$24,860.09
MYRSINACEAE	*Parathesis cubana*	13	0.0166	274	0.3416	$136.64
MYRTACEAE	*Eugenia mayana*	3	0.0471	68	0.9677	$387.08
MYRTACEAE	*Myrcianthes fragans*	33	7.9961	675	164.2013	$65,680.51
MYRTACEAE	*Myrciaria floribunda*	87	0.1560	1,780	3.2042	$1,281.68
PIPERACEAE	*Piper gaumeri*	7	0.0143	137	0.2929	$117.16
POLYGONACEAE	*Coccoloba diversifolia*	4	2.6086	88	53.5681	$21,427.26
POLYGONACEAE	*Coccoloba Itzeus*	4	6.9008	88	141.7086	$56,683.44
POLYGONACEAE	*Coccoloba spicata*	8	6.5264	161	134.0209	$53,608.38
POLYGONACEAE	*Gymnopodium flobundum*	25	20.6194	523	423.4211	$169,368.43
RHAMNACEAE	*Krugiodendron ferreum*	1	0.4666	15	9.5814	$3,832.56
RUBIACEAE	*Chiococca alba*	17	0.0316	342	0.6487	$259.47
RUBIACEAE	*Psychotria nervosa*	10	0.0586	205	1.2025	$481.01
RUBIACEAE	*Psychotria pubescens*	7	0.0114	137	0.2339	$93.54
RUBIACEAE	*Randia aculeata*	290	0.7836	5,955	16.0918	$6,436.72
RUTACEAE	*Casimiroa tetrameria*	3	2.4418	59	50.1435	$20,057.42
SAPINDACEAE	*Allophylus cominia*	10	0.0109	205	0.2239	$89.54
SAPINDACEAE	*Exothea diphylla*	4	4.9382	73	101.4063	$40,562.53
SAPINDACEAE	*Talisia olivaeformis*	1	0.2062	15	4.2337	$1,693.47
SAPINDACEAE	*Thouinia paucidenta*	3	2.2032	59	45.2429	$18,097.14
SAPOTACEAE	*Chrysophyllum cainito*	1	0.4608	15	9.4620	$3,784.79

SAPOTACEAE	*Manilkara achras*	133	215.9693	2,733	4,434.9479	$1,773,979.17
SAPOTACEAE	*Pouteria campechuianum*	14	11.6054	293	238.3174	$95,326.96
SAPOTACEAE	*Sideroxylon salicifolium*	16	17.6963	337	363.3946	$145,357.84
TEOPHRASTACEAE	*Jaquinia macrocarpa*	3	0.0014	68	0.0290	$11.61
VERBENACEAE	*Callicarpa acuminata*	13	0.0309	274	0.6351	$254.05
VERBENACEAE	*Vitex gaumeri*	29	32.9900	587	677.4528	$270,981.12
TOTALES		**2,251**	**1,022.0556**	**46,228**	**20,987.9936**	**$8,395,197.42**

De esta forma resulta que el valor económico estimado para las materias primas forestales que pudieran generarse con motivo del eventual cambio de uso de suelo propuesto en 205,350.81 m^2 (20.5351 ha) asciende a $8'395,197.42 M.N.

II.2.6.1 Clasificación para la valoración económica

Los recursos biológicos generalmente son comercializados para su uso directo, existiendo mercados donde se fijan sus precios. En otros casos, los recursos se valoran a través del precio de recursos asociados o substitutos que se comercializan.

En contraste, para la valoración de los usos indirectos que proporcionan los servicios ambientales, en general no existen mercados, y se debe recurrir a mercados simulados y a otros métodos de valoración.

Se han desarrollado otras técnicas como la del cambio de productividad. Por ejemplo, la pérdida de los bosques puede disminuir la productividad agrícola (a precios de mercado) al degradarse los servicios ambientales prestados por ellos, tales como la conservación del suelo y el agua, el control de inundaciones o la protección contra el viento. De esta forma resulta que el costo de oportunidad o el valor neto de la producción perdida se convierte en una medida de valor del servicio ambiental del bosque para la agricultura. La ganancia perdida puede considerarse como la máxima disposición de pagar por parte de los agricultores, para evitar el daño.

Con el mercado sustituto se obtiene una curva de demanda subrogada; de esta forma se utiliza la información de precios en mercados reales para calcular de manera indirecta los beneficios de los bienes o servicios de la biodiversidad para los cuales no existen mercados.

Con los precios hedónicos, se separa el componente ambiental y se compara el precio de mercado del bien con otro que carezca de los atributos ambientales. De esta forma se estima el valor adicional de un inmueble por encontrarse en un bosque o en un sitio con paisaje natural excepcional.

Valor económico total: El valor económico total (VET) es una metodología de valoración económica internacionalmente reconocida y aplicable, entre otros campos, para la valoración económica de la

biodiversidad. Se obtiene a partir del Valor de Uso (VU) y el Valor de No-Uso (VNU) de sus funciones y servicios ambientales.

El VET es la cantidad del recurso expresado en unidades monetarias, que la sociedad podría dejar de percibir si el ecosistema en cuestión se perdiera. Este valor se obtiene como resultado de la suma de los valores de los distintos componentes que se pueden derivar del ecosistema (en este caso, el ecosistema de duna costera). Por tanto:

VET = VALOR DE USO + VALOR DE NO USO

El Valor de Uso que se asocia a algún tipo de interacción entre el hombre y el medio natural, y tiene que ver con el bienestar que tal uso proporciona a los agentes económicos, puede adquirir las tres formas siguientes:

- El Valor de Uso Directo (VUD) corresponde al aprovechamiento más rentable, o más común, o más frecuente del recurso. Es lo que la flora y vegetación brindan para usos socioeconómicos (maderable, medicinal, melífero, artesanía, etc.), así como en la posibilidad de hacer excursiones o recrearse con la naturaleza.
- El Valor de Uso Indirecto (VUI) corresponde a las funciones ecológicas o ecosistémicas. Estas funciones ecológicas cumplen un rol de regulador o de apoyo a las actividades económicas que se asocian al recurso. El mayor problema con el Uso Indirecto es su casi total ausencia de los mercados, por lo que es difícil darle valor y no se le considera normalmente en la toma de decisiones económicas.
- El Valor de Opción (VO) corresponde a lo que los individuos están dispuestos a pagar para permitir el uso futuro del recurso. Es decir, no para usarlo hoy sino para mañana, sea en cualquiera de las posibilidades ya señaladas. Es algo así como un seguro, cuyo objetivo es precaverse ante un futuro incierto. Entre las funciones y servicios ambientales de la vegetación en el predio del proyecto se presentan VUD y VUI:

Tabla 22. Servicios ambientales VUD y VUI

VUD:	**VUI:**
Sitio para actividades productivas. Productos maderables Fuente de polen y néctar para la apicultura Plantas ornamentales	Recicladora de CO2 Fuente de materia orgánica e inorgánica Control de la erosión Preservador de corredor biológico Formadora de suelos Filtro de agua Protección de la cuenca Retención de nutrientes

VET = VALOR DE USO + VALOR DE NO USO

El VO queda asociado a: - Fuente de materia prima para la elaboración de medicamentos naturales - Plantas medicinales - Uso en las artesanías.

El Valor de No-Uso, que a diferencia del anterior no implica interacciones hombre-medio, se asocia al valor intrínseco del medio ambiente, y suele conocerse como Valor de existencia.

El Valor de Existencia (VE) corresponde a lo que ciertos individuos, por razones éticas, culturales o altruistas, están dispuestos a pagar para que no se utilice el recurso ambiental, sin relación con usos actuales o futuros. En otras palabras, la actitud de los amantes de las especies salvajes o nativas, de la belleza natural, de la salvación de ecosistemas únicos.

Entre las funciones y servicios ambientales de la vegetación de sitio del proyecto que representan un VNU se pueden mencionar las siguientes:

- Especies de flora.
- Hábitat de especies de fauna

De esta manera queda claro que el análisis económico debe reforzar el criterio de que la protección, el uso sostenible de la zona de selva tropical son aspectos relevantes para el funcionamiento y desarrollo sostenible de las principales actividades socioeconómicas del territorio.

Según se ha podido constatar en la literatura internacional y nacional consultada, ninguna investigación de esta naturaleza ha logrado calcular todo el VET de un ecosistema.

Con el método de gastos de viaje, se realizan observaciones de las visitas realizadas tomando en cuenta las distancias de viaje para construir una curva de demanda. De esta forma, los gastos efectuados por los usuarios se utilizan como una aproximación para valorar sitios recreacionales (Perrings C. et al., 1995).

En el método de los gastos preventivos y defensivos se interpretan los gastos como un indicador de los beneficios ambientales resultantes. Se usan para medir los gastos de gobiernos, empresas y particulares para reducir los efectos ambientales no deseados.

Con la valoración contingente, se les pregunta a las personas cuánto estarían dispuestos a pagar para conservar una especie o un área natural, o bien, cuánto estarían dispuestos a recibir por la destrucción o desaparición de una especie o un área natural. Este pago puede ser en forma de contribución voluntaria, como cargo fiscal, o como un mayor precio por los productos y los servicios asociados. Al entrevistado se le informa sobre la cantidad, calidad y cambios que pueden ocurrir en el bien, se escoge el instrumento de pago y se le pide hacer una selección de entre varias opciones.

En conclusión, el problema de la valoración económica no es sencillo porque es indispensable el conocimiento físico y biológico del recurso o servicio involucrado y contar con personal con entrenamiento en la materia. De esta forma, la valoración económica de los recursos naturales es una compleja tarea, debido a que la asignación de un valor económico o monetario de los elementos naturales tiene muchos elementos subjetivos. Pese a la existencia de las metodologías ya comentadas, para calcular el valor monetario de estos elementos, no siempre se obtiene una estimación apegada a la realidad del valor de los recursos naturales; por lo que es más factible en estas cuestiones preguntar directamente a los habitantes de la zona sobre el valor económico de las especies vegetales y animales presentes en el sitio, de acuerdo con el uso y/o aprovechamiento que estos les dan.

II.2.6.2 Valoración económica de recursos forestales para el sitio

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (2020) define el aprovechamiento forestal como la extracción de los recursos forestales del medio en que se encuentren, incluyendo los maderables y no maderables.

Los recursos forestales maderables están constituidos por la vegetación leñosa susceptible de aprovechamiento o uso y consideradas como maderas preciosas y comunes tropicales.

Mientras que los recursos forestales no maderables los constituyen toda parte no leñosa de la vegetación de un ecosistema forestal, incluyendo líquenes, musgos, hongos, resinas y los suelos.

II.2.6.2.1 Estimación del valor económico de los recursos forestales maderables

Para la estimación económica de los recursos forestales maderables presentes en el área propuesta para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), se consideraron las 17 especies leñosas registradas en el sitio y el número de individuos por especie a remover en las 0.1755.

Tabla 23. Valor económico de las especies leñosas presentes en el área del eventual cambio de uso de suelo (CUSTF).

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUN / HA	VOL TOT / HA	ABUN / 20.5351 HA	VOL TOT / 20.5351 HA	$ 400/m³ leña 205351 ha
ANACARDIACEAE	*Metopium brownei*	222	254.3160	4,562	5,222.4006	$2,088,960.23
ANACARDIACEAE	*Toxicodendron radicans*	3	0.0013	68	0.0258	$10.32
ANNONACEAE	*Malmea depressa*	10	0.0104	205	0.2139	$85.54
ANNONACEAE	*Oxandra lanceolata*	30	21.3874	626	439.1926	$175,677.04
APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	10	0.0047	205	0.0958	$38.32
ARALICEAE	*Dendropanax arborea*	18	11.5919	367	238.0416	$95,216.64
ARECACEAE	*Coccothrinax readii*	301	2.2602	6,175	46.4133	$18,565.31
ARECACEAE	*Thrinax radiata*	117	1.2402	2,410	25.4669	$10,186.77
ARECACEAE	*Sabal japa*	4	0.7281	83	14.9506	$5,980.23
ASTERACEAE	*Euphatorium albicaule*	10	0.0131	205	0.2697	$107.87

BORAGINACEAE	*Cordia alliodora*	1	1.7840	29	36.6349	$14,653.95
BORAGINACEAE	*Cordia dodecandra*	4	5.3004	88	108.8438	$43,537.50
BURSERACEAE	*Bursera simaruba*	90	73.2749	1,848	1,504.7064	$601,882.54
BURSERACEAE	*Protium copal*	3	0.0040	68	0.0826	$33.03
EBENACEAE	*Diospyros albens*	4	5.2132	88	107.0525	$42,820.99
EBENACEAE	*Diospyros cuneata*	4	2.4240	73	49.7763	$19,910.54
EUPHORBIACEAE	*Croton humilis*	3	0.0067	68	0.1371	$54.84
EUPHORBIACEAE	*Croton malvavisciifolia*	17	0.0991	342	2.0347	$813.90
EUPHORBIACEAE	*Dryapetes brownii*	1	0.5569	29	11.4366	$4,574.64
EUPHORBIACEAE	*Jatropha gaumeri*	8	0.8713	166	17.8921	$7,156.85
FABACEAE	*Acaca glomerosa*	1	0.6091	29	12.5088	$5,003.54
FABACEAE	*Acacia cornigera*	13	0.0059	274	0.1202	$48.08
FABACEAE	*Bauhinia divaricata*	19	12.3993	386	254.6197	$101,847.89
FABACEAE	*Bauhinia jenningsii*	17	0.0081	342	0.1664	$66.58
FABACEAE	*Caesalpinia gaumeri*	2	2.4529	44	50.3713	$20,148.52
FABACEAE	*Haematoxylum campechianum*	1	0.2757	15	5.6624	$2,264.96
FABACEAE	*Lonchocarpus rugosus*	23	16.6658	469	342.2339	$136,893.54
FABACEAE	*Lysiloma latisiliquum*	119	173.9931	2,450	3,572.9628	$1,429,185.12
FABACEAE	*Piscidia piscipula*	4	3.0597	73	62.8304	$25,132.15

FABACEAE	*Platymiscium yucatanum*	4	1.7701	83	36.3498	$14,539.93
FABACEAE	*Swartzia cubensis*	4	5.8290	88	119.6984	$47,879.34
FABACEAE	*Zygia stevensonii*	13	0.0063	274	0.1293	$51.74
FLACOURTIACEAE	*Casaeria corymbosa*	26	15.2315	538	312.7802	$125,112.09
FLACOURTIACEAE	*Cascabella thevetia*	4	5.1845	88	106.4648	$42,585.91
HIPPOCRATACEAE	*Hippocratea excelsa*	1	0.4750	15	9.7544	$3,901.75
LAURACEAE	*Licaria peckii*	7	0.0056	137	0.1155	$46.19
LAURACEAE	*Nectandra coriacea*	91	0.3827	1,863	7.8580	$3,143.20
MALPIGHIACEAE	*Buchosia glandulosa*	17	0.0140	342	0.2871	$114.83
MALPIGHIACEAE	*Byrsonima bucidaefolia*	15	16.8371	308	345.7515	$138,300.61
MALVACEAE	*Ceiba schottii*	3	1.6496	59	33.8749	$13,549.94
MALVACEAE	*Hampea trilobata*	1	0.3666	15	7.5273	$3,010.91
MALVACEAE	*Malvaviscus arboreus*	193	0.5072	3,970	10.4150	$4,166.02
MELIACEAE	*Trichilia havanensis*	7	0.3773	152	7.7479	$3,099.17
MELIACEAE	*Trichilia hirta*	3	0.0002	68	0.0039	$1.55
MENISPERMACEAE	*Hyperbaena winzerlingii*	3	0.0025	68	0.0523	$20.90
MORACEAE	*Ficus cotinifolia*	52	44.0230	1,071	904.0155	$361,606.21
MORACEAE	*Ficus pertusa*	2	1.0178	44	20.9003	$8,360.13
MORACEAE	*Ficus yucatanensis*	4	3.0265	88	62.1502	$24,860.09

MYRSINACEAE	*Parathesis cubana*	13	0.0166	274	0.3416	$136.64
MYRTACEAE	*Eugenia mayana*	3	0.0471	68	0.9677	$387.08
MYRTACEAE	*Myrcianthes fragans*	33	7.9961	675	164.2013	$65,680.51
MYRTACEAE	*Myrciaria floribunda*	87	0.1560	1,780	3.2042	$1,281.68
PIPERACEAE	*Piper gaumeri*	7	0.0143	137	0.2929	$117.16
POLYGONACEAE	*Coccoloba diversifolia*	4	2.6086	88	53.5681	$21,427.26
POLYGONACEAE	*Coccoloba Itzeus*	4	6.9008	88	141.7086	$56,683.44
POLYGONACEAE	*Coccoloba spicata*	8	6.5264	161	134.0209	$53,608.38
POLYGONACEAE	*Gymnopodium flobundum*	25	20.6194	523	423.4211	$169,368.43
RHAMNACEAE	*Krugiodendron ferreum*	1	0.4666	15	9.5814	$3,832.56
RUBIACEAE	*Chiococca alba*	17	0.0316	342	0.6487	$259.47
RUBIACEAE	*Psychotria nervosa*	10	0.0586	205	1.2025	$481.01
RUBIACEAE	*Psychotria pubescens*	7	0.0114	137	0.2339	$93.54
RUBIACEAE	*Randia aculeata*	290	0.7836	5,955	16.0918	$6,436.72
RUTACEAE	*Casimiroa tetrameria*	3	2.4418	59	50.1435	$20,057.42
SAPINDACEAE	*Allophylus cominia*	10	0.0109	205	0.2239	$89.54
SAPINDACEAE	*Exothea diphylla*	4	4.9382	73	101.4063	$40,562.53
SAPINDACEAE	*Talisia olivaeformis*	1	0.2062	15	4.2337	$1,693.47

SAPINDACEAE	*Thouinia paucidenta*	3	2.2032	59	45.2429	$18,097.14
SAPOTACEAE	*Chrysophyllum cainito*	1	0.4608	15	9.4620	$3,784.79
SAPOTACEAE	*Manilkara achras*	133	215.9693	2,733	4,434.9479	$1,773,979.17
SAPOTACEAE	*Pouteria campechuianum*	14	11.6054	293	238.3174	$95,326.96
SAPOTACEAE	*Sideroxylon salicifolium*	16	17.6963	337	363.3946	$145,357.84
TEOPHRASTACEAE	*Jaquinia macrocarpa*	3	0.0014	68	0.0290	$11.61
VERBENACEAE	*Callicarpa acuminata*	13	0.0309	274	0.6351	$254.05
VERBENACEAE	*Vitex gaumeri*	29	32.9900	587	677.4528	$270,981.12
TOTALES		**2,251**	**1,022.0556**	**46,228**	**20,987.9936**	**$8,395,197.42**

El valor económico estimado para las materias primas forestales que pudieran tener un valor comercial (leñas) por el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales propuesto en 20.5351 ha asciende a $8'395,197.42 M.N.

II.2.6.2.2 Estimación del valor económico de los recursos no maderables

Para el caso de las plantas ornamentales y algunas reportadas con otros usos comerciales, se consideran los costos de extracción y acarreo a la entrada del predio más la habilitación de un vivero temporal para la venta de plantas en el sitio. Es importante recalcar que se observaron distintos usos en las plantas.

A continuación, se presenta el valor económico de los recursos no maderables presentes en el área propuesta para el proyecto (CUSTF).

Tabla 24. Listado de plantas con diversos usos no maderables

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	USOS	ABUN / HA	ABUN / 20.5351 HA	COSTO UNITARIO	TOTAL
FABACEAE	*Acacia cornigera*	Melífera, medicinal	10	205	$10.00	$2,054
POACEAE	*Andropogon bicornis*	S / uso	10	205	$0.00	$0
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea floribunda*	Ornamental, fibra, artesanías	30	616	$5.00	$3,080
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea patellifera*	S / uso	10	205	$0.00	$0
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea pubescens*	S / uso	40	821	$0.00	$0
BROMELIACEAE	*Bromelia pinguin*	Cerco vivo, alimenticia, forrajera	60	1,232	$20.00	$24,642
ARACEAE	*Caladium bicolor*	Ornamental, tóxica	70	1,437	$10.00	$14,375
APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	Medicinal	20	411	$5.00	$2,054
ARECACEAE	*Chamaedorea seifrizii*	Medicinal, ornamental	20	411	$30.00	$12,321
BIGNONIACEAE	*Cydista potosina*	Artesanías	10	205	$5.00	$1,027
POACEAE	*Digitaria bicornis*	Forrajera	10	205	$5.00	$1,027
DIOSCORECEAE	*Dioscorea convolvulacea*	Medicinal	10	205	$5.00	$1,027
EBENACEAE	*Diospyros albens*	puntal de obras	10	205	$70.00	$14,375
POACEAE	*Echinochloa colonum*	S / uso	20	411	$0.00	$0

ASTERACEAE	*Euphatorium odoratum*	Forrajera	20	411	$5.00	$2,054
FABACEAE	*Galactica striata*	Forrajera, medicinal	40	821	$5.00	$4,107
MALVACEAE	*Hampea trilobata*	Fibras	10	205	$5.00	$1,027
POACEAE	*Lasiacis divaricata*	Ornamental, artesanías	10	205	$5.00	$1,027
CUCURBITACEAE	*Momordica charantia*	Comestible, medicinal, melífero	10	205	$5.00	$1,027
RUBIACEAE	*Morinda yucatanensis*	S / uso	20	411	$0.00	$0
POACEAE	*Olyra glaberrima*	Forrajera	1,030	21,151	$5.00	$105,756
POACEAE	*Paspalum nutatum*	S / uso	20	411	$0.00	$0
SAPINDACEAE	*Paulinia cururu*	Melífera	80	1,643	$5.00	$8,214
POACEAE	*Phragmites australis*	Techar casas	10	205	$2.00	$411
FABACEAE	*Rhynchosia minima*	Forrajera	10	205	$5.00	$1,027
CYPERACEAE	*Scleria lithosperma*	S / uso	160	3,286	$0.00	$0
SAPINDACEAE	*Serjania adintoides*	Melífera, medicinal, artesanías	40	821	$20.00	$16,428
SMILACACEAE	*Smilax mollis*	Medicinal	10	205	$5.00	$1,027
ORCHIDACEAE	*Spiranthes torta*	potencial ornato	10	205	$50.00	$10,268

PASSIFLORACEAE	*Turnera diffusa*	Medicinal	10	205	$10.00	$2,054
TOTALES			**1,820**	**37,374**		**$230,404**

Los recursos forestales no maderables alcanzan un valor aproximado de $230,404.00.

II.2.6.2.3 Estimación del valor económico de los recursos faunísticos

En general, el desarrollo de la valoración económica supone un conjunto de pasos que responde a una lógica de relación fáctica entre el desarrollo de actividades humanas y los procesos en los ecosistemas, que permitan cuantificar cómo los cambios en las condiciones biofísicas de éstos se traducen en cambios al bienestar de las personas., Para el caso de la valoración económica de la fauna silvestre, también se utiliza el enfoque del Valor Económico Total (VET), que como ya se explicó integra los valores tangibles y fácilmente mesurables, con otros valores que son intangibles y difíciles de cuantificar (Vásquez et al., 2007).

Los vertebrados desempeñan un papel vital en los ecosistemas, ya que son fundamentales para mantener el equilibrio y la función de estos. Además, son proveedores de servicios ecosistémicos esenciales, como el control de plagas, la polinización de las plantas y la dispersión de semillas. El valor económico de especies que no tienen un uso directo es difícil y subjetivo sin embargo es útil en la toma de decisiones ambientales y en la planificación de políticas de conservación.

En la valoración económica de la fauna silvestre, la priorización de los servicios ecosistémicos también sería aplicable cuando la intervención para conservar o proteger determinada especie, o para controlar su población, esto asociado al aumento o pérdida de determinados servicios ecosistémicos, por ello Edwards y Abivardi (1998) señalan que la forma más práctica de abordar el ejercicio de valoración económica sea a través del valor de los ecosistemas.

En la revisión sobre el uso y valor económico asociado a los vertebrados silvestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) que realizaron Pérez-Gil Salcido R. et al., (1996), se señala que el 56% de las familias de vertebrados silvestres tienen algún uso reconocido, de los cuales las aves representan el 44.5% del total de las familias de vertebrados. el estudio propone la revisión de los usos de los vertebrados silvestres por su importancia económica. Estos usos quedan clasificados como de importancia cultural, cacería deportiva, aves canoras y de ornato, propagación y comercio internacional.

El instrumento de valoración económica presenta aún diversos problemas en su desarrollo conceptual y metodológico, por lo que algunos autores dudan de su efectividad y utilidad. A pesar de ello, estas técnicas están siendo objeto de cada vez mayor atención para propósitos de formulación de políticas, establecimiento de programas y evaluación de proyectos, tanto por instituciones nacionales como en el ámbito internacional, ya que para hacer una valoración económica por el aprovechamiento o deterioro de una población en una comunidad biótica dada, es necesario conocer de forma completa las relaciones que esta guarda en relación con las otras especies y estas otras la que guardan con el ser humano y las otras especies, de la comunidad, lo que hace que un análisis desde un punto de vista ecosistémico, se convierta en extremo complejo,

por ello el análisis se realiza desde el punto de vista humano, con las lagunas en el conocimiento en el funcionamiento de la comunidad en específico.

Lo anterior para el presente trabajo tiene sentido desde la función que realizan las especies de vertebrados encontrados en la caracterización realizada y como se relaciona con el uso de suelo destinado en el SAR, para ello es necesario considerar que el predio se encuentra inmerso en un SAR compuesto con diversidad y abundancia de fauna muy bajas, debido probablemente a la cercanía con el centro de Población de Puerto Morelos y a la fragmentación del ecosistema. En este contexto las especies registradas representan valores diferentes a los que se tendrían en un contexto dedicado a la conservación o en algún lugar en el cual se tuviese un uso tradicional o económico. Actualmente con el uso turístico- habitacional del Centro de Población de Puerto Morelos, la fauna se ha adaptado a los procesos humanos, encontrándose presente en su mayor parte aquellas especies que se han visto favorecidos con estas interacciones en el contexto Humano.

De acuerdo con lo encontrado en la caracterización de la fauna realizada para el DTU en el predio y en el SAR, se realiza su valoración económica con observaciones de su estatus en el sitio, dando valores a los elementos faunísticos encontrados de acuerdo con su abundancia y rol conocido en el área. Por ello se buscó en la bibliografía si existe algún valor de uso directo en alguna parte de la república (Herrera-Flores, Belén G. et. Al 2019; González-Herrera et al. 2018, Edmundo de Alba María Eugenia Reyes. El cual se aplicó en relación con este uso y como equivalente, por ejemplo, si se utiliza como alimento, se aplicó el valor que podría tener ese alimento en el sitio de estudio, dando un costo equivalente por el uso, en el entendido que ese valor es de opción independientemente si se ejerce o no en el sitio. Para el valor ecosistémico se asignó un valor nominal de 100 a todas las especies lo que equivale a su valor ecosistémico, al cual se le aplicó un factor multiplicativo, dependiendo de la función conocida de cada especie en el ecosistema o al carisma que puede presentar en las personas por su valor de existencia. De esta manera la valoración económica total, se calcula como el valor de uso directo reportado para otros sitios, que representa en este caso un valor de opción ya que no se ejerce, sumado al Valor de uso indirecto que incluye al ecosistémico, que consideramos que existe pero nos es desconocido y que esta expresado como un factor de 100 , el cual es multiplicado por la valoración humana de acuerdo con lo que se conoce de la situación de cada componente de la comunidad, todo multiplicado por la abundancia encontrada en el predio, tal como se expresa en la siguiente formula.

VET= VUDR + ((VE X VH) X AP) X FCM

En donde:

VE= Valor ecosistémico =100

VET= Valoración económica total

VUDR = El valor de uso directo.

VUI= Valor de uso indirecto= VE X VH

VH= Valoración Humana (que puede ser positiva o negativa)

AP= Abundancia en el predio.

FCM= El factor que de acuerdo con la zona es aplicable para convertir el valor de uso indirecto en valor monetario.

De acuerdo con los razonamientos y formula presentados y utilizando la caracterización de fauna de, así como la caracterización de esta, se realizó la valoración económica, la cual se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 25. Desglose de la valoración económica de la fauna del predio

NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA	VALOR USO DIRECTO	VALOR USO INDIRECTO (%)	VALOR USO INDIRECTO ($)	VE	VH	VET	OBSERVACIONES
AVES								
Ardea alba	1		*100*	*200*	*100*	*1*	*200*	Esta es un ave característica de Humedales, es evidente que se encontraba únicamente de paso, su valor se considera de observación.
Patagioenas flavirostris	1		*100*	*300*	*100*	*1*	*300*	De paso por el predio, su valor se considera de observación.
Cyanocorax yucatanicus	2		*100*	*300*	*100*	*1*	*300*	Ave residente de valor por observadores de aves no especializados. Es comercializada en Mérida.
Ortalis vetula	1	90	*100*	*300*	*100*	*1*	*390*	Es comercializada en Mérida y Es utilizada como alimento, en

NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA	VALOR USO DIRECTO	VALOR USO INDIRECTO (%)	VALOR USO INDIRECTO ($)	VE	VH	VET	OBSERVACIONES
								otros sitios, pero no en la zona del predio.
Icterus gularis	1	200	*150*	*450*	*100*	*1.5*	*650*	Mismo género, diferente especie son comercializados en Mérida
Amblycercus holosericeus	1		*100*	*300*	*100*	*1*	*300*	Sin valor humano agregado
Icterus cucullatus	1	200	*150*	*450*	*100*	*1.5*	*650*	Es una especie carismatica por sus colores
Quiscalus mexicanus	2		*-50*	*-150*	*100*	*-0.5*	*-150*	Se considera especie plaga, por lo cual se considera que su valor es negativo, ya que hay un costo por control.
Mimus gilvus	2		*120*	*360*	*100*	*1.2*	*360*	Es una especie con cierto carisma
Setophaga petechia	2		*100*	*300*	*100*	*1*	*300*	Sin valor humano agregado
Melanerpes pygmaeus	1		*180*	*540*	*100*	*1.8*	*540*	Es una especie carismática endémica de la

NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA	VALOR USO DIRECTO	VALOR USO INDIRECTO (%)	VALOR USO INDIRECTO ($)	VE	VH	VET	OBSERVACIONES
								península de Yucatán
Amazilia yucatanensis	1		*150*	*450*	*100*	*1.5*	*450*	Es una especie carismática
SUBTOTAL AVES				***3800***			***4290***	
MAMIFEROS								
Nasua narica COATI	1	700	*110*	*330*	*100*	*1.1*	*1030*	se utiliza en Yucatán para aliviar asma, bronquitis o tosferina, en Puerto Morelos es una especie oportunista que se ha tornado problemática.
Sciurus yucatanensis ARDILLA	1	-100	*100*	*300*	*100*	*1*	*200*	En Yucatán se reportan como causantes de daños a cultivos, en puerto Morelos son carismáticos a la vista de visitantes
SUBTOTAL MAMIFEROS		***600***		***630***			***1230***	
REPTILES								
Anolis sagrei	1		*-20*	*-60*	*100*	-0.2	*-60*	exótica

NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA	VALOR USO DIRECTO	VALOR USO INDIRECTO (%)	VALOR USO INDIRECTO ($)	VE	VH	VET	OBSERVACIONES
Ctenosaura similis	3	450	*250*	*750*	*100*	2.5	*2100*	Se come para combatir la pelagra, especie protegida con categoría de Amenazada, y carismatica para los visitantes
Phrynonax poecilonotus	1		*100*	*300*	*100*	1	*300*	Sin valor humano agregado
SUBTOTAL REPTILES		**450**		**990**			**2340**	
TOTAL VERTEBRADOS EN EL PREDIO							**7860**	

Derivado de lo anterior se considera que el valor de la fauna silvestre asciende a $ 7,860.00 lo que da un promedio de $341.7 pesos en promedio por individuo registrado en el predio.

II.2.6.2.4 Estimación del valor económico de los servicios ambientales

En principio debe reconocerse que los recursos biológicos existen y que tienen una función dentro del ecosistema que se afecta y si tuvieran que eliminarse, deberán hacerse las siguientes consideraciones:

- La estimación del valor económico de los recursos biológicos por especie, sean estos maderables o no maderables, independientemente si los productos resultantes sean o no comercializables.
- Analizar los beneficios que se están obteniendo por mantener una cubierta forestal que no permite la erosión del suelo y contribuye a la infiltración del agua al subsuelo y que además es zona de forrajeo, de protección, anidación, etc. de especies silvestres asociadas.

En función de lo cual es posible obtener un costo si el cambio de uso del suelo tuviera que revertirse.

De esta manera, también resulta que el ecosistema bosque ofrece recursos y servicios ambientales a la sociedad. De acuerdo con Perringset al. (1995), estos recursos y servicios se clasifican en:

- Regulatorios (por ejemplo, control de la erosión)
- De producción (madera) - De medio (autoconservación)

- De información (investigación científica).

Son los servicios regulatorios los que generan valores de uso indirecto para el ser humano, en apoyo y protección de diversas actividades económicas que se desarrollan dentro o fuera del ecosistema, pero dependientes del funcionamiento de este (como es la regeneración de suelos). En ese sentido es fundamental preservar las funciones ecológicas del bosque para conservar su integridad como ecosistema, sin que ello impida que pueda lograrse una relación deseable entre la preservación y el uso directo sostenible de sus recursos.

Por ejemplo, el bosque templado mexicano cuenta con al menos 613 especies de plantas utilizables, que con el conocimiento y la tecnología actual podrían generar 1.17 millones de toneladas de biomasa con un valor en el mercado de 528 millones de dólares.

Asimismo, el bosque tropical, con al menos 574 especies de plantas, podría generar 1.6 millones de toneladas de materia vegetal con un valor en el mercado de 729 millones de dólares (Gobierno de México, 1996). Adicionalmente, se estima que los ingresos anuales obtenidos por ecoturismo en los bosques de México podrían alcanzar entre 30 y 34 millones de dólares, de acuerdo con diferentes estimaciones realizadas sobre el valor que la población le otorga a la biodiversidad (CSERGE, 1993).

Por otro lado, reconocimiento de los diferentes valores de uso indirecto, de opción y de valor de no uso de los bosques, y su utilización para la toma de decisiones, se enfrenta a varias limitantes:

- Dificultades de lograr un consenso y la aceptación de las diferentes propuestas de estimación de estos valores,
- Comunicar con claridad los resultados obtenidos
- Falta de claridad en cuanto a la importancia de las funciones ecológicas para el bienestar humano.

Las estimaciones del almacenamiento y de la liberación de carbono dependen principalmente del tipo de bosque, del cambio en el uso del suelo, de la edad del bosque y del tipo de ecosistema (cerrado o abierto). El carbono captado y almacenado por el bosque tiene un valor ambiental positivo, mientras que su liberación a la atmósfera por el cambio de uso de suelo acarrea daños ambientales al propiciar el calentamiento atmosférico global. Los depósitos de carbono en México tienen un alto valor ambiental. De acuerdo con estimaciones realizadas por Muñoz Piña, C. (1994), se obtienen los valores de la siguiente tabla.

Tabla 26. Pérdidas por cambio de uso de suelo por hectárea (CSERGE, 1993).

TIPO DE BOSQUE	CAMBIO DE USO DE SUELO ($USDLLS)	
	Pastura permanente	Agricultura
Templado caducifolio	693	643
Tropical caducifolio	1,887.00	1,863.00

Templado conífero	3,436.00	3,410.00
Tropical siempre verde	3,633.00	3,337.00

En este sentido, el costo de la liberación de carbono a la atmósfera por medio de la conversión de los bosques puede llegar a ser considerable. Por ejemplo, el costo medido en carbono liberado por la transformación de un bosque en pastizal podría ser de 3,000 dólares por hectárea en los bosques templados de coníferas, mientras que para los bosques templados caducifolios sería de 600 dólares por hectárea. En el caso de las tierras tropicales, los costos de conversión ascienden a 3,600 dólares por hectárea en los bosques tropicales siempreverdes y de $ 1,800 por unidad de superficie en los bosques tropicales caducifolios.

Tabla 27. Valor del depósito de carbono por hectárea. (USD) (MUÑOZ, 1994).

TIPO DE BOSQUE	VALOR DE DEPÓSITO DE CARBONO ($UDDLLS/HA)
Templado caducifolio	$600.00
Tropical caducifolio	$1,800.00
Templado conífero	$3,000.00
Tropical siempreverde	$3,600.00

La estimación de los costos se obtiene a partir de los parámetros de almacenamiento de carbono, calculados por modelos experimentales y mediante la estimación de la liberación del carbono en el cambio de uso del suelo, medidos en toneladas de carbono por hectárea (t C/ha). En el estudio arriba referido se calcula un intervalo de liberación de carbono de 30 a 170 t C/ ha por cambio en el uso del suelo. A partir de estos parámetros, se asocian los cambios de temperatura que produce la liberación, los impactos físicos que provoca y a éstos se les asignan valores económicos. Por ejemplo, la deforestación de bosques y selvas trae consigo efectos negativos para las cuencas hidrológicas, provocando aumentos en la erosión, cambios en los flujos hidrológicos y reducción en la recarga de acuíferos.

Los costos de prevención o reparación de los daños causados por su pérdida o alteración nos ofrecen una aproximación del valor de las funciones ecológicas que los bosques y selvas proporcionan. El costo por el tratamiento de agua sería de 160 dólares por hectárea, y el costo para evitar la salinización generada por la deforestación se encontraría alrededor de los 50 dólares por hectárea (cit. en UAES, 1997).

Para la estimación el valor de los bosques para fines farmacéuticos (drogas), se considera la posibilidad de un futuro descubrimiento que haga útiles a especies que no lo son actualmente (el valor de la cuasi-opción). En un estudio forestal (Gobierno de México y Banco Mundial, 1995) se estima, a partir de un modelo probabilístico, que se podrían generar ingresos que van desde 26 millones hasta 4,600 millones de dólares anuales. Los valores por hectárea, así como los valores totales para el bosque húmedo tropical y para todos los bosques se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 28. Valores farmacéuticos de cuasi-opción de los bosques mexicanos (CSERGE, 1993).

GRADO DE BIODIVERSIDAD	VALOR PARA BOSQUE HÚMEDO TROPICAL		VALOR PARA TODOS LOS BOSQUES
	(DLLS/HA/AÑO	MILLONES DLLS/AÑO	MILLONES DLLS/AÑO
Bajo	$1.00	$5.00	$26.00
Medio	$6.00	$66.00	$332.00
Alto	$90.00	$875.00	$4,646.00

Supuestos:

- 5 mil es el menor número estimado de especies en los bosques húmedos tropicales de México y dicho valor se asignó a todos los tipos de bosques.
- Área forestal: 9.7 millones ha para los bosques húmedos tropicales: 51.5 millones ha para todos los bosques.
- La probabilidad de identificar una especie de valor es de 0.0005, tasa de regalía 0.05.
- Límite inferior: tasa de apropiación = 0.1. Valor de la droga = 0.39000 millones/año.
- Límite medio: tasa de apropiación = 0.5. Valor de la droga = 1,000 millones/año.
- Límite superior: tasa de apropiación = 1. Valor de la droga = 7,000 millones/año.

Estos valores están calculados a partir de una función que depende del número de especies en los bosques, la superficie de los bosques, la probabilidad de identificar una especie de valor, la tasa de regalía, la tasa de apropiación y el valor promedio del desarrollo del fármaco o droga.

En México se calcula que en los bosques tropicales húmedos existen alrededor de 5 mil especies de plantas. La probabilidad de identificar una especie de valor (derivada de estimaciones existentes y aportaciones de expertos de compañías farmacéuticas), se encuentra en un intervalo entre 1 a 10 mil y de 1 a mil. El estudio tomó un punto medio de 5 en 10 mil. Las tasas de regalías, dadas las características de la protección de patentes en México, se consideraron en 5%.

La tasa de apropiación se refiere a la capacidad institucional de desarrollar la droga. Se estima el valor promedio de fármacos basados en plantas en un intervalo de 390 a 7 mil millones por año, se supone que la demanda de drogas tiende a ser inelástica en precio, y que el precio excede fuertemente al valor de la planta.

Por otro lado, existen estimaciones que consideran que las personas estarían dispuestas a pagar 10 dólares por hectárea para dejar como legado a futuras generaciones la supervivencia de los bosques nacionales, lo cual podría generar un total de 112 millones por los 11.2 millones de hectáreas protegidas hasta el momento. Este valor conocido como valor de existencia, se muestra en la siguiente tabla para distintos lugares a través de donaciones y compras de deuda.

Tabla 29. Evidencia de valores de existencia en México (CSERGE,1993)

ÁREA	SUPERFICIE (HA)	VALOR OBTENIDO (USD)
Selva Lacandona, Montes Azules en Chiapas (canje de deuda por naturaleza)	385,000.00	$4,000,000.00
Reserva de la biósfera Sian Ka´an en Quintana Roo (donaciones de organizaciones)	528,147.00	$34,000.00
Sitios varios (donaciones de organizaciones)	No disponible	$809,622.00
Barranca del Cobre en Chihuahua (encuestas a visitantes)	450,000.00	$100,000.00
Varias áreas (contribuciones provenientes de EUA)	190,869.00	$5,528,809.00

La utilización de los VESA (valor de los servicios ambientales en los ecosistemas) obtenidos en la Tabla siguiente nos muestra como la cubierta vegetal que más se asemeja a la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, son las "Bosques templados", cuya valoración de los servicios ambientales es de $3,788 USD/ha/año y brindan 11 diferentes servicios (Regulación Gases/clima, Aprovisionamiento de Aguas, Control de Erosión, Formación de Suelo, Reciclado de Desechos, Polinización, Control Biológico, Hábitat y Refugio, Recursos Genéticos, Estética y Recreo, Espiritualidad y Cultura).

Tabla 30.Valoración de los servicios ambientales de los ecosistemas para las diferentes cubiertas marinas y terrestres (en us dlls de 2004 por hectárea y por año, adaptado de Brenner et. al.)

A.- Plataforma continental			B.- Praderas de fanerógamas marinas						C.- Playas y/o dunas				
D.- Zonas húmedas costeras			E.- Bosques templados						F.- Praderas				
G.- Cultivos			H.- Zonas húmedas dulciacuícolas						I.- Zonas de aguas dulces				
J.- Zonas de ribera			K.- Zonas verdes urbanas						L.- Zonas urbanas o muy alteradas				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	TOTAL
Regulación Gas/clima					133	7		331			830		**1,301**
Regulación perturbaciones			67,400	766				9,037		217			**77,420**
Regulación aguas						5		7,378			15		**7,398**
Aprovisiona-miento de aguas	1,287				403			3,815	1,011	4,747			**11,263**
Control de erosión					122	37							**159**
Formación de suelo					12	7							**19**
Ciclo de nutrientes	1,787	24,228											**26,015**
Reciclado de desechos				13,376	109	109		2,071					**15,665**
Polinización					400	32	20						**452**
Control biol{ogico	49				5	30	30						**114**
Hábitat y refugio				497	2,281		2,053	279					**5,110**
Recursos genéticos					20								**20**
Estética y recreo			36,687	64	301	2	37	3,474	880	3,385	5,266		**50,096**
Espiritualidad y Cultura	86		59	445	2			2,199		10			**2,801**
TOTAL ESV (US/HA/AÑO)	**3,209**	**24,228**	**104,146**	**15,148**	**3,788**	**229**	**2,140**	**28,584**	**1,891**	**8,359**	**6,111**	**0**	**197,833**

Por lo tanto, el valor económico de los servicios ambientales de 20.5351 ha cubiertas con vegetación secundaria arbórea de selva mediana subpernnifolia, que eventualmente estarían sujetas al Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales, es de $ 77,786.96 USD, **que equivalen a un total de $1´361,271.78 pesos** considerando un tipo de cambio de $ 17.50 pesos por USD.

Finalmente, tenemos que la estimación económica del valor total de los recursos biológicos forestales en el área propuesta para el Cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales alcanzaría la suma de $ 8´625,601.03 aproximadamente.

Tabla 31. Valor total de los recursos biológicos forestales en el área propuesta para el proyecto.

Recurso forestal	Valor total en pesos ($)
Plantas leñosas	$8,395,197.42
Plantas no leñosas	$230,403.61
Fauna silvestre	$7,860.00
Subtotal	**$8,633,461.03**

II.2.7 Etapa de operación

Una vez obtenido la fractura del manto rocoso, se utilizará una draga de arrastre "Eric bucyrus" modelo 8813, con motor diésel CAT 3406B y una potencia de 306 KW y 1800 RPM, sistema eléctrico con batería de 24 V. de 5 yardas cúbicas, conformada por excavadora, aditamento de draga que extrae el material depositándolo en los costados para que los materiales recién extraídos y húmedos pierdan el exceso de humedad de alrededor del 70%. Una vez que el exceso de agua haya escurrido, los materiales serán confinados y trasladados a un área de trituración.
La draga de arrastre de 4 metros cúbicos de bote a más de 15 metros de profundidad, se arrastra el material para ser transportado por un cargado frontal. Soportes para el Alimentador vibratorio Grizzly, quebradora de impacto primaria, y tolva de alimentación; y estructuras anexas

El material pétreo es un recurso con una gran demanda en el mercado local, toda vez que es el principal insumo para los agregados pétreos (polvo, grava, granzón, cementante, etc.), sascab y piedra hilada para rellenos, cimentación y construcción de viviendas. La carga de los materiales se realizará con el apoyo de un tractor montacarga Case o Jhon Deere, los cuales cargaran y depositaran los materiales pétreos en los cajones de carga de 14 m^3 o en góndolas de 30 m^3. Cuando los volquetes de carga estén llenos de material, se les colocara una lona sobre la caja de carga para atenuar la dispersión de polvos, además saldrán del banco a una velocidad reducida y se dirigirán al área de triturados.

II.2.8 Seguimiento ambiental

Tomando en cuenta que la región se caracteriza por la formación de cenotes, dolinas y corrientes subterráneas y que el propósito de este proyecto es extraer materiales que se encuentra por debajo del nivel freático, el análisis de la afectación se orienta a identificar el probable desequilibrio de las características (físicas, químicas o bilógicas) del agua del subsuelo. Así como la alteración que resultará de exponer el nivel freático al nivel de superficie y de la atmósfera, una vez que se haya extraído el material rocoso que se encuentra por arriba y debajo del mismo. Para ello, el proyecto contempla la implementación de un Plan de Manejo para el monitoreo y seguimiento con el fin de identificar dentro del proceso de extracción y aprovechamiento se realicen conforme a las políticas ambientales que la autoridad determine en su momento.

El monitoreo ambiental, se llevará a cabo semestralmente de las características fisicoquímicas del agua para realizar una detección oportuna de la presencia de contaminantes químicos y biológicos. Así mismo, se realizará una evaluación ambiental del cuerpo de agua alumbrado para dar seguimiento al proceso de colonización biótica que se presente. Los análisis de calidad de agua deberán ser elaborados por un laboratorio acreditado. Los reportes correspondientes se presentarán a la autoridad federal competente y la SEDUMA.

Los sectores que tendrán mayor énfasis en protegerse son los siguientes:

- Evitar que el acuífero aflorado por el proceso extractivo se contamine de materia orgánica, químicos, etc.

- Que la maquinaria pesada utilizada cuente con todos los aditamentos y utensilios básicos para que, en un momento de derrame accidental, el operador pueda actuar en el momento mientras se da viso a las especialistas ambientales
- Que todos los restos de los explosivos se recojan adecuadamente en presencia del personal de la SEDENA

A manera de resumen, los impactos adversos que serán inevitables se citan a continuación,

Impactos ambientales directos y que producen daños irreversibles al medio terrestre en cantera;

- Cambios en las condiciones geomorfológicas de la cantera por la extracción del material del banco
- Desaparición del suelo dentro de la cantera, debido a la extracción constante provocando cambios fisicoquímicos en él.
- Las características escénicas, paisajísticas y estéticas de la zona serán alteradas por la pérdida del entorno natural ene l cual se encuentra actualmente la cantera.
- A pesar de que en los procesos de extracción de piedra no existen altas emisiones de contaminantes, se generan emisiones de polvos en especial en épocas de vientos fuertes, que contribuyen al deterioro general de la calidad atmosférica. Sin embargo, por la ubicación del proyecto, y que permanencia de la vegetación circundante, hace que sea prácticamente imposible que los polvos lleguen a sitios con asentamientos urbanos importantes, ya que los taludes de cantera evitaran a que dichos polvos salgan del banco de préstamo.

II.2.9 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones

El proyecto no contempla la fase de abandono después de su vida útil, en virtud de que se contempla formular un proyecto alternativo del uso del acuífero aflorado (laguna artificial). En su momento se determinará el uso que se le dará a la laguna artificial, el cual será sometido nuevamente a evaluación de impacto ambiental.

II.2.10 Utilización de explosivos

Se utilizarán para las cargas dinamita 20% y Agente explosivo 80%, cordón detonante y estopín de acuerdo al diseño previo de la voladura. La voladura se realizará cada tres días y se detonarán 132 barrenos, en una superficie de 1,500 m^2; se usarán 471 kg de dinamita, 1887 kg de agente explosivo, 1,350 m de cordón detonante y 117 detonantes (estopin) todo ello bajo la supervisión estricta del personal de la Secretaría de la Defensa Nacional en cumplimiento a la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos y en su Reglamento. Se tramitarán los permisos y autorizaciones necesarias.

Vibraciones Sísmicas: El inconveniente principal para la extracción de estos materiales está dado en daños que puedan ocasionar las voladuras efectuadas para su extracción, al medio ambiente, geológico y circundante, ya que de ellas se desprenden movimientos que pueden resultar significativos en la zona. Sin embargo, toda vez que la Región de la Península de Yucatán y por ende Quintana Roo se encuentra fuera de los cinturones de riesgo sísmico, la utilización de los explosivos no generara vibraciones sísmicas.

Se tomaron de referencia un estudio realizado en julio de 1985 por la empresa CALICA sobre las posibles repercusiones por vibraciones producidas sobre construcciones naturales, cuyos resultados indican una definición de distancias criticas para colocar explosivos y el peso de la masa explosiva sin que afecten a las formaciones naturales Prince et al. (1986).

Se contratará los servicios de una empresa autorizada por la SEDENA con el fin de que se utilicen las cantidades de explosivos adecuadas con el fin de prevenir derrumbes o vibraciones.

II.2.11 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera

Para la ejecución de un proyecto de estas dimensiones es necesaria la utilización de maquinaria pesada, vehículos pesados para el transporte de materiales y equipo. Estos equipos funcionan con diésel y su capacidad para el almacenamiento de este combustible varía entre los 80 litros (para el caso de los cargadores pequeños tipo Caseo Bob Cat), hasta los de 120 litros o más (retroexcavadoras y tractores). Esta maquinaria en promedio consume ¾ partes de su combustible durante una jornada de trabajo normal de 8 horas, lo anterior implica además del ruido la emisión de humos y el posible derrame de combustible, sin embargo la utilización de maquinaria nueva y en excelentes condiciones mecánicas no sólo representa un beneficio ecológico, sino también económico para la empresa debido a que los costos por mantenimiento se minimizan y las maquinas responden más adecuadamente a las necesidades del trabajo, asimismo se evitan las pérdidas por descompostura y avería o el posible riesgo de accidente durante la operación de las mismas. Por tanto, a continuación, se establecen las estrategias que deberán aplicarse durante cada una de las etapas del proyecto para tal efecto.

Objetivo

Instrumentar medidas preventivas sobre el manejo, mantenimiento y operación de la maquinaria durante la preparación, y operación del proyecto.

Estrategias

- Mantener en óptimas condiciones mecánicas la maquinaria pesada y equipo durante todas las etapas del proyecto.
- Promover entre los trabajadores y empleados de la obra una actitud más responsable sobre la operación de la maquinaria, en particular en lo que se refiere a las maniobras de carga y descarga de beneficios.
- Reducir y eliminar la incidencia de derrames de combustibles, ya sean por negligencia o por accidente, mediante un adecuado programa de revisión mecánica de las unidades y realizando las maniobras de abastecimiento en una zona específica y hermética para evitar la contaminación al suelo y/o manto freático.
- Evitar al máximo la utilización de maquinaria pesada en acciones que pueden realizar manualmente los obreros.
- Evitar el uso en la medida de lo posible la operación de maquinaria fuera de las horas estipuladas para evitar la contaminación por ruido y humos provenientes de las maquinas,

y así abatir el riesgo de accidentes por fallas en operación.

- Llevar un registro en bitácora de las composturas, costos y reparaciones hechas a la maquinaria y equipos de construcción

Residuos sólidos

Se considera que por cada jornal que se requerirá para el aprovechamiento y trituración de materiales pétreos, se generaran 0.8 kg/hab/día de residuos sólidos con una composición de 48 % de residuos orgánicos y 52 % de inorgánicos, lo anterior se fundamenta en que este tipo de trabajadores por la forma propia del trabajo consume muchos productos envasados que incrementan el volumen de residuos inorgánicos. Considerando una plantilla promedio de 40 trabajadores más 20 personas adicionales, entre

Se generan por el mantenimiento de la maquinaria y equipo para la instalación de la planta residuos consistentes en filtros usados, baterías, llantas, envases de substancias tóxicas, estopas impregnadas con aceites, piezas metálicas, cajas de cartón, flejes, etc. La cantidad de estos está directamente relacionada con el equipo utilizado en todas las actividades del proyecto (aprovechamiento del banco) y las horas de trabajo, estableciéndose un factor de 0.1 Kg. Por hora efectiva para mantenimiento y reparaciones menores y se clasifican en peligrosos y no peligrosos.

El análisis nos indica que se generaran un total de 2,200 kg de residuos sólidos industriales, de los cuales 330 kg (15%) son residuos peligrosos y 1,870 kg (85%) son residuos no peligrosos, los peligrosos se entregaran a una empresa que este autorizada para el manejo de residuos peligrosos y los no peligrosos se podrán reciclar o utilizarse en la obra y los no utilizables se enviaran al basurero municipal.

Residuos líquidos

Se generarán principalmente por la extracción de materiales pétreos y la limpieza de las instalaciones en general. Para este concepto se considera que se requiere una dotación por día de 40 litros de agua por trabajador y de esta 10% se convierte en agua residual, en parte, debido a que se utilizara un sistema de baños portátiles los cuales serán mantenidos por la empresa contratada a razón de 1 por cada 15 trabajadores.

Residuos líquidos peligrosos

Corresponden principalmente a los aceites de motor e hidráulicos usados que se generan por el mantenimiento de la maquinaria y equipo de operación y que se estima un factor de 0.153 en promedio de aceite por cambio a cada 100 horas de operación.

Tabla 32. Cálculo de residuos liquidos peligrosos.

Tabla de residuos líquidos peligrosos				
Etapa	Hrs	Consumo / Hr.	Cantidad en Lt.	Disposición
Extracción	22,000	0.153	3,366	Empresa autorizada

De acuerdo al análisis realizado, en la etapa de extracción de materiales pétreos la generación de aceites usados será de 3,366 litros, lo que implica la necesidad de tener contenedores suficientes y

un lugar adecuado para su almacenamiento temporal hasta su entrega a la empresa autorizada que se responsabilizará de su disposición final o reciclaje.

Residuos gaseosos

Las Emisiones a la atmósfera por la operación de los motores de combustión interna de la maquinaria pesada, utilizada para la extracción de material con explosivos y del equipo utilizado en el aprovechamiento, se estima que no rebasaran los niveles establecidos, pero además con el programa de mantenimiento aplicado al equipo, las emisiones generadas tendrán concentraciones dentro de lo establecido por la norma y por las condiciones de los vientos se tendrá una eficiente dispersión y no se causara ninguna afectación a la población

Ruido

Dado que en la ejecución del proyecto se utilizará maquinaria pesada se generarán emisiones de ruido por encima de lo establecido por la norma que producirán molestias a la fauna silvestre que habita en el área cercana al banco de material. Para reducir los efectos de las emisiones de ruido se procurará que los tubos de escape de los motores de la maquinaria cuenten con silenciadores de máxima eficiencia y que las actividades más ruidosas se realicen en un horario diurno para que cause el mínimo de molestias al personal que labore en la empresa.

Estrategias de manejo

Se establecerán estrategias de manejo preventivo

Se respetarán y señalarán los linderos del terreno, así como las zonas de afectación, con balizas para que no haya afectaciones a zona que no estén dentro del proyecto.

Se procurará que los equipos, maquinarias y camiones en los que se trasladarán los materiales de construcción, estén en las mejores condiciones mecánicas y de afinación, con la finalidad de que las emisiones de humo, polvo y partículas suspendidas sea mínima.

Se observará que las unidades de transporte de materiales se cubran con lonas para evitar la dispersión de polvo.

CAPÍTULO III:

VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLE

ÍNDICE DE CONTENIDO

III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES 4
III.1 Ordenamientos jurídicos aplicables 4
III.1.1 Constitución política de los estados unidos mexicanos 4
III.1.2 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 4
III.1.3 Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico en Materia de Impacto Ambiental 7
III.1.4 Ley General de Vida Silvestre 13
III.1.5 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 14
III.1.6 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable 15
III.2 Programas de ordenamiento ecológico 16
III.2.1 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe 16
III.2.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL) del municipio Benito Juárez 19
III.4 Áreas Naturales Protegidas 51
III.5 Normas Oficiales 51
III.6 Regiones Prioritarias CONABIO 53
III.6.1 Región Marina Prioritaria 63 53
III.6.2 Región hidrológica prioritaria 105 54

ÍNDICE DE FIGUAS

Figura 1. Unidad de gestión ambiental número 138 BENITO JUÁREZ. 17
Figura 2. Características generales de la UGA 11. 19
Figura 3. Características de la UGA 11. 20

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Unidades de gestión ambiental que le corresponden al proyecto según su ubicación 17

Tabla 2. Criterios ecológicos generales. 21

Tabla 3. Criterios ecológicos específicos. 31

Tabla 4. Vinculación con las principales normas aplicables. 51

III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES

III.1 Ordenamientos jurídicos aplicables

III.1.1 Constitución política de los estados unidos mexicanos

La constitución política de los Estados Unidos Mexicanos en su Artículo 4, párrafo 5 manifiesta:

"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."

Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines. …

ANÁLISIS:

En el texto anterior se puede identificar que su aplicación y cumplimiento involucra tanto al Estado como a la sociedad. Por un lado, el Estado tendrá la obligación de garantizar el derecho a un ambiente sano, así como acceso y uso de los recursos hídricos. Pero, por otro lado, se involucra a la sociedad, primero indicando la responsabilidad a la que se hace acreedor a quien provoque afectaciones al medio ambiente y, en segundo lugar, indicando el derecho que tiene toda persona de tener el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos. Es así como en el presente documento se identifican los impactos ambientales potenciales a generarse por el desarrollo del proyecto; "APROVECHAMIENTO DE ROCA CALIZA POR DEBAJO DEL MANTO FREÁTICO EN LA PARCELA 1181-Z2-P1" y se proponen a la autoridad las medidas ambientales tendientes a prevenir y mitigar su efecto negativo en el medio ambiente. Lo anterior tiene la finalidad de brindar los elementos suficientes a la autoridad para que evalué los posibles efectos de la ejecución de las obras y actividades sobre el ecosistema y dictamine de manera fundada y motivada la procedencia de su ejecución bajo alguno de los términos establecidos en la LGEEPA.

III.1.2 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:

I. Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar.
II. Definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación.
III. La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente.

IV. La preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas.

V. El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, agua y los demás recursos naturales, de manera que sea compatible la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad como la preservación de los ecosistemas.

VI. La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo.

VII. Garantizar la participación corresponsable de las personas, en forma individual o colectiva, en la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

VIII. El ejercicio de las atribuciones que en materia ambiental corresponde a la Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73 fracción XXIX-G de la constitución.

IX. El establecimiento de los mecanismos de coordinación, inducción y concertación entre autoridades, entre estás y los sectores social y privado, así como con personas y grupos sociales, en materia ambiental.

X. El establecimiento de medidas de control y de seguridad para garantizar el cumplimiento y la aplicación de esta Ley y de las disposiciones que de ella se deriven, así como para la imposición de las sanciones administrativas y penales que correspondan.

A continuación, se analizan los artículos de la LGEEPA aplicables al proyecto:

"ARTÍCULO 28. *La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que pueden causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites o 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 secretaria.*

III.- *Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear;*

VII. *Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas;*

ANÁLISIS:

Con la finalidad de dar cumplimiento a lo establecido en las fracciones aquí indicadas del artículo 28 de la LGEEPA, es que previo al inicio del desarrollo del proyecto se somete al procedimiento de evaluación de impacto ambiental por medio de un DTU-BR, incluyendo la información técnica indicada en la guía correspondiente. Ello, con la finalidad de proporcionarle a la autoridad ambiental los elementos suficientes para que pueda llevar a cabo la evaluación y dictaminación

en materia ambiental para el desarrollo del proyecto en cuestión. Lo anterior tomando en cuenta que el proyecto implica el llevar a cabo la construcción y desarrollo de un aprovechamiento de roca caliza por debajo del manto freático en la parcela 1181-Z2-P1.

La parcela de interés para explotación se encuentra cubierta por vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, por lo que se considera someterlo a evaluación tomando en cuenta la **fracción VII** "*Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas*" de la LGEEPA.

Conforme a lo estipulado en el artículo 28° de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente la naturaleza del proyecto corresponde al rubro de minería, el cual incluye:

III.- *Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear…*

En términos generales el proyecto consiste en la extracción y aprovechamiento de roca caliza por debajo del manto freático y a cielo abierto de una superficie de 20.535 hectáreas, a un corte promedio de 7 metros. Con esto se obtendría aproximadamente 1.44 millones de metros cúbicos de piedra caliza en un periodo de 5 años de trabajos continuos y su transformación en agregados pétreos que finalmente estarán destinados a la industria de la construcción y cubrir las necesidades de equipamiento e infraestructura del área local, principalmente de municipio de Puerto Morelos en el estado de Quintana Roo. Dentro de la planificación por el aprovechamiento de la roca caliza, el sector ambiental resulta de vital importancia en la identificación y evaluación de los posibles daños que pudiera provocar la actividad sobre los recursos no renovables, y en respuesta la promovente propondrá y operará las mejores prácticas para prevenir, controlara y mitigar los impactos generados. El ámbito sobre el cual se sustentará el presente proyecto será:

- Reducir al mínimo los desechos y los daños ambientales en toda la cadena de abastecimiento
- Fomentar una administración responsable de los recursos naturales y el medio ambiente.
- Actual con prudencia cuando lo impactos sean desconocidos o inciertos
- Operar dentro de los lineamientos ecológicos y proteger el capital natural conforme a la normatividad ambiental aplicable.
- Evitar consecuencias ambientales a largo plazo, que pudieran dañar a las generaciones futuras.

ARTÍCULO 30. Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que

conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

Cuando se trate de actividades consideradas altamente riesgosas en los términos de la presente Ley, la manifestación deberá incluir el estudio de riesgo correspondiente. Si después de la presentación de una manifestación de impacto ambiental se realizan modificaciones al proyecto de la obra o actividad respectiva, los interesados deberán hacerlas de conocimiento de la Secretaría, a fin de que está, en un plazo no mayor a 10 días les notifique si es necesaria la presentación de información adicional para evaluar los efectos al ambiente, que pudiesen ocasionar tales modificaciones, en términos de lo dispuesto en esta Ley."

ANÁLISIS:

El presente DTU- B incluye en sus capítulos IV, V, VI y VII una descripción del ecosistema en el que se desarrollará el proyecto, la identificación de los posibles impactos, así como las medidas de mitigación y compensación que minimizarán los efectos generados por la construcción y operación del proyecto. Así mismo se manifiesta que en caso de realizar alguna modificación al proyecto, esta se ingresará en tiempo y forma tal y como se expresa en el presente artículo.

ARTÍCULO 35 BIS-1. Las personas que presenten servicios de impacto ambiental serán responsables ante la Secretaría de los informes preventivos, manifestaciones de impacto ambiental y estudios de riesgo que elaboren, quienes declaran bajo protesta de decir verdad que en ellos se incorporan las mejores técnicas y metodologías existentes, así como la información y medidas de prevención y mitigación más efectivas.

ANÁLISIS:

En cumplimiento con el presente artículo se anexa una carta bajo protesta de decir verdad, donde se garantiza que la información presentada y los métodos empleados para la elaboración del presente DTU-B son los adecuados para el proyecto y que se utilizaron las mejores técnicas y métodos existentes.

III.1.3 Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico en Materia de Impacto Ambiental

Este instrumento jurídico publicado en el Diario Oficial de la Federación, el 23 de mayo del año 2000, se refiere a las obras o actividades que requieren autorización previa en materia de impacto ambiental.

ARTÍCULO 5. Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la secretaría en materia de impacto ambiental.

L) EXPLORACIÓN, EXPLOTACIÓN Y BENEFICIO DE MINERALES Y SUSTANCIAS RESERVADAS A LA FEDERACIÓN:

I. Obras para la explotación de minerales y sustancias reservadas a la federación, así como su infraestructura de apoyo;

II. Obras de exploración, excluyendo las de prospección gravimétrica, geológica superficial, geoeléctrica, magnetotelúrica, de susceptibilidad magnética y densidad, así como las obras de barrenación, de zanjeo y exposición de rocas, siempre que se realicen en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas secos o templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinares, ubicadas fuera de las áreas naturales protegidas, y

III. Beneficio de minerales y disposición final de sus residuos en presas de jales, excluyendo las plantas de beneficio que no utilicen sustancias consideradas como peligrosas y el relleno hidráulico de obras mineras subterráneas.

O) CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO EN SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS

I. Cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal, con excepción de la construcción de vivienda unifamiliar y del establecimiento de instalaciones comerciales o de servicios en predios menores a 1000 metros cuadrados, cuando su construcción no implique el derribo de arbolado en una superficie mayor a 500 metros cuadrados, o la eliminación o fragmentación del hábitat de ejemplares de flora o fauna sujetos a un régimen de protección especial de conformidad con las normas oficiales mexicanas y otros instrumentos jurídicos aplicables.

ANÁLISIS:

Se considera la vinculación tomando en cuenta que el proyecto que se somete al procedimiento de evaluación de impacto ambiental implica la remoción de la vegetación presente en la parcela 1181-Z2-P1 y el aprovechamiento de roca caliza por debajo del manto freático. Lo que, con la finalidad de dar cumplimiento con lo establecido con los incisos y fracciones aquí mencionados, es que se somete al procedimiento en materia de impacto ambiental el presente proyecto. A lo largo de este documento se proporcionan los elementos suficientes para que la autoridad ambiental cuente con los elementos suficientes para poder evaluar y dictaminar su viabilidad ambiental.

L) EXPLORACIÓN, EXPLOTACIÓN Y BENEFICIO DE MINERALES Y SUSTANCIAS RESERVADAS A LA FEDERACIÓN:

I. Obras para la explotación de minerales y sustancias reservadas a la federación, así como su infraestructura de apoyo;

II. Obras de exploración, excluyendo las de prospección gravimétrica, geológica superficial, geoeléctrica, magnetotelúrica, de susceptibilidad magnética y densidad, así como las obras de barrenación, de zanjeo y exposición de rocas, siempre que se realicen en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas secos o templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinares, ubicadas fuera de las áreas naturales protegidas…

…

En términos generales el proyecto consiste en la extracción y aprovechamiento de roca caliza por debajo del manto freático y a cielo abierto de una superficie de 20.535 hectáreas, a un corte promedio de 7 metros. Con esto se obtendría aproximadamente 1.44 millones de metros cúbicos de piedra caliza en un periodo de 5 años de trabajos continuos y su transformación en agregados pétreos que finalmente estarán destinados a la industria de la construcción y cubrir las necesidades de equipamiento e infraestructura del área local, principalmente de municipio de Puerto Morelos en el estado de Quintana Roo. Dentro de la planificación por el aprovechamiento de la roca caliza, el sector ambiental resulta de vital importancia en la identificación y evaluación de los posibles daños que pudiera provocar la actividad sobre los recursos no renovables, y en respuesta la promovente propondrá y operará las mejores prácticas para prevenir, controlara y mitigar los impactos generados.

Inciso: O) CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO EN SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS,

I. Cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal, con excepción de la construcción de vivienda unifamiliar y del establecimiento de instalaciones comerciales o de servicios en predios menores a 1000 metros cuadrados, cuando su construcción no implique el derribo de arbolado en una superficie mayor a 500 metros cuadrados, o la eliminación o fragmentación del hábitat de ejemplares de flora o fauna sujetos a un régimen de protección especial de conformidad con las normas oficiales mexicanas y otros instrumentos jurídicos aplicables.

Se presenta la vinculación a este inciso toda vez que, la parcela 1181-Z2-P1 presenta vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia y dado que, para la extracción de material por encima del manto freático (autorización en materia de impacto ambiental por la Secretaría de Ecología y Medio Ambientes -SEMA- del estado de Quintana Roo, mediante Oficio No. SEMA/DS/2507/2019 de fecha 5 de agosto de 2019) y por debajo del manto freático; es necesario presentar y obtener la autorización de cambio de uso de suelo en áreas forestales en materia de impacto ambiental y forestal a nivel federal tal y como lo señala la LGEEPA y la LGDFS.

ARTÍCULO 9. Los promoventes deberán presentar ante la secretaria una manifestación de impacto ambiental, en la modalidad que corresponda, para que esté realice la evaluación del proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización.

La información que contenga la manifestación de impacto ambiental deberá referirse a circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto.

La secretaria proporcionará a los promoventes guías para facilitar la presentación y entrega de la manifestación de impacto ambiental de acuerdo con el tipo de obra o actividad que se

pretenda llevar a cabo. La secretaria publicará dichas guías en el Diario Oficial de la Federación y en la Gaceta Ecológica.

ARTÍCULO 10. Las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse en las siguientes modalidades:

I. Regional, o
II. Particular

ARTÍCULO 11. Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de:

I. Parques industriales y acuícolas, granjas acuícolas de más de 500 hectáreas, carreteras y vías férreas, proyectos de generación de energía nuclear, presas y, en general, proyectos que alteren las cuencas hidrológicas;

II. Un conjunto de obras o actividades que se encuentren incluidas en un plan o programa parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que sea sometido a consideración de la Secretaría en los términos previstos por el artículo 22 de este reglamento;

III. Un conjunto de proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada, y

IV. Proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en los que, por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.

En los demás casos, la manifestación deberá presentarse en la modalidad particular.

ANÁLISIS:

Tomando en cuenta la naturaleza y las características del proyecto, se determinó que, se está en lo indicado en alguna de las fracciones del artículo 11 aquí referido, por lo que se procedió a elaborar un DTU BR para ser sometido al procedimiento de evaluación de impacto ambiental por el presente proyecto. Ello, con la finalidad de obtener la autorización en la materia de impacto ambiental y forestal, en este caso, por la SEMARNAT. Para ello, el capitulado de este documento sigue los indicado en las fracciones del artículo 12 del REIA. Para mayor detalle se siguió lo indicado en la guía específica para proyectos que implican el cambio de uso del suelo.

Asimismo, se toma como base el "**ACUERDO por el que se expiden los lineamientos y procedimientos para solicitar en un trámite único ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales las autorizaciones en materia de impacto ambiental y en materia forestal que se indican y se asignan las atribuciones correspondientes en los servidores públicos que se señalan**".

PRIMERO. Se establecen los trámites unificados de aprovechamiento forestal y de cambio de uso de suelo forestal, este último en sus modalidades A y B, los cuales son opcionales para los interesados y, por lo tanto, no anulan o limitan el derecho de éstos para solicitar las autorizaciones de

aprovechamiento de recursos forestales, de cambio de uso de suelo forestal y en materia de impacto ambiental de manera separada.

SEGUNDO. Para los efectos del presente Acuerdo se entenderá por:

V. Trámite unificado de cambio de uso de suelo forestal, modalidad B: **es el que integra en un solo procedimiento administrativo el trámite relativo a la autorización en materia de impacto ambiental para la obras y actividades señaladas en la fracción VII más las descritas en cualquier otra fracción del artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, excepto la prevista en la fracción V de dicho numeral y el trámite de autorización de cambio de uso de suelo forestal a que se refiere el artículo 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable**.

A= En este sentido, el proyecto "Aprovechamiento de roca caliza por debajo del manto freático en la parcela 1181-Z2-P1", se sujeta al procedimiento relativo en materia de impacto ambiental señalado en la fracción VII de la LGEEPA (Cambio de uso de suelo en áreas forestales), así como de la actividad descrita en la fracción III de la misma LGEEPA (Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear); y al mismo tiempo el trámite de la autorización en cambio de uso de suelo en terrenos forestales a que se refiere el artículo 93 y 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

Ahora bien, el **documento técnico unificado modalidad b**, se presenta en **"Regional"** debido a que las obras se consideran dentro de las fracciones III y IV del artículo 11 del REIA, toda vez que:

Fracción III: El proyecto "Aprovechamiento de roca caliza por debajo del manto freático en la parcela 1181-Z2-P1" se encuentra en la región hidrológica ecológica prioritaria número 105 denominada "Corredor Cancún-Tulum" está conformada por las lagunas de Chakmochuk y Nichupté, cenotes, estuarios, humedales y aguas subterráneas de la Península de Yucatán.

Fracción IV: El Proyecto que pretende desarrollarse en la parcela 1181-Z2-P1, por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales (agua, suelo, manto rocoso, aguas subterráneas, flora de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, fauna y pasaje), se prevén impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas, en caso de que no se apliquen las medidas de prevención, mitigación, compensación correspondientes. En el capítulo V de este documento se indica la valoración cualitativa y cuantitativa de los impactos ambientales, de los cuales se identificó lo siguiente:

IMPACTO RESIDUALES

De acuerdo a la fracción V del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se deberán identificar, evaluar y describir los impactos residuales, entendidos como aquellos que persisten después de la implementación de medidas de mitigación (Art. 3 Fracción X del mismo reglamento).

La identificación de estos impactos se llevó a cabo en función al atributo de la recuperabilidad, el cual se entiende como la capacidad de los ecosistemas de recobrar su funcionalidad ambiental. Los impactos con calificación de 3 implican efectos considerables como residuales. Los impactos con valores menores a 3 se consideraron recuperables siempre que se implementen las medidas de compensación y/o mitigación que se presentan en este documento.

Dichos impactos representan el efecto inevitable y permanente del Proyecto sobre el ambiente y a partir de ellos se determina el "costo ambiental" del Proyecto, es decir la disminución real y permanente en calidad y/o cantidad de los bienes y servicios ambientales en el SAR. En lo siguiente, se presenta la descripción de dichos impactos:

1. 1.Afloramiento del nivel freático por la extracción del material pétreo.
2. 2.Alteración del acuífero por intrusión salina.
3. 3.Desbalance hidrológico en la unidad hidrológica.
4. 4.Modificación en el relieve natural.
5. 5.Disminución de la porosidad del suelo, compactación del suelo y permeabilidad.
6. 6.Pérdida del suelo y manto rocoso por extracción de roca caliza
7. 7.Desmonte (retiro de vegetación en 20.5350 has) y pérdida de captura de carbono
8. 8.Pérdida de hábitat flora.
9. 9.Alteración del hábitat
10. 10.Demanda de mano de obra (empleo), insumos y servicios.

IMPACTOS ACUMULATIVOS

De acuerdo a la fracción V del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se deberán identificar, evaluar y describir los impactos acumulativos, entendidos como aquellos que resultan del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.

El análisis de los impactos ambientales de este tipo se basó en la determinación de las desviaciones de la "línea base o cero" originadas por efectos aditivos. Por ello fue importante identificar los cambios ocasionados en el ambiente que se están generando o que ocurrieron como resultado de otras actividades humanas en la región y que pueden tener un efecto aditivo o acumulativo sobre los mismos componentes ambientales con los que el Proyecto interactúa.

La identificación de los impactos acumulativos se realizó a partir de los resultados de la matriz de valoración cuantitativa. De acuerdo a lo anterior, se desprende que el Proyecto generará un total de 7 impactos acumulativos;

1. 1.Alteración de la calidad del agua subterránea por cambio en la concentración de sólidos disueltos.
2. 2.Desbalance hidrológico en la unidad hidrológica.
3. 3.Contaminación del suelo por fugas, derrames de combustibles, residuos sólidos urbanos.
4. 4.Pérdida del suelo y manto rocoso por extracción de roca caliza
5. 5.Pérdida de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
6. 6.Pérdida y desplazamiento de ejemplares y enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2010

7. 7.Alteración del hábitat

IMPACTOS SINERGICOS

De acuerdo a la fracción V del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se deberán identificar, evaluar y describir los impactos sinérgicos, entendidos como aquellos que se producen cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.

La identificación de los impactos sinérgicos se realizó a partir de los resultados de la matriz de valoración cuantitativa. Del total de impactos residuales son 1 positivo, y otros 4 como negativos.

1. 1.Alteración del acuífero por intrusión salina.
2. 2.Disminución de la porosidad del suelo, compactación del suelo y permeabilidad.
3. 3.Desmonte (retiro de vegetación en 20.5350 has) y pérdida de captura de carbono
4. 4.Pérdida de hábitat flora.
5. 5.Demanda de mano de obra (empleo), insumos y servicios.

De lo anterior, se prevé que el proyecto se apega a los requisitos y condiciones establecidas para la presentación de un Documento Técnico Unificado Modalidad B-R.

III.1.4 Ley General de Vida Silvestre

Este ordenamiento jurídico fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 3 de julio del 2000 con última reforma del 19 de marzo de 2014; tiene por objeto incorporar disposiciones jurídicas relativas a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción.

A continuación, se analizan los artículos de la **Ley General de Vida Silvestre** aplicables al proyecto:

ARTÍCULO 3. El ordenamiento citado prevé restricciones únicamente para las actividades de aprovechamiento extractivo y no extractivo. Entendiéndose en términos del artículo 3° de la LGVS:

I. Aprovechamiento extractivo: La utilización de ejemplares, partes o derivados de especies silvestres, mediante colecta, captura o caza.

II. Aprovechamiento no extractivo: Las actividades directamente relacionadas con la vida silvestre en su hábitat natural que no impliquen la remoción de ejemplares, partes o derivados, y que, de no ser adecuadamente reguladas, pudieran causar impactos significativos sobre los eventos biológicos, poblaciones o hábitat de las especies silvestres.

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.

Los propietarios o legítimos poseedores de los predios en donde se distribuye la vida silvestre tendrán derechos de aprovechamiento sustentable sobre sus ejemplares, partes y derivados en los términos prescritos en la presente Ley y demás disposiciones aplicables. Los derechos sobre los recursos genéticos estarán sujetos a los tratados internacionales y a las disposiciones sobre la materia.

ANÁLISIS:

El proyecto no realizará aprovechamiento extractivo de especies de flora y fauna. Sin embargo, el desarrollo del proyecto implica acciones que podrían afectar el hábitat natural de algunas especies que pudieran encontrarse en el sitio del proyecto, por lo que antes de iniciar cualquier actividad se aplicará el **Programa de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna.**

ARTÍCULO 99. El aprovechamiento no extractivo de vida silvestre requiere una autorización previa de la Secretaría, que se otorgará de conformidad con las disposiciones establecidas en el presente Capítulo, para garantizar el bienestar de los ejemplares de especies silvestres, la continuidad de sus poblaciones y la conservación de sus hábitats. Las obras y actividades de aprovechamiento no extractivo que se lleven a cabo en manglares deberán sujetarse a las disposiciones previstas por el artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

ANÁLISIS: El proyecto no realizará aprovechamiento extractivo de especies de flora y fauna ni de ningún tipo. Por lo que, no es vinculable con el proyecto en comento.

III.1.5 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

La presente Ley es reglamentaría de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional.

Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.

A continuación, se vinculan los artículos de la **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos** aplicables al proyecto:

ARTÍCULO 18. "Los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables."

ANÁLISIS:

El proyecto contempla la ejecución del **Programa de Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial**, que será aplicado en cada una de las etapas. Se promoverá la

clasificación de residuos y se colocarán contenedores rotulados y con tapa que se ubicarán en áreas específicas, procurando que se encuentren sobre áreas impermeables. En la etapa de construcción, se colocarán contenedores rotulados de acuerdo con el tipo de residuo que se colocará dentro, serán dispuestos en todos los frentes de trabajo y durante la operación se colocarán en áreas donde existan altas afluencias de personas.

III.1.6 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Instrumento normativo publicado el 25 de febrero de 2003 en el Diario Oficial de la Federación; que tiene por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos. Recientemente el 13 de abril de 2020 se expide el decreto por que se reforman y adicionan diversas fracciones del artículo 7 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable; con el propósito de armonizar conceptos utilizados en el ámbito forestal y contribuir a brindar certeza sobre la presencia o ausencia de cada tipo de ecosistema y, por lo tanto, sobre los tipos de Cambio de Uso de Suelo que puedan presentar.

En este sentido, se somete a vinculación si el predio donde se pretenden desarrollar las obras y actividades del proyecto estará sujeto o no a presentar el procedimiento de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales.

De todo lo expuesto, a efecto de determinar si el predio debe sujetarse al procedimiento de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) se procede a realizar el análisis y vinculación técnico-jurídica de las definiciones aplicables correspondientes a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable que a continuación se señalan:

"Artículo 7. Para los efectos de esta Ley se entenderá por:

***VI.** Cambio de uso del suelo en terreno forestal: La remoción total o parcial de la vegetación forestal de los terrenos forestales arbolados o de otros terrenos forestales para destinarlos o inducirlos a actividades no forestales;"*

*"**LXXX.** Vegetación Forestal: El conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales;"*

*"**LX Bis. Selva**: Ecosistema forestal de clima tropical en el que predominan especies leñosas perennes que se desarrollan en forma espontánea, excluyendo los acahuales y guamiles y que cuentan con las características para ser considerados terrenos forestales arbolados de acuerdo con esta Ley. En esta categoría se incluyen a todos los tipos de selva, manglar y palmar, de la clasificación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía;"*

*"**LXXI Bis. Terreno forestal arbolado**: Terreno forestal que se extiende por más de 1,500 metros cuadrados dotado de árboles de una altura superior a 5 metros y una cobertura de copa superior al diez por ciento, o de árboles capaces de alcanzar esta altura in situ. Incluye todos los tipos de bosques*

y selvas de la clasificación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía que cumplan estas características;"

*"**XXXVIII Bis. Otros terrenos forestales:** Terrenos cubiertos de vegetación forestal que no reúnen las características para ser considerados terrenos forestales arbolados;"*

Además del análisis de las definiciones anteriores, se prevé vincular con los conceptos de terreno forestal, vegetación secundaria nativa, terreno preferentemente forestal y pérdida de vegetación forestal.

"***LXXI. Terreno forestal:** Es el que está cubierto por vegetación forestal o vegetación secundaria nativa, y produce bienes y servicios forestales;"*

*"**LXXXI. Vegetación secundaria nativa**: Aquella vegetación forestal que surge de manera espontánea como proceso de sucesión o recuperación en zonas donde ha habido algún impacto natural o antropogénico;"*

*"**XLIV. Terreno preferentemente forestal**: Aquel que habiendo estado cubierto por vegetación forestal y que en la actualidad no está cubierto por dicha vegetación, pero por sus condiciones de clima, suelo y topografía, cuya pendiente es mayor al 5 por ciento en una extensión superior a 38 metros de longitud y puede incorporarse al uso forestal, siempre y cuando no se encuentre bajo un uso aparente;"*

*"**XXII Bis. Pérdida de vegetación forestal**: La conversión de terrenos forestales por causas inducidas o naturales a otro tipo de uso de la tierra, o la reducción de la cobertura de vegetación forestal;"*

ANÁLSIS: La parcela 1181-Z2-P1 presenta vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia, la cual se considera dentro de las definiciones que implican que el área de interés sea vegetación forestal y, por tanto, al requerir la remoción en las 20.5351 ha se deberá solicitar el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales de acuerdo a lo señalado en los artículos 93 y 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. En este sentido, se presenta el procedimiento de Documento Técnico Unificado para ser evaluado en materia forestal; dando así cumplimiento con este instrumento normativo.

III.2 Programas de ordenamiento ecológico

III.2.1 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe

El Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, es el instrumento de política ambiental que permitirá regular e introducir los usos del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de estos.

El **POEMyRGMyMC** identifica, orienta y enlaza las políticas, programas, proyectos y acciones de la administración pública que contribuyan a lograr las metas regionales que en él se plantean y optimizar el uso de los recursos públicos de acuerdo con la aptitud del territorio.

Con fecha 24 de noviembre del año 2012, se publica el acuerdo por el que se expide la parte marina del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe y se da a conocer la parte regional del propio programa, tal y como se muestra a continuación:

DE ACUERDO CON LA UBICACIÓN DEL SITIO LE CORRESPONDEN LAS SIGUIENTES UNIDADES DE GESTIÓN AMBIENTAL:

Tabla 1. Unidades de gestión ambiental que le corresponden al proyecto según su ubicación

UGA	TIPO DE UGA	NOMBRE	SUBREGIÓN
138	COSTERA	BENITO JUÁREZ	APLICAR ACCIONES Y CRITERIOS DE ZONA COSTERA INMEDIATA MAR CARIBE

Unidad de Gestión Ambiental #:138

Tipo de UGA	Costera
Nombre:	Benito Juárez
Municipio:	Benito Juárez
Estado:	Quintana Roo
Población:	573325 Habitantes
Superficie:	225770.386 Ha.
Subregión:	Aplicar acciones y criterios de Zona Costera Inmediata Mar Caribe
Islas:	
Puerto Turístico	Presente
Puerto Comercial	Presente
Puerto Pesquero	Presente
Nota:	

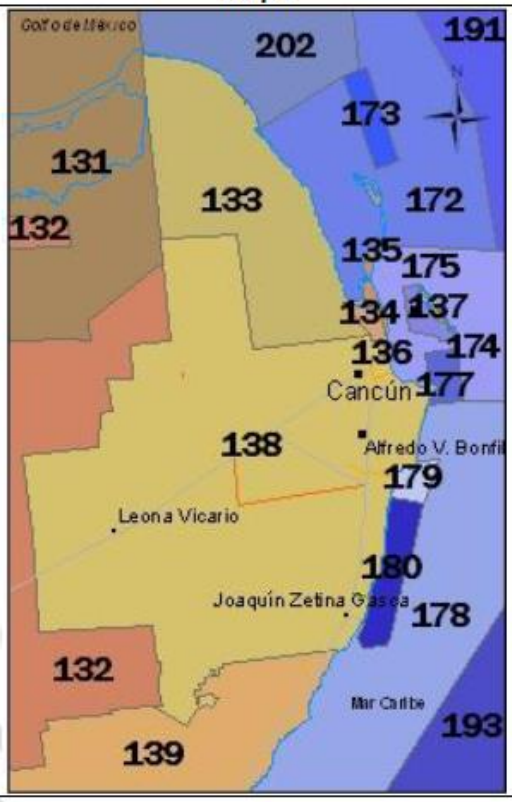


Figura 1. Unidad de gestión ambiental número 138 BENITO JUÁREZ.

Respecto a las consideraciones tomadas para el diseño o modelaje del Programa de Ordenamiento Ecológico en mención, se tomaron como base los siguientes puntos:

1. Lineamientos ecológicos

Los componen 27 enunciados que reflejan el estado deseable de la UGA, con los cuales se pretende atender las tendencias ambientales identificadas durante la etapa de diagnóstico y pronósticos descritos en el Programa.

2. Estrategias ecológicas

Se tratan de 26 enunciados que integran los objetivos específicos, las acciones, proyecto, programas y responsables orientados al logro de los lineamientos aplicables.

3. Acciones y criterios

Son las asignadas a cada una de las UGA como se menciona en párrafos anteriores y tienen por objeto hacer efectivo el cumplimiento de las estrategias ecológicas, por lo que se les consideran los elementos más finos y directos, mediante los cuales se podrá inducir y lograr el estado deseable de cada UGA.

De esta manera, tales acciones y criterios son clasificados por el referido instrumento en dos clases:

- **Acciones y criterios generales (G)**

Son los aplicables a todas las UGA del ASO y que de manera general consisten en la implementación de actividades orientada a la regulación de las actividades productivas de la zona para un uso eficiente y sustentable de los recursos naturales, así como la colaboración intersectorial para el cuidado del medio ambiente.

- **Acciones y criterios específicos (A)**

Son los asignados a cada UGA de acuerdo con sus diferentes características, así como en respuesta a las estrategias ecológicas planteadas en un principio.

Los artículos del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, establecen:

> ***Artículo Primero***. *- Se expide la parte marina del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, que corresponde a las áreas o superficies ubicadas en zonas marinas mexicanas, incluyendo las zonas federales adyacentes, en términos del documento adjunto al presente Acuerdo.*
>
> ***Artículo Segundo. -*** *Se da a conocer la parte Regional del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, en términos del documento adjunto al presente Acuerdo, para que surta los efectos legales a que haya lugar.*
>
> ***Artículo Tercero.-*** *Conforme a los términos del "Convenio Marco de Coordinación para la instrumentación de un proceso de planeación conjunto para la formulación, expedición,*

ejecución, evaluación y modificación del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe", los Gobiernos de los Estados de Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán expedirán, mediante sus órganos de difusión oficial, la parte Regional del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe.

Dado que, el sitio del proyecto se encuentra ubicada en la Unidad de Gestión Ambiental **número 138** denominada **Benito Juárez**; y esta corresponde a una Unidad de tipo regional. De acuerdo con el artículo Segundo del Acuerdo de expedición, **esta solamente fue dada a conocer y no se encuentra Decretada**, ya que conforme señala el artículo Tercero, tal situación ocurrirá cuando, en este caso, el Gobierno del Estado de Quintana Roo publique a través de su órgano oficial de difusión, la ficha de las UGA correspondientes.

Por tal motivo **no se realiza la vinculación del proyecto con los lineamientos, acciones y criterios aplicables a esta Unidad de Gestión Ambiental, dado que no resulta vinculante**.

III.2.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL) del municipio Benito Juárez

El sitio del proyecto está regulado por el **Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez (POEL MBJ)**, publicado en el 27 de febrero de 2014 en el Periódico Oficial de Gobierno del Estado de Quintana Roo. De acuerdo con la zonificación de Unidades de Gestión Ambiental (UGA), el proyecto incide en la UGA No. 11.

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Superficie:
13,323.20 ha</td><td>Política Ambiental:
Conservación</td></tr>
<tr><td colspan="2">Criterios de Delimitación:
Esta UGA fue determinada considerando los límites del ejido de Puerto Morelos, con excepción de las zonas destinadas para el desarrollo urbano, así como sus polígonos de reserva.</td></tr>
</table>

Figura 2. Características generales de la UGA 11.

Condiciones de la Vegetación y Uso de Suelo:

CLAVE	CONDICIONES DE LA VEGETACION	HECTAREAS	%
VSA	Vegetación Secundaria Arbórea de selva Mediana Subperennifolia en buen estado	11,071.43	83.10
SBS	Selva Baja Subcaducifolia	1,448.30	10.87
VS2	Vegetación Secundaria Arbórea de selva Mediana Subperennifolia en recuperación	350.70	2.63
VSa	Vegetación Secundaria Arbustiva de selva Mediana Subperennifolia	215.72	1.62
SV	Sin Vegetación Aparente	114.25	0.86
AH	Asentamiento Humano	96.74	0.73
TU	Tular	22.15	0.17
Ma	Manglar	1.97	0.01
CA	Cuerpo de Agua	1.94	0.01
	TOTAL	**13,323.20**	**100.00**

Objetivo de la UGA:

Fomentar la diversificación de actividades de ecoturismo con pernocta y/o de fraccionamientos campestres de bajo impacto, así como la acuacultura, apicultura y Aprovechamiento forestal maderable, en una zona con los atributos ambientales presentes para esta actividad que puede generar importantes beneficios al ejido y al municipio.

Problemática General:

Riesgo de afectación por Incendios Forestales; Cambios de Uso de Suelo no autorizados (apertura no autorizada de caminos); Necesidad de diversificación de las actividades económicas productivas ambientalmente amigables fuera de los centros de población y/o zonas rurales; Ausencia de iniciativas de diversificación turística en la zona de los cenotes y hacia el poblado de Central Vallarta.

Poblados o sitios importantes en esta UGA (habitantes):

De acuerdo a INEGI (2010), esta UGA cuenta con 25 pequeñas localidades con un total de población registrado de 83 habitantes.

En esta UGA la red vial abarca un total de 88.95 km.

Lineamientos Ecológicos:

- Se mantiene el 75% de la cobertura vegetal en buen estado de conservación en los próximos 5 años.
- Se regula el establecimiento de desarrollos ecoturísticos y/o fraccionamientos campestres, asi como los usos de suelo compatibles y con los servicios básicos que no pongan en riesgo la calidad del acuífero, ocupando en conjunto hasta el 25% de la UGA, en un período de 5 años.
- Se promueve la concentración de los desarrollos residenciales y turísticos, así como su ubicación en un 50 % del frente de carretera de cada predio, con el fin de fomentar la conectividad de los ecosistemas divididos por la carretera.
- Se mantiene cuando menos el 80% de la superficie de la UGA con sus características de permeabilidad para la recarga del acuífero.

Recursos y Procesos Prioritarios:

Cobertura arbórea, Biodiversidad y Permeabilidad del Suelo.

Figura 3. Características de la UGA 11.

Parámetros de aprovechamiento:

- Densidad Residencial: 2 viviendas/ha
- Densidad Turística. 2 cabañas ecoturísticas/ha.
  Se permite la conversión de cabañas residenciales a cabañas ecoturísticas, en una relación de 1 a 1
- Porcentaje de desmonte: 25%

Usos Compatibles:
Desarrollo suburbano, Turismo alternativo, Forestal, Agropecuario, aprovechamiento del agua, Conservación del agua y Conservación de la biodiversidad.

Usos Incompatibles:
Desarrollo urbano, Aprovechamiento de Materiales Pétreos, Industria ligera y Turismo convencional.

Actividades Productivas Asignadas:
Fraccionamiento residencial campestre, Fraccionamiento rural, Comercial, Equipamiento de Desarrollo Suburbano, Ecoturismo, Hospedaje, Parque Temático, Equipamiento Turismo Alternativo, Aprovechamiento forestal maderable, Aprovechamiento de recursos forestales no maderables, Plantación Forestal Comercial, Silvicultura, UMAs Modalidad Intensiva, UMAs Modalidad Vida Libre, Acuacultura, Apicultura, Pozos de extracción uso público, Líneas de conducción y distribución, Pozos de extracción privados, Áreas Protegidas, Conservación de la biodiversidad, Protección del agua y Recarga del Acuífero.

Los criterios de regulación ecológica establecidos para el POEL MBJ han sido organizados en dos grupos:

• **Los Criterios Ecológicos de aplicación general**, que son de observancia en todo el territorio municipal de Benito Juárez, independientemente de la unidad de gestión ambiental en la que se ubique el proyecto o actividad.

• **Los Criterios Ecológicos de aplicación específica**, que son los criterios asignados a una unidad de gestión ambiental determinada.

Los parámetros de aprovechamiento, usos compatibles e incompatibles, así como los criterios de Regulación Ecológica, se citan a continuación:

Tabla 2. Criterios ecológicos generales.

CRITERIO GENERAL	CRITERIOS ECOÓGICOS DE APLICACIÓN GENERAL	VINCULACIÓN
CG-01	En el tratamiento de plagas y enfermedades de plantas en cultivos, jardines, áreas de reforestación y de manejo de la vegetación nativa deben emplearse productos que afecten	El proyecto no contempla el uso de sustancias enlistadas en el catálogo de CICOPLAFEST; no obstante, en caso de que se presente algún escenario en el que se requiera del empleo de

	específicamente la plaga o enfermedad que se desea controlar, así como los fertilizantes que sean preferentemente orgánicos y que estén publicados en el catálogo vigente por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Substancias Tóxicas (CICOPLAFEST).	alguna de estas por la presencia de plagas se dará cumplimiento al presente criterio.
CG-02	Los proyectos que en cualquier etapa empleen agroquímicos de manera rutinaria e intensiva, deberán elaborar un programa de monitoreo de la calidad del agua del subsuelo a fin de detectar, prevenir y, en su caso, corregir la contaminación del recurso. Los resultados del Monitoreo se incorporarán a la bitácora ambiental.	Para la construcción y desarrollo del proyecto no se pretende emplear de manera rutinaria ni intensiva agroquímicos de ningún tipo.
CG-03	Con la finalidad de restaurar la cobertura vegetal que favorece la captación de agua y la conservación de los suelos, la superficie del predio sin vegetación que no haya sido autorizada para su aprovechamiento, debe ser reforestada con especies nativas propias del hábitat que haya sido afectado.	La superficie total del predio son 643,602.28 m², es decir, 64.36 hectáreas; en tanto que la superficie donde se pretende realizar el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), alcanza una superficie de 205,350.81 m², o sea 20.5351 hectáreas (para fines de este estudio se redondea), que representa 31.90% del predio. Por lo tanto, el 68.09% del mismo predio, no será intervenido y será conservado. Además, se aplicará un Programa de rescate y reubicación de flora y las especies de preferencia serán reubicados en el área de conservación.
CG-04	En los nuevos proyectos de desarrollo urbano, agropecuario, suburbano, turístico e industrial se deberá separar el drenaje pluvial del drenaje sanitario. El drenaje pluvial de techos, previo al paso a través de un decantador para separar sólidos no disueltos, podrá ser empleado para la captación en cisternas, dispuesto en áreas con jardines o en las áreas con vegetación nativa remanente de cada proyecto. El drenaje pluvial de estacionamientos públicos y privados, así como de talleres mecánicos deberá contar con sistemas de retención de grasas y aceites.	La zona donde se desarrollará el proyecto no cuenta con drenaje. En el caso de los sanitarios, se contará con baños portátiles a través de una empresa arrendadora, la misma que se encargará del manejo y disposición final de las aguas residuales.

CG-05	Para permitir la adecuada recarga del acuífero, todos los proyectos deben acatar lo dispuesto en el artículo 132 de la LEEPAQROO o la disposición jurídica que la sustituya.	El Artículo 132 de la LEEPAQROO, establece que, para la recarga de mantos acuíferos, "*en las superficies de predios que se pretendan utilizar para obras e instalaciones, se deberá permitir la filtración de aguas pluviales al suelo y subsuelo. Por tal motivo, las personas físicas o morales quedan obligadas a proporcionar un porcentaje del terreno a construir, preferentemente como área verde, lo que en su caso siempre será permeable*" *Para los efectos del párrafo anterior en los predios con un área menor de 100 metros cuadrados deberán proporcionar como área verde el 10% como mínimo; en predios con superficie mayor de 101 a 500 metros cuadrados, como mínimo el 20%; en predios cuya superficie sea de 501 a 3,000 metros cuadrados, como mínimo el 30%, y predios cuya superficie sea de 3,001 metros cuadrados en adelante, proporcionarán como área verde el 40% como mínimo*. …(SIC). La superficie total del predio son 643,602.28 m², es decir, 64.36 hectáreas; en tanto que la superficie donde se pretende realizar el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), alcanza una superficie de 205,350.81 m², o sea 20.5351 hectáreas (para fines de este estudio se redondea), que representa 31.90% del predio. Por lo tanto, **el 68.09% del mismo predio, no será intervenido y será conservado, en esta misma zona se podrá hacer la recarga al manto freático, con lo cual se cumple con el criterio establecido.**
CG-06	Con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas y el aislamiento de las poblaciones, se deberán agrupar las áreas de aprovechamiento preferentemente en áreas "sin vegetación aparente" y mantener la continuidad de las áreas con vegetación natural. Para lo cual, el promovente deberá presentar un estudio de zonificación ambiental que demuestre la mejor ubicación de la infraestructura planteada por el proyecto, utilizando	El proyecto es una modificación a la superficie y la profundidad autorizada por la Secretaría de Ecología y Medio Ambientes (SEMA) del estado de Quintana Roo, mediante Oficio No. SEMA/DS/2507/2019 de fecha 5 de agosto de 2019, con base en la evaluación integral de los impactos ambientales, económicos y sociales para el desarrollo de la región. La superficie autorizada fue de 150,000 m², por lo tanto, el área del proyecto es una zona que ya ha sido

	preferentemente las áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual.	evaluada para demostrar que puede ser aprovechada para las actividades del proyecto.
CG-07	En los proyectos en donde se pretenda llevar a cabo la construcción de caminos, bardas o cualquier otro tipo de construcción que pudiera interrumpir la conectividad ecosistémica deberán implementar pasos de fauna menor (pasos inferiores) a cada 50 metros, con excepción de áreas urbanas.	La superficie total del predio son 643,602.28 m², es decir, 64.36 hectáreas; en tanto que la superficie donde se pretende realizar el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), alcanza una superficie de 205,350.81 m², o sea 20.5351 hectáreas (para fines de este estudio se redondea), que representa 31.90% del predio. Por lo tanto, **el 68.09% del mismo predio, no será intervenido y será conservado; en esta misma área de conservación la fauna podrá desplazarse libremente.**
CG-08	Los humedales, rejolladas inundables, petenes, cenotes, cuerpos de agua superficiales, presentes en los predios deberán ser incorporados a las áreas de conservación.	Dentro del predio del proyecto no se ubican humedales, rejolladas inundables, petenes, cenotes, ni cuerpos de aguas superficiales. Por lo tanto, no le es aplicable el criterio.
CG-09	Salvo en las UGA urbanas, los desarrollos deberán ocupar el porcentaje de aprovechamiento o desmonte correspondiente para la UGA en la que se encuentre, y ubicarse en la parte central del predio, en forma perpendicular a la carretera principal. Las áreas que no sean intervenidas no podrán ser cercadas o bardeadas y deberán ubicarse preferentemente a lo largo del perímetro del predio en condiciones naturales y no podrán ser desarrolladas en futuras ampliaciones.	La superficie total del predio son 643,602.28 m², es decir, 64.36 hectáreas; en tanto que la superficie donde se pretende realizar el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), alcanza una superficie de 205,350.81 m², o sea 20.5351 hectáreas (para fines de este estudio se redondea), que representa 31.90% del predio. Por lo tanto, **el 68.09% del mismo predio, no será intervenido y será conservado.**
CG-10	Sólo se permite la apertura de nuevos caminos de acceso para actividades relacionadas a los usos compatibles, así como aquellos relacionados con el establecimiento de redes de distribución de servicios básicos necesarios para la población.	No es necesaria la apertura de nuevos caminos de acceso, por lo tanto, el criterio no es vinculante.
CG-11	El porcentaje de desmonte que se autorice en cada predio deberá estar acorde a cada	De acuerdo con la ficha de la UGA 11, el % de desmonte es del 25%; no obstante, el

	uso compatible y no deberá exceder el porcentaje establecido en el lineamiento ecológico de la UGA, aplicando el principio de equidad y proporcionalidad	promovente solicita la autorización de CUSTF de 20.5351 ha, esto de debido a las estimaciones de material que se necesitan explotar. Por lo tanto, **el 68.09% del mismo predio, no será intervenido y será conservado.** **Asimismo, se aplicará el Programa de Rescate y reubicación de flora y preferentemente serán reubicadas las especies en el área de conservación.** En el caso de la fauna, también se aplicará un programa de rescate y reubicación de fauna.
CG-12	En el caso de desarrollarse varios usos de suelo compatibles en el mismo predio, los porcentajes de desmonte asignados a cada uno de ellos solo serán acumulables hasta alcanzar el porcentaje definido en el lineamiento ecológico.	
CG-13	En la superficie de aprovechamiento autorizada previo al desarrollo de cualquier obra o actividad, se deberá de ejecutar un programa de rescate de flora y fauna.	
CG-14	En los predios donde no exista cobertura arbórea, o en el caso que exista una superficie mayor desmontada a la señalada para la unidad de gestión ambiental ya sea por causas naturales y/o usos previos, el proyecto sólo podrá ocupar la superficie máxima de aprovechamiento que se indica para la unidad de gestión ambiental y la actividad compatible que pretenda desarrollarse.	
CG-15	En los ecosistemas forestales deberán eliminarse los ejemplares de especies exóticas considerados como invasoras por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) que representen un riesgo de afectación o desplazamiento de especies silvestres. El material vegetal deberá ser eliminado mediante procedimientos que no permitan su regeneración y/o propagación.	En la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia del predio durante los muestreos no se encontraron especies exóticas y/o invasoras, por lo que, no le es aplicable el criterio. No obstante, de encontrarse se eliminarán y reportarán en el Programa de Vigilancia Ambiental.
CG-16	La introducción y manejo de palma de coco (*Cocus nucifera*) debe restringirse a las variedades que sean resistentes a la enfermedad conocida como "amarillamiento letal del cocotero".	No se contempla la introducción de palma de cocos (*Cocus nucifera*), por lo que el criterio no es vinculante.

CG-17	Se permite el manejo de especies exóticas, cuando: 1. La especie no esté catalogada como especie invasora por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y/o La SAGARPA. 2. La actividad no se proyecte en cuerpos naturales de agua, 3. El manejo de fauna, en caso de utilizar encierros, se debe realizar el tratamiento secundario por medio de biodigestores autorizados por la autoridad competente en la materia de aquellas aguas provenientes de la limpieza de los sitios de confinamiento. 4. Se garantice el confinamiento de los ejemplares y se impida su dispersión o distribución al medio natural. 5. Deberán estar dentro de una Unidad de Manejo Ambiental o PIMVS.	El proyecto no implica obras o actividades de introducción de flora y fauna exótica, por lo que no aplica al presente proyecto.
CG-18	No se permite la acuicultura en cuerpos de agua en condiciones naturales, ni en cuerpos de agua artificiales con riesgo de afectación a especies nativas.	El proyecto no realizará actividades relacionadas con la acuacultura, por lo que este criterio sólo se considera de observancia.
CG-19	Todos los caminos abiertos que estén en propiedad privada deberán contar con acceso controlado, a fin de evitar posibles afectaciones a los recursos naturales existentes.	La promovente se da por enterada del criterio ecológico, y en caso de aperturar caminos se dará el aviso oportuno a las autoridades y se les dará un acceso controlado con la finalidad de evitar posibles afectaciones a los recursos naturales existentes.
CG-20	Los cenotes, rejolladas inundables y cuerpos de agua deberán mantener inalterada su estructura geológica y mantener el estrato arbóreo, asegurando que la superficie establecida para su uso garantice el mantenimiento de las condiciones ecológicas de dichos ecosistemas.	Dentro del predio del proyecto no se ubican cenotes, rejolladas inundables ni cuerpos de agua, por lo que el presente criterio se considera únicamente de observancia.
CG-21	Donde se encuentren vestigios arqueológicos, deberá reportarse dicha	Dentro del predio del proyecto no se observaron vestigios arqueológicos, por lo que

	presencia al Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y contar con su correspondiente autorización para la construcción de la obra o realización de actividades.	el presente criterio se considera únicamente de observancia.
CG-22	El derecho de vía de los tendidos de energía eléctrica de alta tensión sólo podrá ser utilizado conforme a la normatividad aplicable, y en apego a ella no podrá ser utilizado para asentamientos humanos.	El presente proyecto no se desarrollará en derechos de vía de tendidos de energía eléctrica, por lo que no aplica al proyecto.
CG-23	La instalación de infraestructura de conducción de energía eléctrica de baja tensión y de comunicación deberá ser subterránea en el interior de los predios, para evitar la contaminación visual del paisaje y afectaciones a la misma por eventos meteorológicos extremos y para minimizar la fragmentación de ecosistemas.	
CG-24	Los taludes de los caminos y carreteras deberán ser reforestados con plantas nativas de cobertura y herbáceas que limiten los procesos de erosión.	El proyecto no implica la construcción de caminos ni carreteras. En ese sentido, este criterio sólo se considera de observancia.
CG-25	En ningún caso la estructura o cimentación de las construcciones deberá interrumpir la hidrodinámica natural superficial y/o subterránea.	El proyecto no implica procesos de estructura o cimentación. Por lo tanto, el criterio no es vinculante con el proyecto.
CG-26	De acuerdo con lo que establece el Reglamento Municipal de Construcción, los campamentos de construcción o de apoyo y todas las obras en general deben: A. Contar con al menos una letrina por cada 20 trabajadores. B. Áreas específicas y delimitadas para la pernocta y/o para la elaboración y consumo de alimentos, con condiciones higiénicas adecuadas (ventilación, miriñaques, piso de cemento, correcta iluminación, lavamanos, entre otros).	En cumplimiento a lo establecido en el presente criterio, se instalará al menos 1 sanitario portátil por cada 20 trabajadores tal como lo requiere el criterio en comento. No se considera la construcción de un campamento, sin embargo, el consumo de alimentos se realizará en áreas delimitadas durante la etapa de preparación y construcción del proyecto, que contará con las condiciones higiénicas adecuadas. Las medidas necesarias para el almacenamiento, retiro, transporte y disposición final de residuos sólidos se encuentran descritas en el Plan de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial

	C. Establecer las medidas necesarias para almacenamiento, retiro, transporte y disposición final de los residuos sólidos generados. D. Establecer medidas para el correcto manejo, almacenamiento, retiro, transporte y disposición final de los residuos peligrosos.	elaborado para el presente proyecto, y que se anexa al presente estudio.
CG-27	En el diseño y construcción de los sitios de disposición final de Residuos Sólidos Urbanos se deberán colocar en las celdas para residuos y en el estanque de lixiviados, una geomembrana de polietileno de alta densidad o similar, con espesor mínimo de 1.5 mm. Previo a la colocación de la capa protectora de la geomembrana se deberá acreditar la aprobación de las pruebas de hermeticidad de las uniones de la geomembrana por parte de la autoridad que supervise su construcción.	El proyecto no contempla la construcción de sitios de disposición final de Residuos Sólidos Urbanos, por lo que no aplica al presente criterio.
CG-28	La disposición de materiales derivados de obras, excavaciones o dragados sólo podrá realizarse en sitios autorizados por la autoridad competente, siempre y cuando no contengan residuos sólidos urbanos, así como aquellos que puedan ser catalogados como peligrosos por la normatividad vigente.	En términos generales el proyecto consiste en la extracción y aprovechamiento de roca caliza por debajo del manto freático y a cielo abierto de una superficie de 20.535 hectáreas, a un corte promedio de 7 metros. Con esto se obtendría aproximadamente 1.44 millones de metros cúbicos de piedra caliza en un periodo de 5 años de trabajos continuos y su transformación en agregados pétreos que finalmente estarán destinados a la industria de la construcción y cubrir las necesidades de equipamiento e infraestructura del área local, principalmente de municipio de Puerto Morelos en el estado de Quintana Roo. Para el aprovechamiento por debajo del manto freático se solicita la autorización en materia de impacto ambiental y la autorización en materia forestal e impacto ambiental del CUSTF. Con el trámite del procedimiento a través de un DTU-BR se da cumplimiento al criterio.

CG-29	La disposición final de residuos sólidos únicamente podrá realizarse en los sitios previamente aprobados para tal fin.	Los residuos sólidos urbanos que se generen durante el desarrollo del proyecto serán trasladados por parte del servicio municipal que se encarga de la recolección de basura.
CG-30	Los desechos biológico-infecciosos no podrán disponerse en el relleno sanitario y/o en depósitos temporales de servicio municipal.	El proyecto no será generador de desechos biológico-infecciosos en ninguna de sus etapas de desarrollo, por lo que este criterio sólo se considera de observancia.
CG-31	Los sitios de disposición final de RSU deberán contar con un banco de material pétreo autorizado dentro del área proyectada, mismo que se deberá ubicar aguas arriba de las celdas de almacenamiento y que deberá proveer diariamente del material de cobertura.	El proyecto no plantea la construcción o establecimiento de un sitio de disposición final, por lo que no aplica al presente criterio.
CG-32	Se prohíbe la quema de basura, así como su entierro o disposición a cielo abierto.	A fin de dar cumplimiento a lo señalado en este criterio, en ninguna etapa del proyecto se realizará la quema de basura, su entierro o disposición, sea temporal o final, a cielo abierto.
CG-33	Todos los proyectos deberán contar con áreas específicas para el acopio temporal de los residuos sólidos. En el caso de utilizar el servicio municipal de colecta, dichas áreas deben ser accesibles a la operación del servicio.	El proyecto contará con sitios específicos para el acopio temporal de residuos sólidos, los cuales se ubicarán en los sitios más perturbados del predio
CG-34	El material pétreo, sascab, piedra caliza, tierra negra, tierra de despalme, madera, materiales vegetales y/o arena, que se utilice en la construcción de un proyecto, deberá provenir de fuentes y/o bancos de material autorizados.	En términos generales el proyecto consiste en la extracción y aprovechamiento de roca caliza por debajo del manto freático y a cielo abierto de una superficie de 20.535 hectáreas, a un corte promedio de 7 metros. Con esto se obtendría aproximadamente 1.44 millones de metros cúbicos de piedra caliza en un periodo de 5 años de trabajos continuos y su transformación en agregados pétreos que finalmente estarán destinados a la industria de la construcción y cubrir las necesidades de equipamiento e infraestructura del área local, principalmente de municipio de Puerto Morelos en el estado de Quintana Roo.
CG-35	En la superficie en la que por excepción la autoridad competente autorice la remoción de la vegetación, también se podrá retirar el suelo, subsuelo y las rocas para nivelar el terreno e instalar los cimientos de las edificaciones e infraestructura, siempre y cuando no se afecten los ríos subterráneos que pudieran	

	estar presentes en los predios que serán intervenidos.	Para el aprovechamiento por debajo del manto freático se solicita la autorización en materia de impacto ambiental y la autorización en materia forestal e impacto ambiental del CUSTF. Con el trámite del procedimiento a través de un DTU-BR.
CG-36	Los desechos orgánicos derivados de las actividades agrícolas, pecuarias y forestales deberán aprovecharse en primera instancia para la recuperación de suelos, y/o fertilización orgánica de cultivos y áreas verdes, previo composteo y estabilización y ser dispuestos donde lo indique la autoridad competente en la materia.	El proyecto no implica la realización de actividades agrícolas, pecuarias o forestales, por lo que este criterio sólo se considera de observancia.
CG-37	Todos los proyectos que impliquen la remoción de la vegetación y el despalme del suelo deberán realizar acciones para la recuperación de la tierra vegetal, realizando su separación de los residuos vegetales y pétreos, con la finalidad de que sea utilizada para acciones de reforestación dentro del mismo proyecto o donde lo disponga la autoridad competente en la materia, dentro del territorio municipal.	Durante el despalme del terreno se llevará a cabo el rescate de la tierra vegetal (sustrato con materia orgánica), en caso de que se encuentre alguna zona con presencia de este sustrato, el cual será utilizado para la zona de reforestación.
CG-38	No se permite la transferencia de densidades de cuartos de hotel, residencias campestres, cabañas rurales y/o cabañas ecoturísticas de una unidad de gestión ambiental a otra.	Los predios del proyecto se ubican en una sola UGA, por lo que no pretende realizar transferencia de densidades.
CG-39	El porcentaje de desmonte permitido en cada UGA que impliquen el cambio de uso de suelo de la vegetación forestal solo podrá realizarse cuando la autoridad competente expida por excepción las autorizaciones de cambio de uso de suelo de los terrenos forestales	De acuerdo con la ficha de la UGA 11, el % de desmonte es del 25%; no obstante, el promovente solicita la autorización de CUSTF de 20.5351 ha, esto de debido a las estimaciones de material que se necesitan explotar. Por lo tanto, **el 68.09% del mismo predio, no será intervenido y será conservado.** **Asimismo, se aplicará el Programa de Rescate y reubicación de flora y preferentemente serán reubicadas las especies en el área de conservación.**

Tabla 3. Criterios ecológicos específicos.

CRITERIO	CRITERIOS ECOÓGICOS	VINCULACIÓN
Fraccionamiento residencial campestre.		
SUB-01	No se podrá desarrollar viviendas y/o cabañas en zonas con riesgo de inundación.	El proyecto no trata de la construcción de viviendas o cabañas, por lo que, no es vinculante el presente criterio.
SUB-04	Se podrá intervenir el territorio con una densidad de hasta 2 viviendas residenciales (vivienda de hasta tres dormitorios) por hectárea, hasta un máximo de 5,000 viviendas en toda	
SUB-08	La superficie máxima de desmonte será del 25 % del total de la UGA, debiendo observar la equidad y proporcionalidad de la misma para cada predio, así como la dotación de equipamiento e infraestructura dentro del mismo porcentaje de desmonte. La vegetación restante deberá ubicarse preferentemente a lo largo del perímetro del predio en condiciones naturales y no podrá ser intervenida en futuras ampliaciones.	De acuerdo con la ficha de la UGA 11, el % de desmonte es del 25%; no obstante, el promovente solicita la autorización de CUSTF de 20.5351 ha, esto de debido a las estimaciones de material que se necesitan explotar. Por lo tanto, **el 68.09% del mismo predio, no será intervenido y será conservado.** **Asimismo, se aplicará el Programa de Rescate y reubicación de flora y preferentemente serán reubicadas las especies en el área de conservación.**
SUB-09	Una vez alcanzado el umbral máximo de vivienda en esta UGA, contabilizado a través de la Bitácora Ambiental, las autoridades competentes no deberán otorgar nuevas autorizaciones en tanto no se actualice nuevamente este instrumento de planeación ambiental.	El proyecto no trata de la construcción de viviendas o cabañas, por lo que, no es vinculante el presente criterio.
SUB-12	El valor máximo de la de caminos en esta UGA, no deberá ser mayor a 130 Km, considerando lo ya existente; y debiendo descontar el número autorizado de cada proyecto a dicho umbral, a través de la Bitácora Ambiental.	El proyecto no trata de la apertura de caminos, por lo que el criterio no es vinculante.
SUB-13	El tamaño de los lotes con uso habitacional fuera de los centros de población será como mínimo de 800 m², de acuerdo a lo establecido en la Ley de Fraccionamientos del estado de Quintana Roo. El resto del	El proyecto no trata de la construcción de viviendas o cabañas, por lo que, no es vinculante el presente criterio.

	fraccionamiento deberá mantenerse como áreas y bienes comunes como derecho de copropiedad, concentrados en la porción del predio que mantendrá la cobertura de vegetación natural que marca el instrumento normativo vigente y que permanecerán como proindiviso del total del predio, mismo que deberá inscribirse como tal en el registro público de la propiedad y el comercio. Esto con la finalidad de reducir la fragmentación del hábitat y facilitar la dotación de los servicios mínimos que establece la legislación vigente.	
SUB-14	Los caminos de acceso a las parcelas autorizadas para su desarrollo, no deberán exceder de 6 metros de ancho, sin pavimento, con reductores de velocidad cada 500 m, con pasos hidráulicos (en su caso) y deberán conservar en el trazo, todos los árboles mayores a 30 cm de DAP, y evitar las afectaciones a elementos como cenotes y cavernas.	El proyecto no trata de la apertura de caminos, por lo que el criterio no es vinculante.
SUB-15	En el proceso de apertura de los caminos de acceso a los predios y parcelas, el desmonte deberá realizarse de forma manual, debiendo respetar la presencia de elementos naturales destacables, como árboles mayores, cuevas, cenotes, rejolladas, entre otros; y restringiendo el uso de maquinaria pesada para las labores de despalme, para evitar daños mayores a la superficie de desmonte autorizada.	
SUB-16	Los desarrollos turísticos y/o residenciales deberán ubicarse a cuando menos 250 metros de los apiarios establecidos y autorizados por la autoridad competente en la materia.	El proyecto no trata de desarrollos turísticos y/o residenciales, por lo que el criterio no es vinculante.
SUB-17	Las cabañas campestres deben contar con sistemas de captación y almacenaje de agua pluvial.	El proyecto no trata de la construcción de viviendas o cabañas, por lo que, no es vinculante el presente criterio.

SUB-20	La superficie máxima de desmonte será del 25 % del total de la UGA, debiendo observar la equidad y proporcionalidad de la misma para cada predio, así como la dotación de equipamiento e infraestructura dentro del mismo porcentaje de desmonte. La vegetación restante deberá ubicarse preferentemente a lo largo del perímetro del predio en condiciones naturales y no podrá ser intervenida en futuras ampliaciones.	De acuerdo con la ficha de la UGA 11, el % de desmonte es del 25%; no obstante, el promovente solicita la autorización de CUSTF de 20.5351 ha, esto de debido a las estimaciones de material que se necesitan explotar. Por lo tanto, **el 68.09% del mismo predio, no será intervenido y será conservado.** **Asimismo, se aplicará el Programa de Rescate y reubicación de flora y preferentemente serán reubicadas las especies en el área de conservación.**
SUB-23	Se podrá intervenir el territorio con una densidad de hasta 2 viviendas rurales por hectárea, hasta un máximo de 5,000 viviendas en toda la UGA.	El proyecto no trata de la construcción de viviendas o cabañas, por lo que, no es vinculante el presente criterio.
SUB-25	El tamaño de los lotes con uso habitacional fuera de los centros de población será como mínimo de 1,500 m² de acuerdo a lo establecido en la Ley de Fraccionamientos del estado de Quintana Roo.	
SUB-26	Fomentar el diseño integral de las cabañas rurales acorde con el paisaje de la región.	
SUB-27	Promover que el diseño de las cabañas rurales considere sistemas de captación y almacenaje de agua pluvial.	
COMERCIAL		
SUB-28	El desmonte máximo permitido para la presencia de establecimientos comerciales no deberá ser mayor al 5% de la longitud total del frente carretero en esta UGA. Esto para evitar afectaciones al paisaje en esta franja.	El proyecto no trata de la construcción de establecimientos comerciales, por lo tanto, el criterio no es vinculante con el proyecto.
SUB-29	La superficie máxima de desmonte será del 25 % del total de la UGA, debiendo observar la equidad y proporcionalidad de la misma para cada predio, así como la dotación de equipamiento, áreas verdes e infraestructura dentro del mismo porcentaje de desmonte. La vegetación	De acuerdo con la ficha de la UGA 11, el % de desmonte es del 25%; no obstante, el promovente solicita la autorización de CUSTF de 20.5351 ha, esto de debido a las estimaciones de material que se necesitan

	restante deberá ubicarse preferentemente a lo largo del perímetro del predio en condiciones naturales y no podrá ser intervenida en futuras ampliaciones.	explotar. Por lo tanto, **el 68.09% del mismo predio, no será intervenido y será conservado.** **Asimismo, se aplicará el Programa de Rescate y reubicación de flora y preferentemente serán reubicadas las especies en el área de conservación.**
SUB-30	El uso de suelo comercial fuera de los centros de población sólo se otorgará a predios que colinden con carreteras principales y deberán ubicarse atrás del derecho de vía	El proyecto no trata de la construcción de establecimientos comerciales, por lo tanto, el criterio no es vinculante con el proyecto
Equipamiento de Desarrollo Suburbano		
SUB-31	En asentamientos humanos y/o fraccionamientos campestres menores a 50 viviendas, los proyectos deberán contar con sistemas adecuados para el tratamiento de aguas residuales generadas.	El proyecto no trata de la construcción de asentamientos humanos como fraccionamientos campestres menores, por lo tanto, el criterio no es vinculante con el proyecto
SUB-32	En asentamientos humanos y/o fraccionamientos campestres a partir de 50 viviendas, se deberá instalar una red de alcantarillado y su planta de tratamiento de aguas residuales con la capacidad suficiente que garantice el tratamiento adecuado de la totalidad de las aguas residuales generadas; o bien, diseñar un proyecto para la recolección de las aguar residuales generadas, así como de su tratamiento, el cual deberá ser validado técnicamente por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del estado de Quintana Roo.	
SUB-33	Los asentamientos humanos y/o las actividades turísticas deberán contar con un programa integral de manejo y aprovechamiento de residuos sólidos y líquidos.	El proyecto no trata de la construcción de asentamientos humanos como actividades turísticas, por lo tanto, el criterio no es vinculante con el proyecto
SUB-34	En donde no exista cobertura por parte de CFE, la generación de energía eléctrica para	No se requiere energía eléctrica para el desarrollo de las actividades, por lo que, el criterio no es vinculante.

	desarrollos deberá ser preferentemente a partir de tipo solar y/o eólica.	
SUB-35	El drenaje doméstico debe ser canalizado a sistemas que no contaminen el suelo y subsuelo, avalados por la autoridad competente y/o el organismo rector del agua. No debe canalizarse a pozos de absorción pluvial.	La zona donde se desarrollará el proyecto no cuenta con drenaje. En el caso de los sanitarios, se contará con baños portátiles a través de una empresa arrendadora, la misma que se encargará del manejo y disposición final de las aguas residuales.
SUB-36	No se deberán ocupar ni cercar las áreas restantes del porcentaje de aprovechamiento por predio.	El área destinada a conservación (68.09 ha) no será ocupada ni cercada, con lo que se dará cumplimiento al criterio.
Particulares de Turismo Alternativo		
TUA-01	Sólo se permite el establecimiento de caminos con anchura máxima de 6 metros. El diseño debe considerar la inclinación mínima necesaria para que el agua drene hacia los costados, permitiendo su infiltración. La superficie que ocupe el camino se restará proporcionalmente a la superficie de aprovechamiento permitida para cada predio que atraviese.	
TUA-02	Las obras y actividades para la prestación de servicios turísticos y recreativos que requieran superficie de desmonte, se deben ubicar de manera preferencial en áreas con vegetación herbácea y arbustiva de selva (acahuales).	
Ecoturismo		
TUA-05	La superficie máxima de desmonte para la actividad ecoturística no podrá exceder del 10 % del predio en donde se realizará el desplante de las instalaciones, circulaciones, áreas verdes y cualquier otra obra o servicio relativo al uso permitido. La	El proyecto no trata de la construcción de actividad turística, por lo que, el criterio no es vinculante con el proyecto.

	superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales.	
TUA-06	En los predios que se desarrolle la prestación de servicios turísticos y recreativos, se debe destinar cuando menos el 90 % de la superficie total del predio o del conjunto de predios, a usos pasivos de área natural y manteniendo la cobertura vegetal original de selva.	
TUA-07	En el desarrollo de actividades ecoturísticas (recorridos, circuitos y paseos) dentro de las áreas con vegetación con buen estado de conservación se deben utilizar vehículos no motorizados o en su caso vehículos eléctricos o propulsados por energías alternativas, quedando excluidos los motorizados que empleen hidrocarburos.	
TUA-08	Previo al aclareo que se permite en la franja perimetral de protección de los cenotes y accesos a cuevas se deberá realizar el rescate de los árboles con diámetros menores o iguales a 10 cm de diámetro a la altura de 1.30 m, mismos que se estabilizarán en un vivero provisional y posteriormente se reintroducirán dentro de la franja de protección.	En el predio no existen cenotes y/o cuevas, por lo que el criterio no es vinculante.
TUA-09	En selvas bajas y zonas inundables sólo se permite la instalación de infraestructura de apoyo tales como senderos de interpretación de la naturaleza, miradores y torres para observación de aves y afines.	La vegetación del predio corresponde a vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia, y no es selva baja o zona inundable, por lo que, no es vinculante el criterio con el proyecto.
TUA-10	En las porciones de terreno cubiertos con vegetación inundable, sólo se permite la instalación de infraestructura de apoyo de manera temporal cuando se construyan sobre pilotes y de preferencia con materiales biodegradables o madera dura de la región que provenga de sitios autorizados.	

TUA-11	Las actividades turísticas que se promuevan en cuerpos de agua (cenotes, cuevas inundadas o secas, cavernas o rejolladas), deberán sustentarse en un programa de manejo que determine la intensidad de aprovechamiento sustentable, el límite de cambio aceptable en el sitio y un programa de Protección Civil. Estos estudios se deberán presentar junto con el estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto o actividad, a fin de obtener su autorización.	El proyecto no corresponde a actividades turísticas. En el predio no existen cenotes y/o cuevas, por lo que el criterio no es vinculante.
TUA-12	En el aprovechamiento de los cuerpos de agua (cenotes, cuevas inundadas o lagunas) y otras formaciones cársticas (cuevas secas, rejolladas o chuntunes) sólo se permite el establecimiento de estructuras de acceso ligeras y de tipo temporal, realizadas con materiales típicos de la región	
TUA-13	Los desarrollos de ecoturismo deben contemplar la presencia de al menos un sanitario por cada 10 personas, conectado a un biodigestor, y su mantenimiento debe considerar el composteo en fosas impermeabilizadas, para evitar infiltraciones al manto freático	El proyecto no trata de desarrollo turístico, por lo que el criterio no es vinculante con el proyecto.
Hospedaje		
TUA-15	La superficie máxima de desmonte para la actividad de hospedaje y alimentación no podrá exceder del 25 % del predio en donde se realizará el desplante de las instalaciones, circulaciones, áreas verdes y cualquier otra obra o servicio relativo al uso compatible. La superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales.	El proyecto no trata de actividades de hospedaje y/o alimentación, por lo que, el criterio no es vinculante con el criterio.
TUA-16	En los predios que se desarrolle la prestación de servicios turísticos y recreativos, se debe destinar cuando menos el 75 % de la superficie total del predio o del conjunto de predios, a usos	El proyecto no trata de servicios turísticos, por lo que el criterio no es vinculante con el proyecto.

	pasivos de área natural y manteniendo la cobertura vegetal original de selva.	
TUA 18	Se podrá intervenir el territorio con una densidad de hasta 2 cabañas ecoturísticas por hectárea, hasta un máximo de 5,000 cabañas en toda la UGA.	El proyecto no trata de la construcción de cabañas ecoturísticas, por lo que, el criterio no es vinculante con el proyecto.
TUA-19	La altura máxima para las cabañas ecoturísticas será de 2 niveles o 5 metros para la edificación principal, y de hasta 7 metros en caso de techos de palma y/o zacate.	
TUA-20	En hoteles ecoturísticos, las vialidades interiores y de acceso, así como cercas, bardas y muros perimetrales deberán contar con elementos y sistemas de protección que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre entre las zonas de conservación y áreas naturales.	El proyecto no trata de la construcción de hoteles ecoturísticos, por lo que el criterio no es vinculante con el proyecto.
TUA-21	En los hoteles ecoturísticos y recreativos deben contar con sistemas eficientes para el uso del agua, la captación de agua pluvial, el tratamiento de aguas residuales y el manejo de residuos sólidos, así como con sistemas de generación de energía alternativa.	
TUA-22	Los desarrollos de turismo alternativo que contemplen la construcción de cabañas deberán instalar biodigestores que cumplan con la normatividad vigente, para la disposición y tratamiento primario y secundario de las aguas residuales. El efluente del biodigestor y su disposición final también deberá cumplir lo establecido en la normatividad vigente.	
TUA-23	Los proyectos turísticos deberán presentar un reporte semestral ante la autoridad correspondiente, turnando una copia a la SEMA y DGE para la inclusión de los resultados en la Bitácora Ambiental, que indique el volumen de agua tratado, tipo y	El proyecto no trata de la construcción de actividades turísticas, por lo que el criterio no es vinculante con el proyecto.

	características de los lodos y otros residuos generados, tratamiento aplicado a los lodos, resultados del análisis CRETIB y sitio o forma de disposición final	
TUA- 24	La construcción de cabañas ecoturísticas considerará lo establecido en la Norma Mexicana NMXAA-133-SCFI-2006 y/o en el reglamento de la Ley de Turismo del estado de Quintana Roo.	El proyecto no trata de la construcción de cabañas ecoturísticas, por lo que, el criterio no es vinculante con el proyecto.
Parque temático		
TUA-26	En los proyectos de parques temáticos, la superficie máxima de desmonte no podrá exceder del 25 % del predio en donde se realizará el desplante de las edificaciones, obra exterior, circulaciones, áreas verdes y cualquier otra obra o servicio relativo al uso permitido. La superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales.	El proyecto no trata de la construcción de parques temáticos, por lo que, el criterio no es vinculante con el proyecto.
TUA-27	En los parques temáticos, las vialidades interiores y de acceso, así como cercas, bardas y muros perimetrales deberán contar con elementos y sistemas de protección que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre entre las zonas de conservación y áreas naturales.	
TUA-28	Los parques temáticos deben contar con sistemas eficientes para el uso del agua, la captación de agua pluvial, el tratamiento de aguas residuales y el manejo de residuos sólidos, así como con sistemas de generación de energía alternativa con la autorización correspondiente.	
Aprovechamiento forestal maderable		
FOR-02	En los predios y/o parcelas en los que se considere la actividad de aprovechamiento forestal maderable, se podrá desmontar hasta el 10% de la extensión del predio para la infraestructura asociada como	El proyecto no trata del aprovechamiento forestal maderable, por lo que el criterio no es vinculante.

	caminos forestales, bacadillas y zonas de maniobra.	
FOR-03	El aprovechamiento forestal maderable debe ser menor al 70% del volumen aprovechable distribuido conforme al valor de importancia relativa de cada una de las especies, dentro del área forestal permanente.	
FOR-04	El aprovechamiento de recursos forestales maderables deberá llevarse a cabo de manera preferencial en los rodales de selva mediana subperennifolia con mayor volumen aprovechable.	
FOR-05	Las áreas bajo manejo forestal deben garantizar la permanencia de corredores faunísticos, dentro de su área forestal permanente.	El proyecto no trata del aprovechamiento forestal maderable, por lo que el criterio no es vinculante.
FOR-06	Con la finalidad de conservar la diversidad genética de las poblaciones forestales, en las áreas forestales permanentes se deben mantener árboles con características de "arboles padre" que proporcionen el germoplasma para la recuperación de las áreas de corta	El criterio será tomado en cuenta para la restauración de vegetación. Se reportará en el Programa de Rescate y Reubicación de Flora.
FOR-07	Se permite la colecta de germoplasma dentro del área forestal permanente para labores de reforestación de las especies forestales aprovechadas.	El proyecto no trata del aprovechamiento forestal maderable, por lo que el criterio no es vinculante.
FOR-08	En las áreas forestales permanentes, sólo se permite el establecimiento de caminos permeables y con anchura máxima de 5 m. La superficie que ocupe el camino se restará proporcionalmente a la superficie de aprovechamiento permitida para cada predio que atraviese.	El proyecto no prevé el establecimiento de caminos, por lo que el criterio no es vinculante.
FOR-09	En las áreas previamente afectadas que se encuentren dentro de las zonas de conservación, se deberá realizar un programa de reforestación con especies nativas que considere por lo menos 700	Se evaluará el área de conservación (68.09% del predio) para determinar si existen zonas afectadas. En caso de encontrarlas se realizará

	árboles o palmas por hectárea. Se deberá garantizar al menos el 60% de sobrevivencia.	la reforestación que se señala en el criterio FOR-09.
Plantaciones forestales comerciales		
FOR-11	En los predios y/o parcelas en los que se considere la actividad de plantaciones forestales comerciales, se podrá desmontar hasta el 10% de los mismos, incluyendo la infraestructura asociada y caminos forestales, entre otros. La vegetación restante deberá ubicarse preferentemente a lo largo del perímetro del predio.	El proyecto no trata de plantaciones forestales comerciales, por lo que el criterio no es vinculante.
FOR-12	Sólo se permite el establecimiento de plantaciones forestales comerciales de especies forestales nativas en terrenos con vegetación secundaria arbustiva, herbácea y en terrenos agropecuarios.	
FOR-13	No se permite el establecimiento de plantaciones forestales comerciales en monocultivos ni de especies exóticas e invasoras en terrenos forestales.	
Aprovechamiento de recursos forestales no maderables		
FOR-14	En los predios y/o parcelas en los que se considere la actividad de aprovechamiento forestal no maderable, se podrá desmontar hasta el 5% de la extensión del predio o parcela, incluyendo la infraestructura asociada y caminos forestales, entre otros.	El proyecto no trata de aprovechamiento de recursos forestales no maderables, por lo que el criterio no es vinculante con el proyecto.
FOR-15	El aprovechamiento de chicle, hoja de huano, bejucos, orquídeas y/o partes de plantas silvestres únicamente puede realizarse bajo un programa de manejo forestal autorizado.	
FOR-16	Los aprovechamientos de recursos forestales no maderables que contemplen la extracción de plantas deben incluir la producción en vivero de las especies aprovechadas a partir de germoplasma	

	colectado en la zona. Las plantas producidas constituirán el material de restauración y reforestación dentro de la superficie aprovechada.	
Silvicultura		
FOR-18	En los predios y/o parcelas en los que se considere la actividad de aprovechamiento forestal no maderable, se podrá desmontar hasta el 5% de la extensión del predio o parcela, incluyendo la infraestructura asociada y caminos forestales, entre otros;	El proyecto no trata de aprovechamiento de recursos forestales no maderables, por lo que el criterio no es vinculante con el proyecto.
FOR-19	Con la finalidad de conservar la diversidad genética de las poblaciones forestales, las áreas de fomento forestal deben incluir el enriquecimiento de acahuales, las podas y cortas para el favorecimiento de las especies forestales promisorias y promover el repoblamiento a partir de germoplasma seleccionado, como parte de un manejo integral de un sistema silvícola.	
UMAs Modalidad Intensiva y/o Predios o Instalaciones que manejan Vida Silvestre o PIMVS.		
FOR-22	En los predios y/o parcelas en los que se considere la actividad de UMAS de manejo intensivo o PIMVS, se podrá desmontar hasta el 10% de la extensión del predio o parcela, incluyendo la infraestructura asociada y caminos, entre otros	El proyecto no trata de actividades de UMAS de manejo intensivo o PIMVS, por lo que el criterio no es vinculante con el proyecto.
FOR-23	Se permite la instalación de viveros para la producción y comercialización de plantas nativas de ornato	
FOR-24	En el manejo de las UMAs de uso intensivo se deberá contar con un programa integral de manejo de residuos avalado por la Autoridad competente, así como un sistema de tratamiento de aguas residuales eficiente bajo los términos de la normatividad aplicable.	
FOR-25	En el diseño de las UMAs se debe priorizar la agrupación de las instalaciones con el fin	

	de favorecer la continuidad de las áreas naturales.	
FOR-26	En las UMAs intensivas, las aguas residuales, deberán cumplir con la normatividad aplicable para su reutilización o disposición fuera de la zona de generación.	
FOR-27	El porcentaje de los organismos considerados para la repoblación de especies será determinado por la autoridad competente, debiendo ser de al menos 5% de su producción total.	
UMAs Modalidad Vida Libre		
FOR-28	En las UMAs, el aprovechamiento de vida silvestre debe considerar en compensación, la repoblación de especies nativas cuyas poblaciones naturales se hayan visto afectadas por fenómenos meteorológicos, incendios o actividades humanas.	El proyecto no trata de UMAS de aprovechamiento de vida silvestre, por lo que, el criterio no es vinculante con el proyecto.
FOR-29	En los predios y/o parcelas en los que se pretenda realizar la actividad de UMAS de manejo en vida libre, se podrá desmontar hasta el 5% de su extensión, incluyendo la infraestructura asociada y caminos, entre otros; y debiendo mantener restringidas sus actividades dentro de una superficie del 60 % del total del predio con la vegetación original presente.	
Particulares agrícolas		
AGR-02	Las actividades agropecuarias quedan restringidas a las áreas actualmente utilizadas para este fin, y se promueve su reconversión a sistemas agroforestales, cultivos agroecológicos, así como a la creación de Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMAS).	El proyecto no trata de actividades agrícolas, por lo que, el criterio no es vinculante con el proyecto.

AGR-03	Para evitar contaminación al suelo, subsuelo y manto freático, no se permite el uso de fertilizantes y pesticidas químicos.	El proyecto no prevé el uso de fertilizantes ni pesticidas químicos.
Agrícola		
AGR-04	Se prohíbe la realización de actividades agrícolas.	El proyecto no trata de actividades agrícolas, por lo que el criterio no es vinculante.
Agricultura intensiva		
AGR-08	Se prohíbe la actividad de agricultura intensiva, incluyendo invernaderos, viveros y similares.	El proyecto no trata de actividades agrícolas, por lo que el criterio no es vinculante.
Agricultura de temporal		
AGR-13	Se prohíbe la actividad de agricultura de temporal.	El proyecto no trata de actividades agrícolas, por lo que el criterio no es vinculante.
Agroforestal		
AGR-19	Se prohíbe la realización de actividades agroforestales.	El proyecto no trata de actividades agroforestales, por lo que el criterio no es vinculante.
Producción orgánica		
AGR-25	Se prohíbe la actividad de producción orgánica.	El proyecto no trata de actividades de producción orgánica, por lo que el criterio no es vinculante.
Pecuaria		
AGR-30	No se permite el desarrollo de ganadería.	El proyecto no trata de actividades ganaderas, por lo que el criterio no es vinculante.
AGR-38	Se permite la actividad apícola.	El proyecto no trata de actividades apícolas, por lo que el criterio no es vinculante.
Porcicultura y avicultura		
AGR-40	Se prohíbe la actividad de porcicultura y avicultura.	El proyecto no trata de actividades porcícolas o avícolas, por lo que el criterio no es vinculante.

Acuicultura		
AGR-47	Sólo se permite el desmonte de hasta el 15% de la extensión del predio o parcela para la realización de la acuacultura, incluyendo el establecimiento de infraestructura asociada.	El proyecto no trata de actividades acuícolas, por lo que el criterio no es vinculante.
AGR-48	Se permite la acuacultura cuando: a) La actividad se realice en sistemas cerrados (estanques). b) Los estanques de crecimiento cuenten con un sistema cerrado que evite la fuga de larvas o alevines hacia cuerpos naturales de agua o al acuífero c) Se garantice el tratamiento de las aguas residuales d) Cuente con una fuente de abastecimiento de agua distinta a rejolladas y dolinas y sea previamente autorizada por la Comisión Nacional del Agua.	
AGR-49	Las especies que pretendan utilizarse para acuacultura deberán provenir de centros piscícolas autorizados por la Comisión Nacional de Pesca (CONAPESCA) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA)	
AGR-50	No se podrán realizar actividades de acuacultura a una distancia menor a 500 metros de cuerpos de agua, rejolladas inundables y cenotes.	
Agroindustrial		
AGR-51	No se permite la actividad agroindustrial.	El proyecto no trata de actividad agroindustrial, por lo que el criterio no es vinculante.
Criterios ecológicos para el aprovechamiento del agua		
APA-03	Sólo se permite el aprovechamiento del 15% de la extensión del predio o parcela, para el establecimiento de pozos de extracción para consumo humano de uso público previa autorización de la autoridad competente misma que debe incluir la	El proyecto no prevé el aprovechamiento o establecimiento de pozos de agua, por lo que el criterio no es vinculante.

	construcción de la infraestructura asociada. La vegetación restante deberá ubicarse preferentemente a lo largo del perímetro del predio.	
APA-05	Se permite la instalación de infraestructura asociada a la extracción, conducción, rebombeo, potabilización y distribución del agua para consumo dentro de los centros de población, siempre y cuando se cuente con la autorización y/o visto bueno de las autoridades competentes en la	
APA-06	El uso del agua deberá incorporar de manera equitativa los costos de su tratamiento, considerando la afectación a la calidad del recurso y la cantidad que se utilice.	
APA-07	Las nuevas líneas de conducción y distribución de agua potable, así como su infraestructura asociada, deberán ubicarse preferentemente paralelas a los caminos existentes para evitar la fragmentación de hábitats.	
APA-09	Los pozos privados deberán tomar en consideración los lineamientos establecidos en la normatividad vigente, donde se establecen los requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua, para prevenir la contaminación del acuífero.	
Criterios ecológicos para la conservación del agua		
COA-01	Todas las actividades productivas que se realicen dentro de un radio de 3 km alrededor de los pozos de uso públicos de extracción de agua para consumo humano para los centros de población deberán contar con programas autorizados para el manejo y correcta disposición de los residuos, tanto sólidos como líquidos que se generen.	No existen pozos en un radio de 3 km a la parcela 1181-Z2-P1, por lo que el criterio no es vinculante.

COA-02	En la zona comprendida dentro de un radio de 2 km de los pozos de extracción de agua, no se permitirá la instalación de plantas de tratamiento ni la descarga de aguas residuales tratadas. Solo se permitirá la instalación de sistemas de tratamiento adecuados que cumplan con la normatividad vigente en la materia.	No prevé la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales ni de descargas de aguas residuales tratadas, por lo que el criterio no es vinculante.
COA-03	Los pozos de absorción del drenaje pluvial deben recibir mantenimiento permanente para desazolvarlos y eliminar los residuos que obstruyen el flujo de agua.	El proyecto no prevé la instalación de pozos de absorción del drenaje pluvial, por lo que el criterio no es vinculante con el proyecto.
COA-04	En los predios en los que no exista servicio de drenaje municipal, el proyecto autorizado debe incluir infraestructura para el tratamiento secundario de sus aguas residuales conforme a la normatividad vigente en la materia.	La zona donde se desarrollará el proyecto no cuenta con drenaje. En el caso de los sanitarios, se contará con baños portátiles a través de una empresa arrendadora, la misma que se encargará del manejo y disposición final de las aguas residuales.
COA-05	Los lodos derivados del tratamiento de biodigestores deberán ser sometidos a tratamientos de composteo y estabilización en sitios impermeables dentro del predio implementando paquetes tecnológicos adecuados a cada proyecto.	El proyecto no trata de la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales, por lo que el criterio no es vinculante con el proyecto.
COA-06	Las plantas de tratamiento de aguas residuales deberán tener una franja perimetral arbórea de al menos 15 metros, para evitar la dispersión de olores.	
COA-07	No se permite la pavimentación de caminos nuevos, ni de brecha ya existentes.	No se prevé la pavimentación de caminos nuevos ni brechas existentes, por lo que el criterio no es vinculante con el proyecto.
COA-08	En zonas inundables, se permite la apertura de accesos e infraestructura de apoyo a la investigación de los recursos naturales, siempre y cuando no represente obstáculo para el libre flujo del agua superficial, se limite a la superficie de aprovechamiento autorizada y haya sido considerada dentro del proyecto.	La parcela 1181-Z2-P1 no se encuentra en una zona inundable, por lo que el criterio no es vinculante.

COA-09	En zonas inundables, sólo se permite la apertura de senderos e infraestructura de soporte para la movilidad y funcionamiento de las actividades productivas, mientras no represente obstáculos para el libre flujo del agua superficial.	
COA-10	Para recuperar la cobertura arbórea deben priorizarse acciones de reforestación y rehabilitación de la capa del suelo que favorezcan la regeneración.	Se priorizará la reforestación y rehabilitación del suelo para favorecer la regeneración de la selva mediana subperennifolia.
Criterios ecológicos para la conservación de la biodiversidad		
COB-01	En las áreas destinadas para el pago de los servicios ambientales, las modificaciones antropogénicas de las condiciones de la vegetación presente con fines de protección, no deberán exceder un 2 % de la superficie del área que se pretenda proteger	El predio del proyecto no es un área destinada para el pago de servicios ambientales, por lo que el criterio no es vinculante al proyecto.
COB-02	Las Áreas Protegidas privadas y/o comunales deberán contar con límites físicos definidos con mojoneras y letreros que señalen las actividades y/o restricciones aplicables.	El predio del proyecto no es un área destinada para Área protegida privada, por lo que el criterio no es vinculante al proyecto.
COB-03	Las Áreas Protegidas privadas y/o comunales deberán establecer acciones tendientes a la difusión y educación ambiental respecto de sus objetivos y alcances, así como de los ecosistemas que se conservan.	
COB-04	Los ecosistemas inundables importantes por su función ecológica como sitios de alimentación y abrevadero de diversas especies de fauna (selvas bajas, tulares, tintales, sabanas, entre otros), deberán ser incluidos como áreas de conservación y no podrán ser considerados en la superficie de desplante del proyecto.	El proyecto no se encuentra en una zona inundable, por lo que el criterio no es vinculante con el proyecto.

COB-05	Los caminos y carreteras deberán contar con pasos de agua con la infraestructura necesaria, basada en estudios hidrológicos que asegure el libre flujo, debiendo mantener la dinámica hídrica del ecosistema; asegurando también la preservación de la estructura, composición y función de las comunidades de flora y fauna, así como el libre desplazamiento de la fauna propia del ecosistema.	El proyecto no trata de caminos y carreteras, por lo que el criterio no es vinculante con el proyecto.
COB-06	La restauración de la cobertura vegetal debe realizarse utilizando únicamente especies propias del tipo de ecosistema original preexistente en el área y preferentemente las de mayor relevancia ecológica, con una densidad mínima de 1500 árboles por hectárea.	En el capítulo VI se presentan las especies que se utilizarán para la restauración de la cobertura vegetal, con la finalidad de conservar la biodiversidad del ecosistema. Las especies son propias de selva mediana subperennifolia, con lo cual son del ecosistema original, asimismo se considerará la densidad mínima establecida en el presente criterio.
COB-07	En las áreas de conservación los usos que pretendan aplicarse deberán asegurar la composición y estructura presente y futura de las poblaciones que integran los tipos de vegetación de esta unidad de gestión.	El área de conservación se asegurará que se mantenga la composición y estructura natural del ecosistema con la finalidad de preservar la vegetación.
COB-08	Los caminos de acceso para el retiro de material combustible (necromasa leñosa), así como las bacadillas y brechas de arrastre deberán inhabilitarse una vez que finalice la extracción de la madera.	No se prevé el aprovechamiento maderable para material combustible, por lo que no es vinculante el criterio con el proyecto.
COB-09	Para prevenir incendios forestales y proteger las áreas con vegetación en buen estado de conservación, en las guardarrayas que se lleven a cabo tanto por el sector público, social y privado se deben diseñar y establecer barreras naturales mediante el uso de especies nativas perennifolias y suculentas, así como el retiro del material combustible y la eliminación de individuos de especies dispersoras del fuego.	En las guardarrayas se llevarán a cabo barreras naturales mediante el uso de especies nativas perennifolias y suculentas, así como el retiro del material combustible y la eliminación de individuos de especies dispersoras del fuego.
COB-10	Para prevenir incendios forestales y proteger las áreas con vegetación en buen	

	estado de conservación, el retiro de material combustible (necromasa leñosa) podrá realizarse. Previa autorización emitida por la autoridad competente en la materia.	
Criterios ecológicos de aplicación para infraestructura		
INF-05	En las instalaciones de infraestructura y tendido eléctrico de la CFE deberán llevarse a cabo prácticas para prevenir la afectación a la fauna.	El proyecto no trata de la instalación de infraestructura o tendido eléctrico, por lo que el criterio no es vinculante con el proyecto.
INF-06	Se deberá considerar dentro de las instalaciones y tendido eléctrico de alta tensión, la implementación de obras y medidas para prevención de contingencias y afectaciones al patrimonio urbano y ambiental.	
INF-07	En las obras e instalaciones de almacenamiento, tratamiento, venta y conducción de hidrocarburos y sus derivados, se deberán llevar a cabo las medidas y obras necesarias para prevenir la lixiviación de posibles fugas al acuífero.	En el capítulo VII se establecen las medidas preventivas necesarias para evitar la lixiviación de fugas al acuífero.
INF-08	Se deberá considerar dentro de las obras e instalaciones de almacenamiento, tratamiento, venta y conducción de hidrocarburos y sus derivados, la implementación de obras y medidas para prevención de contingencias y afectaciones al patrimonio urbano y ambiental.	
INF-09	Todas las obras e instalaciones de almacenamiento, tratamiento, venta y conducción de hidrocarburos y sus derivados deberán establecerse a una distancia mínima de 500 metros de los asentamientos humanos.	El proyecto no trata de obras, instalaciones de tratamiento, venta y conducción de hidrocarburos, por lo que el criterio no es vinculante con el proyecto.
INF-10	Todas las obras e instalaciones de almacenamiento, tratamiento, venta y conducción de hidrocarburos y sus derivados deberán establecerse a una distancia mínima de 500 metros de	

	cuerpos de agua, pozos de extracción de agua, pozos de absorción de aguas y ANPs.	
INF-11	En los proyectos de carreteras, autopistas y vías férreas, deberán implementarse pasos de fauna mayor (pasos elevados), con base en un estudio previo que las identifique, esto con el fin de propiciar la conectividad ecosistémica. En las proximidades de estos pasos deberá existir la señalización correspondiente.	El proyecto no prevé carreteras, autopistas o vías férreas, por lo que el criterio no es vinculante con el proyecto.

III.4 Áreas Naturales Protegidas

El Área Natural Protegida más cercana al predio del proyecto es el Área Natural Protegida, con el carácter de parque nacional, la región denominada Arrecife de Puerto Morelos, en el Estado de Quintana Roo, con una superficie total de 9,066-63-11 hectáreas, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 02 de febrero de 1998, Cabe señalar que el límite del Polígono de Parque se encuentra mar adentro y en este sitio, el proyecto se ubica en la zona continental de Puerto Morelos.

III.5 Normas Oficiales

Tabla 4. Vinculación con las principales normas aplicables.

NORMA OFICIAL MEXICANA	VINCULACIÓN
NOM-041-SEMARNAT-2006 Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación.	Se prevé la generación de emisiones a la atmosfera durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación, no obstante, se aplicarán medidas de prevención como los mantenimientos de maquinaria, equipo y vehículos fuera del sitio, revisiones periódicas a los anteriores para que su funcionamiento se apegue a la normativa aplicable, el humedecimiento de las áreas con suelo expuesto, así como el equipamiento de lonas en vehículos que transporten materiales.
NOM-042-SEMARNAT-2010 Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxidos de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y Diesel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos.	

NORMA OFICIAL MEXICANA	VINCULACIÓN
NOM-044-SEMARNAT-2006 Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan Diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos, así como para unidades nuevas con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipadas con este tipo de motores.	
NOM-045-SEMARNAT-2006 Protección Ambiental. Vehículos en circulación que usan Diesel como combustible. Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba u características técnicas del equipo de medición.	Se prevé la generación de emisiones a la atmósfera durante las etapas de preparación del sitio, construcción, y operación, no obstante, se aplicarán medidas de prevención como los mantenimientos de vehículos fuera del sitio, revisiones periódicas de maquinaria y equipo para que su funcionamiento se apegue a la normativa aplicable, el humedecimiento de las áreas con suelo expuesto, así como el equipamiento de lonas en vehículos que transporten materiales de construcción.
NOM-048-SEMARNAT-1993 Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono y humo, provenientes del escape de las motocicletas en circulación que utilizan gasolina o mezcla de gasolina-aceite como combustible.	
NOM-053-SEMARNAT-1993 Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	Se establecerán las rutas de generación, almacenamiento y destino final de Residuos peligrosos, la cual se hará mediante la recolección con empresas contratistas autorizadas por SEMARNAT, también se implementará el uso de bitácoras ambientales, también el personal recibirá capacitación constante sobre la clasificación y almacenamiento.
NOM-054-SEMARNAT-1993 Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial NOM-052-ECOL-1993.	
NOM-161-SEMARNAT-2011	

NORMA OFICIAL MEXICANA	VINCULACIÓN
Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuales están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.	
NOM-080-SEMARNAT-1994 Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.	La maquinaría que se utilizará cumplirá con los límites máximos permisibles de emisión sonora y las actividades serán realizadas en horario diurno, a efecto de no generar ruido que provoque alteraciones en la fauna y población humana en general.
NOM-081-SENARNAT-1994 Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	
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.	Dentro del predio se encontraron especies enlistadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010**; debido a lo anterior, se aplicarán Programas Ambientales enfocados en la protección de dichas especies, tales como el Programa de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna, Programa de Vigilancia Ambiental.

III.6 Regiones Prioritarias CONABIO

III.6.1 Región Marina Prioritaria 63

La Región Marina Prioritaria número 63 denominada "Punta Maroma-Punta Nizuc" tiene una extensión de 1,005 km^2 y dentro de su problemática detectada se encuentra la modificación del entorno por tala de manglar, relleno de áreas inundables, remoción de pastos marinos, construcción sobre bocas, modificación de barreras naturales. Daño al ambiente por embarcaciones pesqueras, mercantes y turísticas. Blanqueamiento de corales. Contaminación por descargas urbanas y falta de condiciones de salubridad. Presión sobre peces (boquinete) y langostas. Así como la presencia de especies introducidas de *Cassuarina spp* y *Columbrina spp*.

Al respecto el proyecto se ubica fuera del área marina por lo que no incrementa la problemática relacionada con los componentes de dicha zona (pastos marinos, arrecifes, dragados, muelles, embarcaciones, etc.). En cuanto a la contaminación por descargas urbanas y falta de condiciones de salubridad, se tiene que, si bien como parte del proyecto se generarán residuos sólidos y líquidos, estos se dispondrán a través de los sistemas de limpia municipal y de drenaje, respectivamente.

III.6.2 Región hidrológica prioritaria 105

La Región Hidrológica Prioritaria número 105 denominada "Corredor Cancún-Tulum" está conformada por las lagunas de Chakmochuk y Nichupté, cenotes, estuarios, humedales y aguas subterráneas. Dentro de la problemática asociada se tiene la perturbación por complejos turísticos, obras de ingeniería para corredores turísticos, desforestación, modificación de la vegetación (tala de manglar) y de barreras naturales, relleno de áreas inundables y formación de canales. Contaminación por generación de aguas residuales y desechos sólidos; así como la pesca ilegal en la laguna de Chakmochuk y plantaciones de coco Cocos nucifera tasiste. En cuanto a la problemática por el uso de recursos, el proyecto no la incrementa, ya que no se aprovecha ningún tipo de especies y la zona costera no es apta para la anidación de tortugas. En cuanto a la problemática por contaminación, los residuos sólidos y líquidos se dispondrán a través de los sistemas de limpia municipal y de drenaje, respectivamente.

CAPÍTULO IV:

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN

ÍNDICE DE CONTENIDO

IV.DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN 8
IV.1. Delimitación del área de estudio donde pretende establecerse el proyecto 8
IV. 1.2 Justificación de la delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR) 8
IV.2. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SAR 11
IV.2.1 Medio abiótico 11
IV.2.1.1 Clima 11
IV.2.1.2 Vientos 12
IV.2.1.3 Fenómenos meteorológicos 14
IV.2.1.4 Unidades de relieve 15
IV.2.1.5 Geología 17
IV.2.1.6 Edafología 18
IV.2.1.7 Hidrología superficial 18
IV.2.1.8 Hidrología subterránea 20
IV.2.2 Medio biótico 24
IV.2.2.1 Vegetación del SAR 24
IV.2.2.2 Caracterización y composición de la vegetación del predio/área de cambios de uso de suelo en terrenos forestales 56
IV.2.2.3 Caracterización de la fauna en el SAR 81
IV.2.2.4 Caracterización de la fauna en el predio/Área de CUSTF 91
IV.2.2.5 Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 99
IV.2.3 Medio socioeconómico 100
IV.2.3.1 Población 100
IV.2.3.2 Lenguas indígenas 101
IV.2.3.3. Procesos migratorios 101
IV.2.3.4 Población económicamente activa (PEA) 103
IV.2.3.5 Ingresos de la población 103
IV.2.3.6 Educación 103
IV.2.3.7 Desigualdad 105
IV.2.3.8 Salud 105
IV.2.3.9 Calidad de vida 106

IV.2.4 Paisaje 107
IV.2.4.1 Análisis de la visibilidad 107
IV.2.4.2 Calidad visual del paisaje 108
IV.2.4.3 Fragilidad 110
IV.3 Servicios ambientales que pudieran ponerse en riesgo por el cambio del uso del suelo propuesto 111
IV.3.1 Regulación química atmosférica (captura de carbono, de contaminantes y generación de oxígeno) 111
IV.3.2 Provisión de agua en cantidad 122
IV.3.3 Protección y recuperación del suelo 127
IV.3.4 Protección a la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida 131
IV.3.5 Amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales 136
IV.3.6 Modulación o regulación climática 137
IV.3.7 Análisis del grado de afectación cualitativa 140
IV.4 Diagnostico ambiental 142

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de las regiones y cuencas hidrológicas en el Estado de Quintana Roo. Fuente: INEGI, Código de cuencas y subcuencas de las regiones 31, 32 y 33. 9
Figura 2. Delimitación del Sistema Ambiental Regional. 10
Figura 3. Climograma: marcha anual de los promedios medios mensuales de temperatura y precipitación. Fuente: elaboración propia. 11
Figura 4. Dirección de los vientos. 12
Figura 5. Clima del SAR. 13
Figura 6. Clasificación geológica de la Península de Yucatán, se observa la altura que va del nivel del mar a la sierrita de Ticul a los 120 msnm y al sur de campeche alcanza los 250 msnm. (Figura tomada de García y Graniel, 2010) 16
Figura 7. Mapa geológico simplificado de la zona de estudio en Puerto Morelos. (Imagen tomada de Ortiz, et.al. 2016). 17
Figura 8. Región Hidrológica RH-32A. El predio se ubica en la subcuenca a 19
Figura 9. Curvas de equipotenciales para los pozos someros nivelados en Puerto Morelos. (Imagen tomada de González et.al. 2018). 21
Figura 10. Corrientes subterráneas de Puerto Morelos. Imagen tomada de CONANP, 2015 basada en INEGI, 2010). 21

Figura 11. Se observa en el círculo rojo el predio que se ubica a menos de 1 msnm, donde la dirección del flujo subterráneo es de noroeste hacia la zona marina. (Imagen tomada de la presentación de Rebolledo y Hernández, 2011). 22

Figura 12. Calidad del agua. 23

Figura 13. Tipos de Vegetación en el SAR delimitado (fuente: Serie VII INEGI, Escala 1:250,000). 24

Figura 14. Descripción visual de los sitios de muestreo de vegetación dentro del SAR. 27

Figura 15. Levantamiento de la altura de los individuos arbóreos y arbustivos 30

Figura 16. Criterios para el levantamiento del diámetro normal 30

Figura 17. Criterios para la estimación del diámetro mayor y menor de copa 31

Figura 18. Distribución de especies por origen del Sistema Ambiental Regional. 56

Figura 19. Predio del proyecto " Aprovechamiento de roca caliza por debajo del manto freático en la parcela 1181-Z2-P1" donde se observan las coordenadas de los muestreos de vegetación. 57

Figura 20. Riqueza específica por estrato en el área propuesta para el proyecto (CUSTF) 80

Figura 21. Distribución de especies por origen en el área del proyecto 80

Figura 22. Resumen de la Diversidad Faunística en el SAR. 85

Figura 23. Curva de acumulación de especies de vertebrados en el SAR. 86

Figura 24. Mapa donde se ubican lo transectos de muestreo de Fauna Silvestre en la parcela 1181-Z2-P1. 93

Figura 25. Resumen de la Diversidad Faunística en el predio. 96

Figura 26. Curva de acumulación de especies de vertebrados en el predio. 96

Figura 27. Gráfica de población de Quintana Roo y edad desplegada según sexo y relación hombres mujeres. 100

Figura 28. Gráfica de población de Puerto Morelos, Quintana Roo, con edad desplegada según sexo y relación hombres y mujeres. 100

Figura 29. Lenguas indígenas habladas en Puerto Morelos. 101

Figura 30. A) Inmigración a Puerto Morelos según país de origen. B) principales causas de inmigración a Puerto Morelos. 102

Figura 31. Población con lugar de residencia en marzo de 20215 distinto al actual. 102

Figura 32. Evolución población ocupada en Quintana Roo. 103

Figura 33. Niveles de escolaridad de la población de 15 años y más en Puerto Morelos. 104

Figura 34. Distribución de la población analfabeta de Puerto Morelos, 2020. Fuente. Censo de población y vivienda 2020-cuestionario básico. 104

Figura 35. Desigualdad social según GINI en Quintana Roo. 105

Figura 36. Distribución de personas afiliadas a servicios de salud por sexo (2020). 105

Figura 37. Disponibilidad a servicios, TIC y bienes de la población del municipio de Puerto Morelos. 106

Figura 38. Riqueza de plantas vasculares por entidad federativa. 132
Figura 39. Estado de la vegetación en las áreas naturales protegidas federales en México, 2018. 135
Figura 40. Cambios de temperatura en la superficie terrestre. 139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Listado de huracanes que afectaron la Península de Yucatán de 1974-2020. 15
Tabla 2. Características de la cuenca RH-32. 19
Tabla 3. Superficie y cobertura por tipos de vegetación y usos del suelo en el SAR. Fuente: elaboración propia. 24
Tabla 4. Coordenadas UTM WGS84 de los sitios muestreados para el SAR. 26
Tabla 5. Definición de estratos 28
Tabla 6. Especies arbóreas (estrato alto) registradas en el sistema ambiental regional 31
Tabla 7. Índice de Shannon-Wiener en el estrato alto del SAR 34
Tabla 8. Especies vegetales arbustivas (estrato medio) presentes en el sistema ambiental regional 37
Tabla 9. Índice de Shannon-Wiener en el estrato medio del SAR 39
Tabla 10. Especies vegetales herbáceas (estrato bajo) predominantes en el sistema ambiental regional 42
Tabla 11. Índice de Shannon-Wiener en el estrato bajo del SAR 43
Tabla 12. Listado florístico presente en el sistema ambiental regional (SAR). 45
Tabla 13. Coordenadas UTM WGS84 del muestreo para estrato alto, medio y bajo. 57
Tabla 14. Listado de especies registradas en el estrato alto en el área propuesta para el cambio de uso del suelo en terrenos forestales 58
Tabla 15. índice de Shannon-Wiener en el estrato alto del SAR 60
Tabla 16. Listado de las especies registradas en el estrato medio del área propuesta para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales 63
Tabla 17. Índice de Shannon-Wiener en el estrato medio del SAR 65
Tabla 18. Listado de las especies registradas en el estrato bajo del área propuesta para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales 66
Tabla 19. Índice de Shannon-Wiener en el estrato bajo del SAR 68
Tabla 20. Listado florístico presente en el área propuesta para el cambio de uso de suelo (CUSTF). 70
Tabla 21. Coordenadas de Inicio y Final de los transectos establecidos en el Sistema Ambiental Regional 81
Tabla 22. Largo estimado de los transectos establecidos en el Sistema Ambiental Regional. 81

Tabla 23. Inventario de especies registradas en los transectos del Sistema Ambiental de la parcela 1181-Z2-P1 82
Tabla 24. Resumen de la Diversidad Faunística en el SAR. 85
Tabla 25. Listado de aves encontradas en el SAR. 87
Tabla 26. Aves enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, registradas en el SAR. 89
Tabla 27. Mamíferos registrados en el SAR. 89
Tabla 28. Anfibios registrados en el SAR. 90
Tabla 29. Reptiles registrados en el SAR. 91
Tabla 30. Especies de anfibios y reptiles enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. 91
Tabla 31.Coordenadas de inicio (I) y final (F) de los transectos de muestreo de fauna silvestre en la parcela 1181-Z2-P1. 92
Tabla 32. Largo de los cuatro transectos para muestreo de la Fauna silvestre establecidos 92
Tabla 33. Inventario de especies registradas en los transectos en el polígono sujeto a CUSTF en la parcela 1181-Z2-P1. 94
Tabla 34.-Diversidad faunística registrada en el predio. 95
Tabla 35. Listado de aves encontradas en la parcela. 97
Tabla 36. Especies reportadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 registradas en la parcela 1181-Z2-P1. 98
Tabla 37. Mamíferos registrados en la parcela 1181-Z2-P1. 98
Tabla 38. Especies de Reptiles registrados en la parcela 1181-Z2-P1. 99
Tabla 39.Listado de especies encontradas en el SAR y la parcela con categoría de la NOM-059-SEMARNAT 2010 99
Tabla 40. Conceptos fundamentales del paisaje. 107
Tabla 41. Criterios de valoración y puntuación por cada componente. 108
Tabla 42. Criterios con puntuación. 110
Tabla 43.Clasificación del paisaje en base a la valoración realizada. 110
Tabla 44. Retención de biomasa y carbono /ha y en la superficie del CUSTF en el estrato alto. 114
Tabla 45. Retención de biomasa y carbono /ha y en la superficie del CUSTF en el estrato medio. 116
Tabla 46. Especies de interés registradas en el sitio, susceptibles de ser rescatadas y reubicadas. 119
Tabla 47. Especies de interés registradas en el sitio, susceptibles de ser reproducidas y reforestadas. 120
Tabla 48. Contrastes regionales entre el agua renovable y el desarrollo nacional (2017) 124
Tabla 49. Resumen de los tres escenarios suelo leptosol. 125
Tabla 50. Balance hídrico sin proyecto (actual) en el área propuesta por el proyecto. 126

Tabla 51. Resumen del balance hídrico después de realizar el cambio de uso de suelo. 126
Tabla 52. Diferencia entre el escurrimiento previo y posterior al cambio de uso de suelo. 127
Tabla 53. Comparación de la erosión hídrica anual antes y después de proyecto. 129
Tabla 54. Comparación de la erosión eólica anual con y sin proyecto 130
Tabla 55. Comparación de la erosión hídrica y eólica anuales, sin proyecto y con proyecto, en suelo Solonchak órtico 130
Tabla 56. Valoración cualitativa del CUSTF. 141
Tabla 57. Evaluación del CUSTF con criterios cualitativos 142

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN

El objetivo de este apartado se orienta a ofrecer una caracterización del medio en sus elementos bióticos y abióticos, describiendo y analizando, en forma integral, los componentes del Sistema Ambiental Regional (SAR, en adelante) del sitio donde se establecerá el Proyecto, con el objeto de hacer una correcta identificación de sus condiciones ambientales y de las principales tendencias de desarrollo y/o deterioro.

IV.1. Delimitación del área de estudio donde pretende establecerse el proyecto

Con el objetivo de delimitar y describir el Sistema Ambiental Regional (SAR), así como las distintas escalas espaciales que involucren las áreas que, dada la naturaleza del Proyecto pudieran verse afectadas de manera directa o indirecta en alguna de las etapas de ejecución de este, se han demarcado al interior del SAR las unidades de referencia para descripción y análisis ambiental (elementos bióticos y abióticos) tales como: Área de Influencia (AI) y Sistema Ambiental Regional (SAR).

IV. 1.2 Justificación de la delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR)

La delimitación del Sistema Ambiental (SA) de acuerdo con los criterios establecidos por la autoridad, es la delimitación fundamentada en la uniformidad y la continuidad de sus componentes y de sus procesos ambientales significativos (flora, suelo, hidrología, corredores biológicos, etc.) con los que el proyecto interactuará en espacio y tiempo; que delimitará la región para poder vincular su extensión (espacio-tiempo) con respecto a los componentes y procesos ambientales seleccionados. Siguiendo esta línea, se analizaron las principales regionalizaciones (Programas de Ordenamiento Ecológicos, ANP, etc.), en los cuales se encuentra inmerso el sitio en donde se pretende la elaboración del Proyecto.

Como sistema físico, el Sistema Ambiental Regional (SAR, en este caso) debe ser un área de estudio conveniente porque representa una unidad delimitada por un parteaguas donde confluyen y exista una interdependencia de sus elementos y procesos que puedan ser más claramente estudiados. Asimismo, en este mismo sentido la delimitación de unidad de referencia propuesta esta referida para el área donde se pretende llevar a cabo el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF de **205,350.81 m²** o **20.5350 has**).

La cuenca se define como un territorio cuyas aguas fluyen todas hacia un mismo río, lago o mar, y a esta clase de cuencas se les llama "cuencas hidrográficas". Una cuenca Hidrográfica se refiere a la definición geográfica de la cuenca, es el contorno o límite de esta que drena agua en un punto común. Es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ellas tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida, es decir, es una especie de "embudo" del territorio por el que escurre el agua desde las partes altas, hasta llegar a un punto en común, de donde sale toda el agua que fluye hacia otro lado.

La cuenca hidrográfica se distingue por lo general en tres sectores característicos: alto, medio y bajo, los cuales en función a las características topográficas del medio pueden influir en sus procesos

hidrometeorológicos y en el uso de sus recursos. En una cuenca se tiene: subcuenca, microcuenca y quebradas.

Hay 5 tipos de cuencas: geográficas, de objeto, relieve, por dirección de evaluación de aguas, y por ecosistemas, en esta última se tienen cuencas frías, húmedas y tropicales. Sin embargo, para el caso península de Yucatán, se encuentran las cuencas llamadas "criptorreicas", que influyen subterráneamente, cuyos suelos son cal y permiten una infiltración casi inmediata de la lluvia y la formación de corrientes subterráneas.

De acuerdo con COTLER (2004), el considerar a la microcuenca como unidad básica de atención para el desarrollo regional integral y ejecución de los planes, programas y proyectos de rehabilitación de los recursos naturales, permite lograr un proceso de planeación realmente efectivo al tener un medio agroecológico y social relativamente homogéneo.

La zona donde se desea llevar a cabo el Proyecto se ubica dentro de la Región Hidrológica denominada Yucatán Norte (Yucatán) con clave RH-32, donde no existen subdivisiones de cuencas y subcuencas, al no existir escurrimientos superficiales, por lo que la condición hidrogeológica es de equilibrio en la zona costera de Quintana Roo. Esta cuenca comprende superficie territorial de Cozumel, Isla Mujeres, Benito Juárez, Solidaridad, Puerto Morelos, y Lázaro Cárdenas, además se extiende hacia el Oeste dentro del territorio del vecino estado de Yucatán; mientras que hacía el Sur abarca la mayor parte del municipio de Tulum.



Figura 1. Distribución de las regiones y cuencas hidrológicas en el Estado de Quintana Roo. Fuente: INEGI, Código de cuencas y subcuencas de las regiones 31, 32 y 33.

Tomando en cuenta los dos puntos anteriores: delimitación de regionalizaciones y la unidad de cuenca. Asimismo, debido a que el área del proyecto se encuentra dentro de la UGA 11 del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez se decidió establecer el Sistema Ambiental Regional dentro de esta UGA, así como una zona donde se incluya:

- La totalidad de la superficie donde se desplantará el proyecto.
- La totalidad del área de influencia directa de los impactos potenciales derivados del proyecto.
- Las áreas colindantes (vegetación y fauna) al sitio del proyecto donde se prevén los impactos ambientales indirectos por la construcción y operación del proyecto.

De lo anterior, se delimitó el Sistema Ambiental Regional (SAR) con un área de **7,261,708.80 m²** o **726.17 has**.

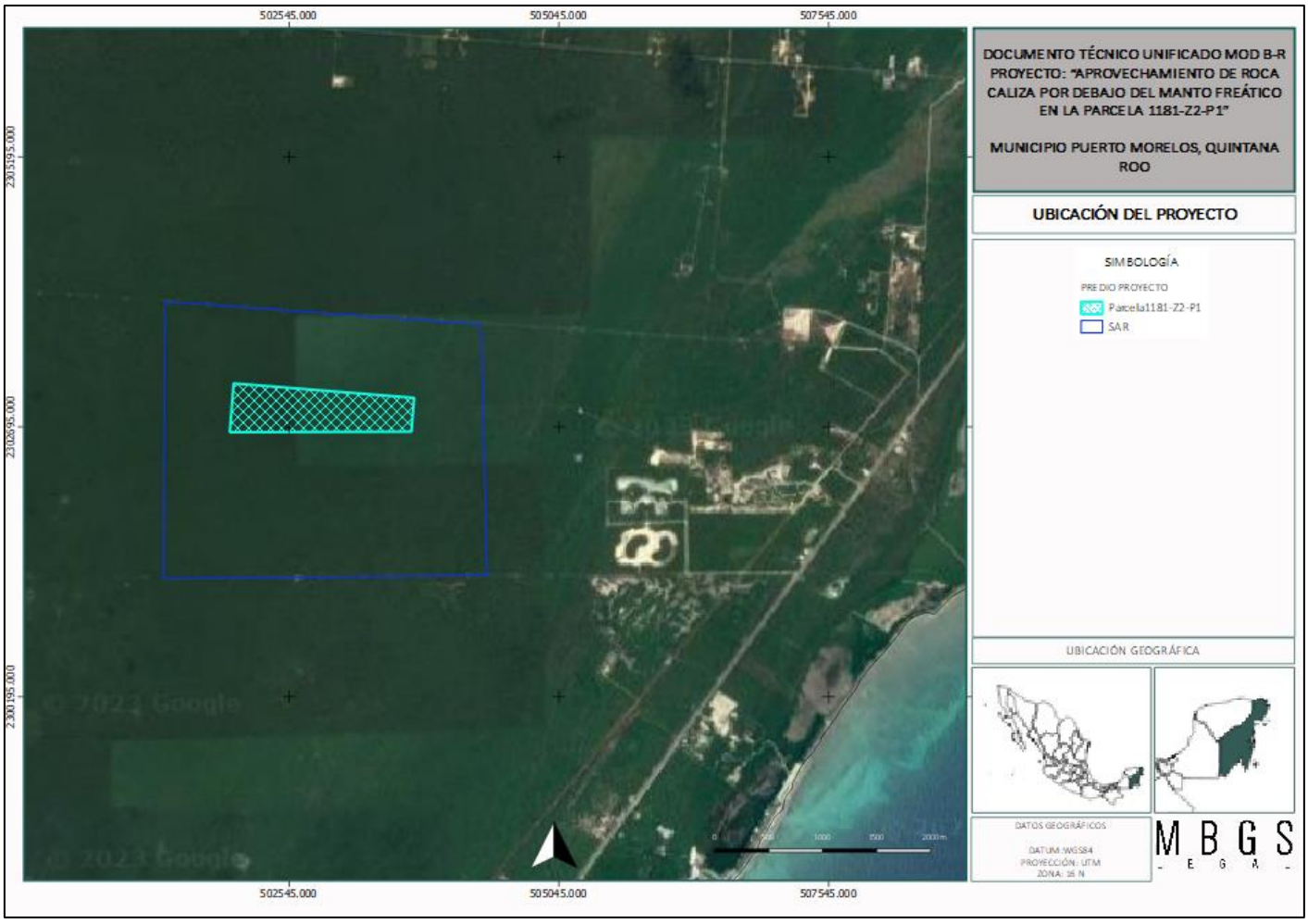


Figura 2. Delimitación del Sistema Ambiental Regional.

IV.2. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SAR

IV.2.1 Medio abiótico

IV.2.1.1 Clima

Para definir el tipo climático predominante en el SAR donde se establecerá el proyecto, se utilizó información del registro de parámetros meteorológicos de la Estación Meteorológica "Cancún, Benito Juárez" (23155), la cual es administrada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

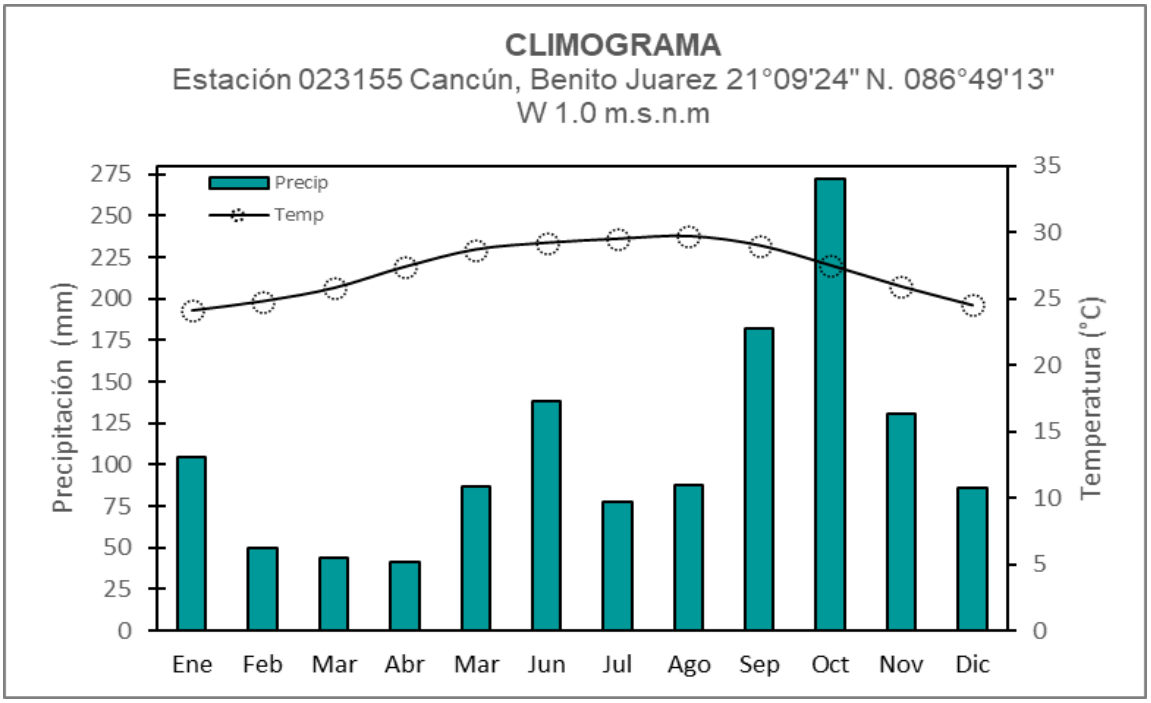


Figura 3. Climograma: marcha anual de los promedios medios mensuales de temperatura y precipitación. Fuente: elaboración propia.

Los datos recopilados de dicha estación son del periodo de 1981-2010 y se encuentra actualmente operando. Además, dicha estación se encuentra en la misma distribución climática que la del área del proyecto reportada por CONABIO[1].

De acuerdo con los datos meteorológicos y con el método propuesto para la clasificación de los climas, según el sistema de Köppen modificado por Enriqueta García (García,1998) en Puerto Morelos se presentan dos climas: un clima tipo **Aw0 (x)**; que corresponde a "el más seco de los cálidos subhúmedos con régimen de lluvias de invierno"; y un clima tipo **Aw1(x') (i')**, que corresponde al cálido subhúmedo con lluvias en invierno y con una variación menor a los 5°C y presencia de canícula.

[1]http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadata/gis/clima1mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadata/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no

TEMPERATURA

Del periodo de registro de la Estación Meteorológica de Cancún se han calculado los valores medios mensuales de temperatura que se presentan en el Climograma, resultando 27.2 °C la temperatura media; siendo enero el mes más frio con una temperatura de 24.1° C y agosto como el mes más caluroso con 29.7 °C. La oscilación anual de las temperaturas medias mensuales es de 5.6, es decir, con poca oscilación (i').

PRECIPITACIÓN

Las precipitaciones medias mensuales históricas registradas por la Estación Meteorológica se presentan en el Climograma. La precipitación total anual es de 1300.2 mm, siendo abril el mes más seco con 41.2 mm y octubre el mes más lluvioso con 271.9 mm. El índice de humedad de Lang (P/T) es de 47.84.

IV.2.1.2 Vientos

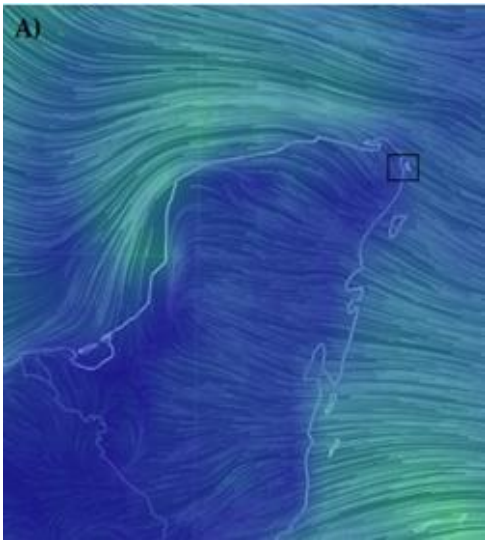


Figura 4. Dirección de los vientos.

El Sistema Ambiental Regional se encuentra la mayor parte del tiempo bajo la influencia de masas de aire de tipo marítimo tropical que a su vez invaden toda la Península de Yucatán. Los vientos dominantes de febrero a julio son los alisios, los cuales provienen del sureste con velocidades de 10 km/h en promedio y hasta 30 km/h durante fenómenos tropicales. Se presentan vientos del Norte durante los meses de invierno, principalmente de noviembre a marzo; estos mismos pueden llegar a alcanzar rachas de 80 a 90 km/h, provocando lluvias, fuertes oleajes y marejadas. En ocasiones, la región recibe también la influencia de masas de aire procedentes de la zona de interconvergencia tropical del Pacífico, las cuales tienen un gran contenido de humedad. Entre los meses de julio y septiembre ocasionalmente se presenta una época de "calmas". La circulación del aire no encuentra barreras físicas a causa del relieve plano que presenta la Península de Yucatán.

Para un análisis más a fondo de las variables del viento (intensidad y dirección) se tomaron como referencia los datos de la Estación Meteorológica Automatizada (EMA) de "Puerto Juárez", operada por SEMAR, con registros cada 30 min. La dirección dominante es del este (E) con un 21.41% del total de los datos, con rumbos secundarios del este-sureste (ESE), sureste (SE), este-noroeste (ENE), sursureste (SSE) y noreste (NE), con un porcentaje de 19.16, 15.11, 12.55, 9.78 y 7.40%, respectivamente. Evidenciando claramente la influencia de los vientos alisios como anteriormente se mencionó. El registro máximo en la intensidad del viento fue de 15.81 m/s con rachas de 21.40 m/s. No obstante, también se presentan calmas de 0 a 1.0 m/s.

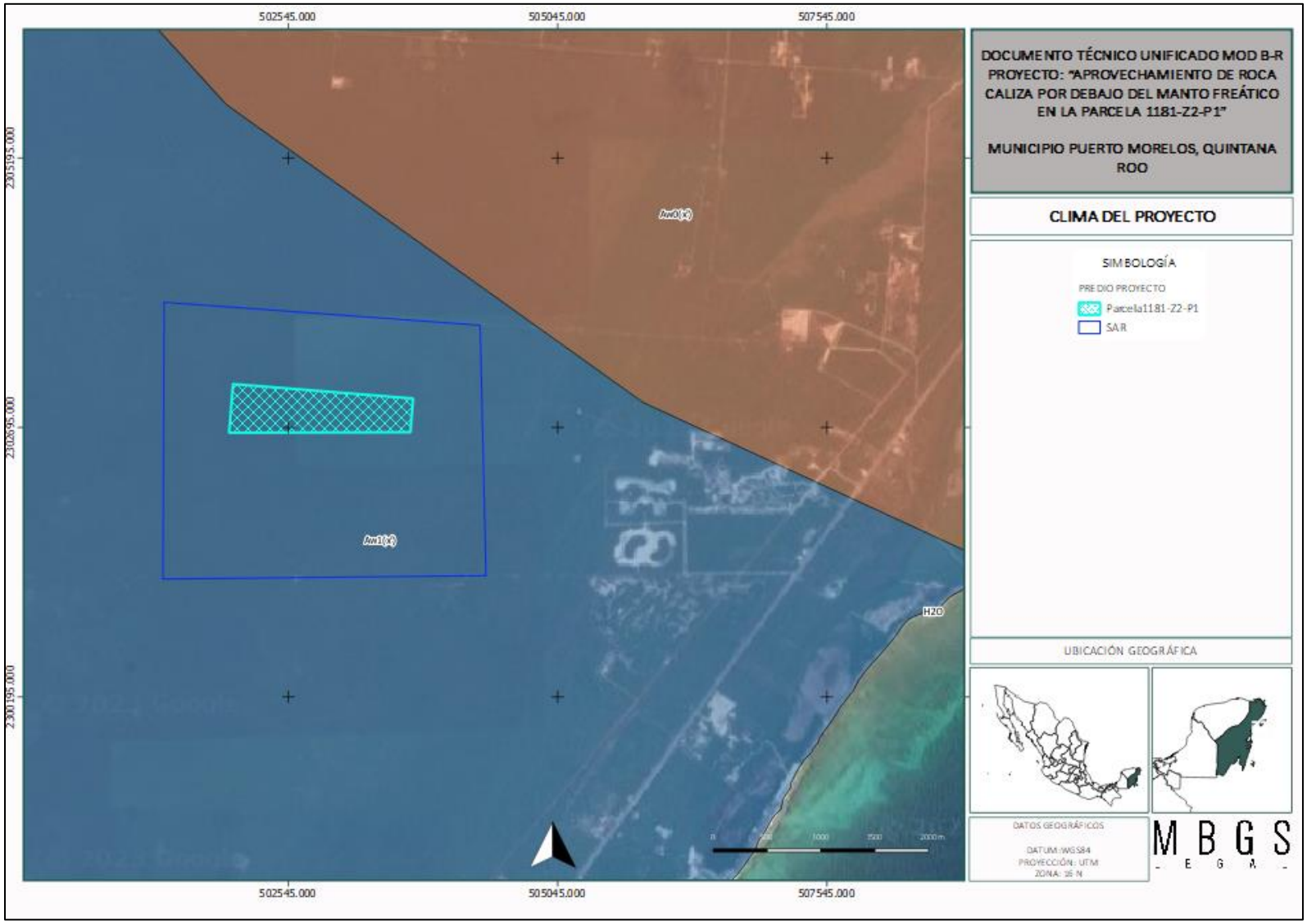


Figura 5. Clima del SAR.

IV.2.1.3 Fenómenos meteorológicos

Masas de aire, frentes fríos, y corrientes a chorro

Las masas de aire frío, asociadas con los frentes fríos, se presentan generalmente de octubre a marzo, resaltando su escasa influencia hacia finales de la primavera y prácticamente nula en el verano. Los frentes fríos que afectan la región son sistemas provenientes de latitudes polares, generalmente asociados con bajas presiones dinámicas y con corrientes en chorro y sus efectos son: i) ligero descenso de la temperatura en 24 horas, generando una disminución en la misma de 1 a 3 °C; ii) vientos de moderados a fuertes que pueden superar los 60 km/h de componente norte y noreste y, iii) cielos nublados con lluvias generalmente moderadas que pueden llegar hacer intensas.

La corriente en chorro persiste principalmente en invierno, y por lo general acompaña en su desplazamiento a los frentes fríos y sus respectivas masas de aire frío, provocando vientos moderados. Las masas de aire marítimo tropical se presentan durante todo el año, sus efectos provocan por lo general ambiente de caluroso a muy caluroso, favoreciendo temperaturas por arriba de los 35 °C. También favorecen lluvias de ligeras a moderadas a lo largo y fuertes principalmente en verano.

Ciclones tropicales y sistemas de baja presión

Los ciclones tropicales son típicos de la temporada de verano. Depresiones tropicales, tormentas tropicales y huracanes lo afectan directa o indirectamente, estos sistemas al encontrarse muy cerca de las costas y dependiendo de la amplitud del radio del sistema, favorecen lluvias de fuertes a intensas, así mismo, provocan vientos fuertes y oleaje elevado.

De acuerdo con la información que se tiene en la base de datos de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), se han formado más de 731 sistemas en la región del Atlántico Norte, el Caribe y el Golfo de México. De los cuales 41 han impactado a la península de Yucatán y 15 han llegado al nivel de Huracán. La península de Yucatán es muy susceptible al embate de un huracán debido al clima tropical que presenta y a su ubicación entre los mares del Caribe, el Atlántico y el Golfo de México.

Uno de los rasgos más peculiares de la península es la ausencia de prominencias morfológicas de importancia, de tal forma que el 90% de su superficie está a menos de 200 metros de altitud, por ello, generalmente los sistemas que ingresan a esta zona pierden poca energía, por lo que las afectaciones más importantes se dan por vientos, precipitaciones e inundaciones.

Huracanes

Toda la zona de la Península de Yucatán es afectada por depresiones significativas como huracanes y tormentas tropicales, que ocasionan la presencia de lluvias durante varios días consecutivos acompañadas de fuertes vientos, provocando intemperismos severos en la zona. Estos fenómenos tienen una incidencia estacional, iniciándose en el mes de junio y concluyendo en noviembre, siendo más probable su presencia durante los meses de agosto a octubre. Cada año las costas de Quintana Roo están expuestas a la formación de aproximadamente 20 huracanes por temporada, de los cuales 3 o 4 llegan a amenazar las costas.

Estos huracanes intervienen especialmente en las zonas del Caribe Mexicano provocando cambios constantes en las configuraciones costeras, por lo que es importante identificar aquellos fenómenos meteorológicos que afectan e influyen en la alteración de la dinámica de litoral (Aldana *et al.*, 2009[2]).

Tabla 1. Listado de huracanes que afectaron la Península de Yucatán de 1974-2020.

AÑO	NOMBRE	CATEGORÍA IMPACTO	LUGAR DE ENTRADA	VIENTOS (KM/H)
1974	Carmen	H4	Punta Hendura, Q. Roo	222
1988	Gilbert	H5 (H4)	Puerto Morelos, Q. Roo	287
1995	Roxane	H3	Tulum, Q. Roo	185
1996	Dolly	H1	Felipe Carrillo Puerto, Q. Roo	110
2002	Isidore	H3	Telchac Puerto, Yuc	205
2005	Emily	H4	Tulúm, Q. Roo	215
2005	Wilma	H4	Cozumel-Playa del Carmen, Q. Roo	230
2007	Dean	H5	Puerto Bravo, Q. Roo	260
2020	Delta	H2	Puerto Morelos, Q. Roo	175
2020	Zeta	H1	Chemuyil, Q. Roo	120

IV.2.1.4 Unidades de relieve

El estado de Quintana Roo se encuentra dentro de una sola provincia fisiográfica llamada Península de Yucatán que, además, comprende los estados de Campeche y Yucatán y parte de los países de Guatemala y Belice.

La mayor parte de esta provincia, está constituida por estratos calizos más o menos horizontales que hacen de ella una región relativamente plana, cuyas mayores alturas se acercan a los 300 metros sobre el nivel del mar (msnm), hacia el centro de la península cerca del límite con Campeche, alrededor de Zoh Laguna, Campeche y en la parte suroeste del estado, extendiéndose esta zona con dirección aproximada norte - sur abarcando una extensión considerable, no pudiéndosele conceptuar como una sierra o algo parecido, pues tanto en su parte interior más alta como en sus porciones laterales la superficie del suelo es relativamente plana, casi tanto como en las planicies

[2] ALDANA, M. HERNÁNDEZ, D. AGUIRRE, S. HERNÁNDEZ. 2009. Clima organizacional en una unidad de segundo nivel de atención. Revista de Enfermería del Instituto Mexicano del Seguro Social, 17 (2) pp. 91-96

del norte de la península; y que va decreciendo hacia el norte y este hasta llegar al nivel del mar en las costas.

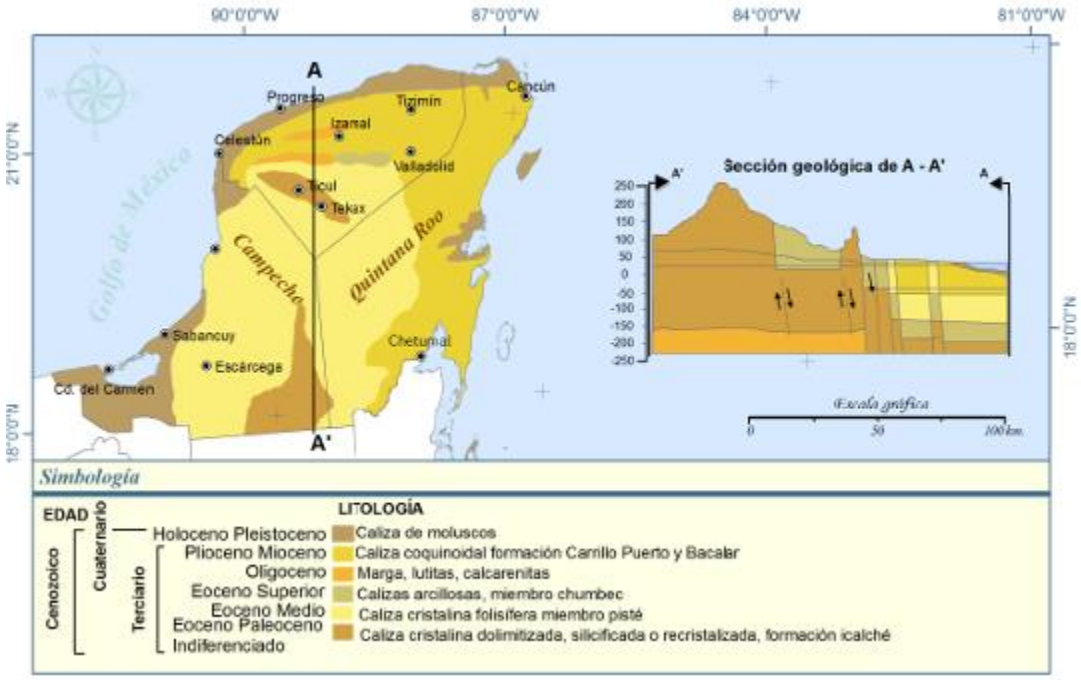


Figura 6. Clasificación geológica de la Península de Yucatán, se observa la altura que va del nivel del mar a la sierrita de Ticul a los 120 msnm y al sur de campeche alcanza los 250 msnm. (Figura tomada de García y Graniel, 2010).

Como se observa en la figura la zona litoral de la península está conformada por caliza de moluscos, y pertenece a la formación Carrillo Puerto.

Formación Carrillo Puerto

Corresponde al mioceno superior plioceno los niveles inferiores corresponden a coquinas de más o menos 1 metro de espesor cubiertas por calizas duras la alteración de estas calizas por el intemperismo origina arcillas lateritas los niveles superiores están representados por calizas blancas duras y masivas los echados observados son débiles o nulos con orientación norte noreste.

Varios cientos de metros estas rocas mantienen una alta permeabilidad y porosidad, aunque sean secundarias ya que se encuentran muy fracturadas contienen abundantes oquedades de disolución donde el agua subterránea se encuentra a poca profundidad. Se observa que abarca gran parte de la Península de Yucatán. (García y Graniel, 2010).

Características fisiográficas

Puerto Morelos posee un relieve escaso, ligeramente ondulado, con una altura promedio de 3 a 5 msnm, en la población costera y hasta 10 msnm en la colonia Zetina Gasca. Está comprendido en la porción oriental de la Provincia Fisiográfica XI, Península de Yucatán dentro de las Subprovincias Llanuras de Dolinas tierra adentro y Subprovincia Playa o Berma en la franja costera. La primera es de conformación topográfica kárstica con oquedades de disolución pequeñas y también grandes depresiones (cenotes); no existe un sistema superficial de corrientes de agua dulce permanente,

sino un flujo de agua subterránea con dirección al mar, que se recarga por la infiltración de agua pluvial a través de la roca caliza.

En la Subprovincia Playa o Berma, hacia la parte terrestre está delimitada por bermas del Pleistoceno y hacia el mar por una barra arenosa que corresponde a la línea de costa actual; entre éstos existen depresiones que dan lugar a un ambiente lagunar somero, con esporádico contacto con el mar, estas cuencas suelen estar interrumpidas por caminos transversales no naturales que restringen o impidiendo el flujo de agua.

A lo largo de la costa, el sustrato está formado por rocas sedimentarias de tipo caliza y suelo eólico del Cuaternario, Q(eo), en forma de montículos cementados de poca altura paralelos a la línea de costa y depósitos recientes no cementados (arena mediana) compuesta de oolitos y fragmentos de moluscos, corales, equinoides, esponjas, algas coralinas y microfósiles de foraminíferos. (CONANP, 2015).

IV.2.1.5 Geología

Se ubica alrededor de 30 km al sur de Cancún; la secuencia litológica está constituida por calizas coquinoides de textura arenosa (calcarenitas) de estratificación cruzada. La coquina se compone de fragmentos de conchas y moluscos y de corales, mal clasificados. Sobre estos materiales se tienen Eolinitas en Antiguas dunas del Pleistoceno y arenas de playa del Holoceno. Las arenas proceden principalmente de la destrucción de la barrera arrecifal. Una característica de la zona costera es que entre las diferentes "capas" mencionadas se pueden presentar zonas ligeramente más compactas asociados con porciones de caliche. En la zona costera de Puerto Morelos se tienen además materiales de relleno (principalmente arenas) y Turba en las márgenes de la zona del mangle. (Ortiz, et.al. 2016).

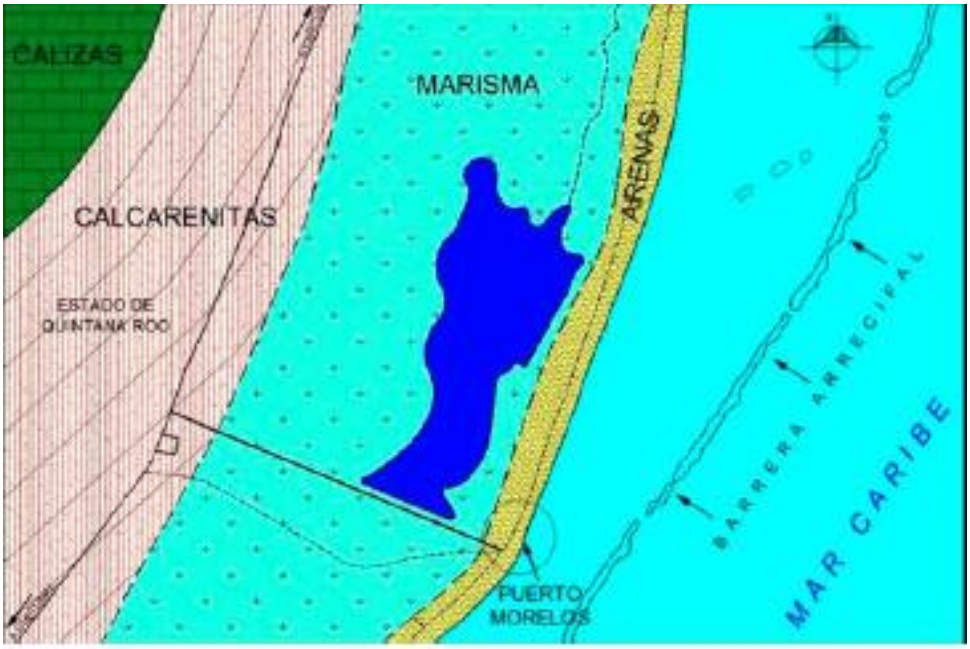


Figura 7. Mapa geológico simplificado de la zona de estudio en Puerto Morelos. (Imagen tomada de Ortiz, et.al. 2016).

IV.2.1.6 Edafología

La Península de Yucatán presenta suelos, en la mayor parte de su superficie, del tipo Litosol (I). En la porción Oriental, el suelo dominante es el Solonchak órtico (Zo), el cual está asociado a ecosistemas costeros y de manglar, excluyendo la Isla de Cancún la cual presenta un suelo predominante de Regosol calcárico (Rc). A lo largo de la línea costera, se observa la acumulación de arena de playa, con espesores variables los sedimentos son principalmente de origen biogénico provenientes de la barrera arrecifal. Los principales componentes de estos sedimentos son foraminíferos bentónicos y planctónicos, gasterópodos, pelecípodos, briozoarios, moluscos, corales, espinas de equinodermos y de esponjas, tubos de anélidos, ostrácodos y algas.

Por su granulometría se clasifican como arenas con granulometría predominantemente fina y mediana, cuya coloración va de blancuzca a ligeramente amarillenta. Su edad de formación es muy reciente y por su falta de consolidación constituyen los sedimentos más susceptibles de remoción natural (ciclones). El material que compone este tipo de suelo es Regosol calcárico (Rc). Adyacente a la línea de costa. La formación la zona norte de la Península es prácticamente reciente, ya que data del terciario y del cuaternario, El sustrato geológico está formado por rocas calizas altamente permeables que impiden la formación de escurrimientos superficiales. Existen algunos cenotes y lagunas, de éstas destaca la Laguna Nichupté.

Litosol

Consisten en suelos someros de profundidad de 0 a 15 cm, con drenaje superficial rápido, ubicados al poniente de la carretera federal, la pendiente varía del 1 al 15 %. El perfil representativo de este tipo de suelos presenta típicamente en la capa superficial una textura franco-arcillo-arenosa, de color negro cafesáceo a gris cafesáceo; en algunas partes la roca aflora desnuda. El suelo existente está depositado entre las rocas, entre piedras, en las fisuras bajo las rocas. a los 15 cm, se encuentra la roca dura compacta y continua con algunas fisuras.

El alto contenido de materia orgánica es otra de sus características, así como el de conservar la humedad en periodos cortos de tiempo; el tipo de roca absorbe humedad rápidamente y luego la pierde poco a poco por efecto de absorción de las raíces de la vegetación. Asimismo presenta otras características por ser suelos de alta y mediana pedregosidad, con buen drenaje interno, estructura de bloques subangulares de tamaño fino, poseen una alta porosidad y debido a su origen vegetal retienen cantidades importantes de agua propiciando la vida de una vegetación exuberante, son de color pardo oscuro 5YR3/2 y 10 YR2/1(Munsell), con profundidad del horizonte A de 0-15. No se consideran aptos para el desarrollo de actividades agrícolas y no son mecanizables, se denominan como TZEKEL en la clasificación Maya.

IV.2.1.7 Hidrología superficial

En general la Península se caracteriza por la carencia de corrientes superficiales de agua, debido a la naturaleza cárstica del terreno y al relieve ligeramente plano que presenta alta permeabilidad. Al no existir flujos superficiales permanentes la porción de agua pluvial se infiltra al suelo produciendo una saturación de las capas superficiales y provocando incorporación de agua al acuífero

subterráneo. Con base a la clasificación de CONAGUA, el Sistema Ambiental Regional pertenece a la Región Hidrológica 32, Yucatán Norte y corresponde a la cuenca Quintana Roo.

El SAR forma parte de la cuenca 32 A Quintana Roo, que ocupa el 31% de la superficie estatal. En esta unidad hidrológica el escurrimiento superficial es mínimo y la infiltración es alta. Esta cuenca, a pesar de contar con una precipitación pluvial superior a 1,000 mm anuales, se caracteriza por presentar escurrimientos superficiales efímeros o de muy corto recorrido, debido a la alta permeabilidad del material que constituye el terreno y la elevada evaporación, que originan una importante infiltración del agua de lluvia con excepción de las zonas costeras que están sujetas a inundación y de pequeñas depresiones que son denominadas aguadas. Esta subcuenca se caracteriza por un rango de escurrimiento de 0% a 5% excepto en la franja costera donde tienen escurrimientos desde 10% a 20% debido a la presencia de arcillas y limos (INEGI, 2002). El sitio del proyecto se ubica en las áreas con coeficientes de escurrimiento de 0 a 5%.



Figura 8. Región Hidrológica RH-32A. El predio se ubica en la subcuenca a.

Tabla 2. Características de la cuenca RH-32.

Área de la cuenca	14,645.9 km2
Déficit de agua	600 a 700 mm
Precipitación media	1274.2 mm
Evapotranspiración	85.4%
Escurrimiento	0.4%
Infiltración	14.2%

Se observa que alrededor del 80% del agua de lluvia que se precipita retorna a la atmósfera por evapotranspiración y, al no existir corrientes superficiales, el resto del agua o parte de éste se infiltra a través de la roca caliza, consiguiendo su incorporación al acuífero subterráneo que corre a través de cavernas y fracturas, el flujo descarga parte de sus aguas en los humedales y sobre todo en el mar a través de manantiales. Se estima que, de la carretera 307 hacia el oeste, se encuentra una zona con un coeficiente de escurrimiento entre 0 y 5 %, volumen que favorece la recarga del acuífero. Debido a la dinámica de desplazamiento, la velocidad de flujo se estima en aproximadamente 40 m/hora (CONAGUA, 2006).

El norte del estado de Quintana Roo posee un acuífero cárstico poroso desarrollado en el Cenozoico (Lesser y Wedie, 1988 cit. en Gutiérrez y Cervantes, 2008, p. 14), y una de sus principales características es la ausencia de corrientes superficiales por la alta permeabilidad de la roca caliza (Villasuso y Méndez, 2000, pp. 120, 127). El caso del relieve y la alta permeabilidad de las rocas calcáreas no hay corrientes de agua superficial, y la hidrología es subterránea.

IV.2.1.8 Hidrología subterránea

Los escurrimientos subterráneos de los acuíferos del estado son perennes con variaciones del caudal durante el año debido a los periodos de sequía y precipitación pluvial, de igual manera se comportan las lagunas, Cenotes y Pozos en los que se observan variaciones del nivel del agua.

Los escurrimientos provienen de las partes altas comprendidas a lo largo de los límites con Yucatán, donde se distribuyen las zonas de recarga. Estas zonas de recarga son extensiones de terreno plano circundado por lomeríos como cuencas receptoras debido a que las rocas calcáreas permiten una rápida infiltración del agua de lluvia que fluye hacia el subsuelo, en la que el movimiento del agua va de forma subterránea de la parte Central-Este de la Península hacia la costa.

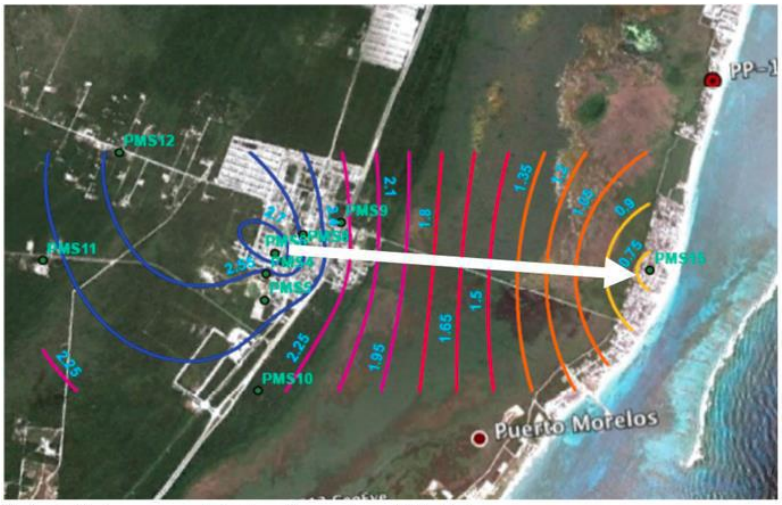
El acuífero subterráneo se encuentra en todo el subsuelo del estado variando únicamente por su calidad y profundidad del nivel freático que dependen del tipo de formación geológica y de la altitud del terreno.

De acuerdo con la carta de aguas subterráneas editada por el INEGI, al predio le corresponde la unidad geohidrológica clasificada por sus características físicas e hidrológicas como unidad de material consolidado con posibilidades altas; está constituido por rocas calcáreas de textura mudstone, wackstone, packstone y grainstone, en estratos delgados gruesos y masivos, en ocasiones coquina intercalada con packstone y grainstone laminar, con estratificación cruzada; se encuentra en un alto contenido fosilífero, así como cavernas por disolución; su permeabilidad es alta y su fracturamiento moderado.

Profundidad y dirección del flujo

González y colaboradores (2018) señalan que con los potenciales obtenidos se define una clara trayectoria del flujo del agua subterránea de la localidad de Puerto Morelos en dirección a la costa, similar a lo reportado por Lars (2008, pp. 83-84). Con base en estudios previos en la zona (Supper et al., 2008; Ordóñez Crespo y García Rodríguez, 2010), se puede establecer, de manera general, el modelo conceptual de la siguiente forma: el agua parte de la zona norte de la población, fluyendo

en dirección noroeste-sureste hasta llegar al humedal, el cual recibe la descarga tanto de la población como de la costa, que se considera un sistema aparte trabajando como una isla; el humedal y la costa descargan al mar.



Nota: La flecha representa la dirección preferencial de flujo.

Figura 9. Curvas de equipotenciales para los pozos someros nivelados en Puerto Morelos. (Imagen tomada de González et.al. 2018).

Se pueden esperar condiciones complejas de flujo, las cuales son difíciles de cuantificar con un grado razonable de certeza, ya que la roca caliza, a través de la cual fluye el agua, está constituida de fracturas y cavidades que incrementan su porosidad y, por ende, la conductividad hidráulica del sistema. Se espera que la porosidad secundaria domine la respuesta hidráulica en la zona de estudio y se generen patrones complejos de flujo con trayectorias tortuosas, dando como resultado una combinación de flujos laminares y turbulentos.

Por lo que las 2 figuras siguientes si bien también señalan un flujo general de oeste a este, presentan algunas variaciones



Figura 10. Corrientes subterráneas de Puerto Morelos. Imagen tomada de CONANP, 2015 basada en INEGI, 2010).

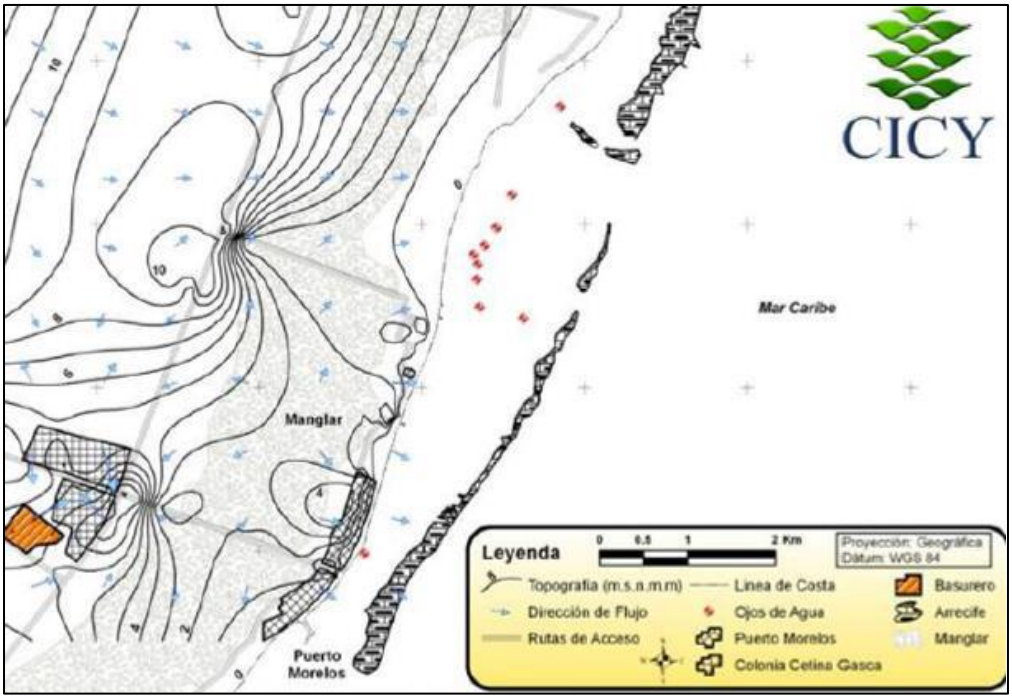


Figura 11. Se observa en el círculo rojo el predio que se ubica a menos de 1 msnm, donde la dirección del flujo subterráneo es de noroeste hacia la zona marina. (Imagen tomada de la presentación de Rebolledo y Hernández, 2011).

La profundidad del acuífero varia de 5 a 10 m de profundidad y el nivel estático tiene un abatimiento medio anual para la zona de -0.15 m en promedio y con un espesor de 19 m que en algunos casos puede ser mucho mayor por la disolución de las calizas del subsuelo, la posición del nivel estático regional es de 0 a 10 msnm.

Unidades geohidrológicas

Se presentan cuatro zonas geohidrológicas de acuerdo con sus características físicas e hidrológicas de los materiales. Se clasifican en dos grupos: consolidados y no consolidados, y conforme con su factibilidad de funcionar como acuífero en tres grupos: con posibilidades altas, medias y bajas. Para la zona del proyecto se determinaron sus características físicas e hidrológicas, encontrándose que al predio san francisco le correspondiendo la unidad que a continuación se describe:

Unidad de material consolidado con posibilidades altas.

Se encuentra ampliamente distribuida en toda el área, está constituida por caliza de textura mudstone, wackstone, packstone y grainstone; en estratos delgados, gruesos y masivos; en ocasiones se presenta coquina, con contenido fosilífero abundante y variado, e intercalaciones de horizontes y lengüetas arcillosas en estratificación cruzada, en posición casi horizontal y fracturamiento moderado; en esta unidad se han desarrollado cavernas por disolución y como consecuencia, la permeabilidad secundaria es alta. En ella se encuentra un acuífero libre, cuya

recarga se lleva a cabo por la infiltración directa del agua de lluvia. La calidad del agua extraída es tolerable, a excepción de la zona costera donde es salobre por la influencia del agua marina.

Calidad del agua

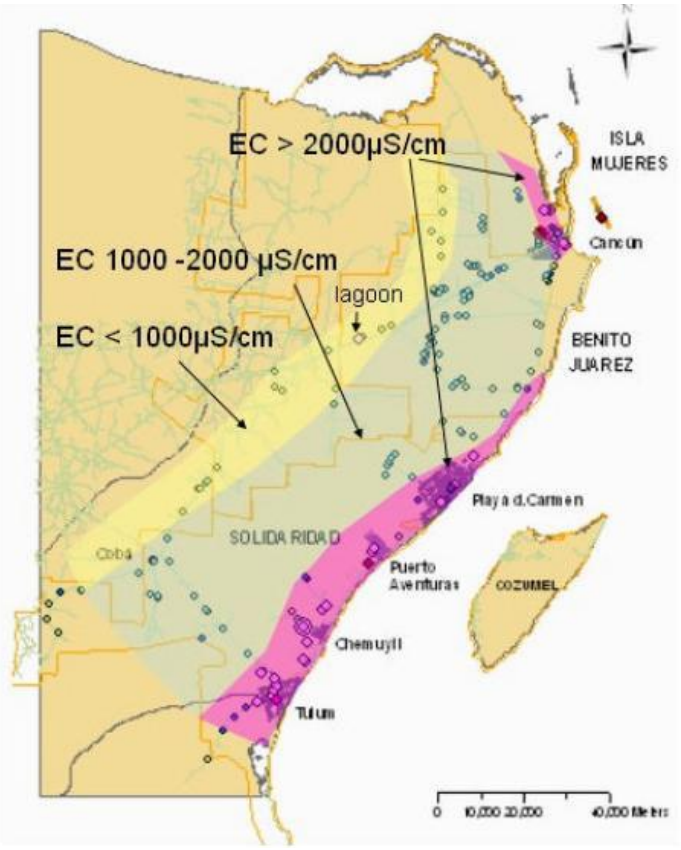


Figura 12. Calidad del agua.

Las características cársticas son importantes a escala local, pues han facilitado la migración de los contaminantes disueltos en el agua subterránea; la estructura geológica es un factor fuertemente controlador en el transporte de los contaminantes en el acuífero, pero la heterogeneidad del sistema juega un papel preponderante al interpretar escenarios de contaminación realistas.

La hidrodinámica resultante del comportamiento del acuífero de Puerto Morelos, Quintana Roo, está alterada por la presencia de dos periodos, uno de lluvia y otro de sequía. Observando datos de referencia de la época de sequía y comparándolos con los datos de la época de lluvia, proporcionan una evolución química del acuífero, así como la caracterización hidrogeoquímica de los tipos de aguas que se pueden encontrar en los puntos de muestreo con los cuales se determinó la calidad del agua subterránea. Las familias de aguas predominantes en los pozos someros del área de estudio son las bicarbonatadas-cálcicas. Los ojos de agua presentan las características típicas del agua de mar al ser del tipo clorurada-sódica. Algunos sitios de muestreo exhibieron concentraciones destacables de cloruros.

La contaminación del acuífero es evidente a nivel freático; sus posibles causas son la disposición inadecuada de las aguas residuales y los tiraderos a cielo abierto. La infiltración de aguas negras y fecales propician el medio idóneo en el cual las bacterias de origen fecal se transportan a lo largo del flujo y se propagan hasta la descarga final al mar.

La presencia de metales pesados y bacterias es un indicador de contaminación, que podría afectar el equilibrio natural del ecosistema acuático de la ANP Arrecifes de Puerto Morelos, así como al turismo, la pesca y el paisaje.

El proyecto contempla medidas preventivas para evitar la contaminación del acuífero.

IV.2.2 Medio biótico

En el siguiente apartado, se describen los aspectos bióticos que interactúan en el SAR en general, particularmente en el sitio donde se pretenden desarrollar las obras y actividades del presente proyecto.

IV.2.2.1 Vegetación del SAR

El SAR abarca una superficie de **726.17 has**; de acuerdo con los datos vectoriales de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación, en la Serie VII, escala 1:250 000 se reportan 2 zonificaciones:

- Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Mediana Subperennifolia
- Selva Mediana Subperennifolia

La vegetación del SAR está compuesta predominantemente por selvas de tipo mediana subperennifolias (vegetación secundaria en sus variedades de arbustivas). En lo siguiente, se presenta la superficie y cobertura por tipo de vegetación:

Tabla 3. Superficie y cobertura por tipos de vegetación y usos del suelo en el SAR. Fuente: elaboración propia.

CLAVE	TIPOS DE VEGETACIÓN Y USOS DE SUELO	m²	PORCENTAJE
SMQ	Veg. Sec. Arbu. Selv. Med. Subp.	1,613,583.40	22.22%
VSa/SMQ	Selva mediana subperennifolia	5,648,125.40	77.78%
TOTAL		**7,261,708.80**	**100%**

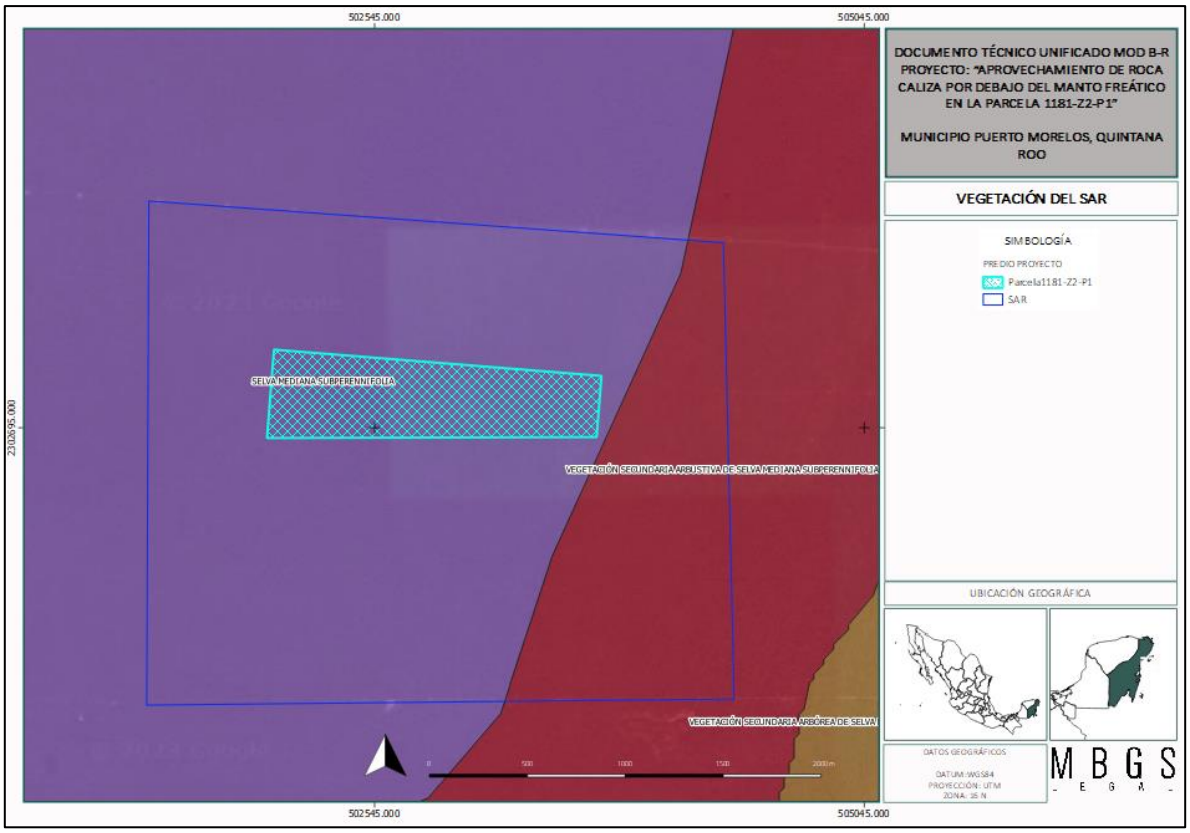


Figura 13. Tipos de Vegetación en el SAR delimitado (fuente: Serie VII INEGI, Escala 1:250,000).

Descripción general de tipos de vegetación del SAR

En lo siguiente se describirán los principales tipos de vegetación, así como se presentarán los resultados de los muestreos realizados en estas mismas comunidades. De acuerdo con la guía para la interpretación de la cartografía de uso del suelo y vegetación de la serie VII, INEGI. Los diferentes tipos de vegetación que se presentan, su agrupación se basa en afinidades ecológicas, florísticas y fisonómicas, considerando que estas se agrupan en primera instancia por cuestiones climáticas, aunque en ocasiones los aspectos edafológicos, geológicos y topográficos toman una especial relevancia.

Otro aspecto que considera el sistema de clasificación es el que se denomina *Desarrollo de la Vegetación* que agrupa a la vegetación por su grado de afectación, ya sea por causas naturales o antropogénicos, así pues, se habla de vegetación primaria, esto es sin disturbio o bajo nivel de este o secundaria, que es aquella que debido a perturbaciones ha sido modificada y presenta el proceso de sucesión.

El Desarrollo de la vegetación se refiere a los distintos estados sucesionales de la vegetación natural y considera lo siguiente:

➢ Vegetación primaria: es aquella en que la vegetación no presenta alteraciones significativas o la degradación no están manifiesta.

➢ Vegetación secundaria: Cuando un tipo de vegetación es eliminado o alterado por diversos factores humanos o naturales el resultado es una comunidad vegetal significativamente diferente a la original y con estructura y composición florística heterogénea.

A) Selva mediana subperennifolia (SMQ)

Se refiere a selvas por lo general con dominancia de árboles con diámetro normal mayor de 15 cm y menor de 25 cm. Esta comunidad vegetal está conformada de extensos macizos de árboles jóvenes, entre fragmentos de arbustos y selva madura. Los rodales de esta comunidad tienen volúmenes potenciales aprovechables de madera para postes y recursos forestales no maderables. Esta asociación presenta un estrato medio-alto (arbóreo) de entre 5 a 10 m de altura en donde se observan individuos de las especies de, chechem (*Metopium brownei*), chaca (*Bursera simaruba*), jabín (*Piscidia piscipula*) entre otros, así también el ficus (*Ficus cotinifolia*) que generalmente se presenta con dos o tres individuos por surco. La estructura horizontal se complementa con un estrato arbustivo entre 3 a 5 m, con presencia de especies como, dzidzilche (*Gymnopodium floribundum*), majagua blanca (*Hampea trilobata*), las palmas chit (*Thrinax radiata*) y nakas (*Coccothrinax readii*) el peres-kuch (*Croton glabellus*) y el sak itsa (*Neomillspaughia emarginata*), entre otros, finalmente se tiene el estrato herbáceo-arbustivo que va de nivel del suelo hasta los 2.9 m compuesto por la regeneración de los adultos presente además de la palma xiat (*Chamaedorea zeifiizii*), la chaya (*Cnidoscolus multilobus*), el chilar (*Rivina humilis*), el plomoche (*Ardisia escallonioides*) y la presencia de bejucos como el sac ak (*Cydista potosina*) y el yax ak (*Arrabidea podopogon*) entre otros.

B) Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia (VSa/SMQ):

Se refiere a una comunidad que presenta dominancia de arbustos y árboles de rápido crecimiento con diámetro normal menor a 15 cm. Su distribución es en forma de parches aislados entre la vegetación arbórea y madura, generalmente colinda con caminos y carreteras, así como entre la zona urbana. Esta comunidad carece de volúmenes aprovechables de madera con fines comerciales, pero puede contener algunos recursos forestales no maderables.

Con el objetivo de conocer la riqueza, estructura y composición florísticas de la vegetación se realizaron una serie de muestreos, cuya metodología es acorde con las características de la cubierta vegetal presente en el Sistema Ambiental Regional. A continuación, se describe con detalle la metodología aplicada.

A) MÉTODO DE MUESTREO:

Para la descripción de las comunidades vegetales presentes dentro del Sistema Ambiental Regional, se aplicó un muestro en transectos, tomando fotografías para evidenciar la condición general de la vegetación al momento del levantamiento de datos. Los 12 puntos de muestreo fueron georreferenciados utilizando un Geoposicionador satelital (GPS). El registro de la ubicación de los puntos se realizó en el centro de cada uno de ellos, utilizando unidades UTM con el uso del Datum WGS84.

Las coordenadas de los puntos de muestreo se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 4. Coordenadas UTM WGS84 de los sitios muestreados para el SAR.

Sitio de muestreo	X	Y
S1	503583.889	2301630.996
S2	503583.889	2301503.774
S3	503586.384	2301389.025
SA	503555.905	2303202.471
S5	503463.151	2303439.286
S6	503272.000	2303520.000
S7	502273.628	2302087.810
S8	502176.341	2301721.112
S9	502595.425	2301661.242
S10	502688.970	2301406.799
S11	503261.469	2301391.831
S12	503912.546	2302761.338



Figura 14. Descripción visual de los sitios de muestreo de vegetación dentro del SAR

B) MUESTREOS, ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE LA FLORA:

Para el levantamiento de muestras con la información requerida, se realizó un inventario en el área del Sistema Ambiental Regional delimitado. Se utilizaron diversas técnicas de muestreo, así como un GPS MAP para la ubicación de los sitios de muestreo; los equipos de medición forestal utilizados fueron, la forcípula, clinómetro, cintas diamétricas y métrica, así como la brújula, mismos que fueron utilizados para el levantamiento de la información.

La vegetación se caracterizó aplicando el método de parcelas rectangulares de 300 m^2 el cual estará destinada en su totalidad para la medición del estrato arbóreo y de forma anidada, es decir, dentro de la misma, se levantó una subparcela para la toma de datos de las variables de interés ecológico y forestal en el estrato arbustivo con una superficie de 100 m^2 y también la misma subparcela para las mediciones del estrato herbáceo (100 m^2).

La información en cada sitio de muestreo se levantó con ayuda de un grupo de técnicos en campo, los cuales se apoyaron con equipos como, GPS, forcípula, cinta métrica y clinómetro.

Para el estrato arbóreo se utilizó toda la parcela de muestreo (300 m^2), aquí se contabilizaron todos aquellos ejemplares con un DN (diámetro normal igual o mayor a 7.5 cm. El registro de los árboles se inició del centro del sitio hacia fuera mediante vectores direccionales, se utilizó como referencia

el norte franco y con dirección al sentido de las manecillas del reloj. De esta manera se procedió a registrar los datos por especie, es decir, a cada individuo se le tomaron las variables de DN, altura total, altura de fuste limpio, diámetro de copa mayor y diámetro de copa menor, además de género, especie y nombre común.

Para la toma de datos del estrato arbustivo (100 m^2) se incluyeron los individuos con diámetro del tallo igual o mayores a 2.5 cm y menores a 7.5 cm; todos los individuos con esta condición fueron registrados según su especie y recabando las variables de diámetro del tallo, altura total, diámetro de copa mayor, diámetro de copa menor, así como su información de nombre común, género y especie.

Para el estrato herbáceo con una superficie de 100 m^2, aquí incluimos a todos los individuos con diámetros menores a 2.5 cm. También se tomaron datos de nombre común, género, especie, diámetro de copa mayor diámetro de copa menor y número de individuos.

C) DEFINICIÓN DE ESTRATOS:

El criterio empleado para clasificar las especies vegetales identificadas según el estrato, fue el siguiente:

Tabla 5. Definición de estratos

ESTRATO	ALTURAS	DIÁMETROS	TALLO	RAMIFICACIÓN
ALTO	Mínimo de 3.51 m	≥ 7.5 de diámetro normal (1.30 m)	Leñoso	Presente
MEDIO	De 2.00 a 3.50 m	≥ 2.5 cm hasta menores ≤ 7.5 cm	Leñoso y semileñoso	Ramificado desde la base del tallo
BAJO	Máxima 1.99 m	< 2.5 cm en la base del tallo	Poco resistente, no leñoso	Presente o ausente

Numeración y marcado: En cada unidad de muestreo se siguió una numeración continua para todos los individuos incluidos en la misma. Es decir, cada árbol, arbusto y hierbas le fue asignado un número consecutivo que se presenta en las tablas de resultados.

Toma de datos: En cada sitio de muestreo se registraron todos los individuos vegetales por especie, vivos y muertos, también se levantaron variables dendrométricas como el diámetro normal, diámetro de copa y altura total.

Identificación taxonómica: Se realizó previamente una revisión bibliográfica para poder realizar la determinación correspondiente. Las especies que pudieron ser identificadas se describieron en el momento del levantamiento de información, sin embargo, de aquellos ejemplares que no se identificaron, se tomó una muestra y fue posteriormente identificada en trabajo de gabinete, empleando información de herbarios de la Península de Yucatán. Los datos presentados son: familia, nombre científico y nombre común.

D) ESTRUCTURA VERTICAL:

Las características estructurales de la vegetación son básicamente "aquellas relacionadas con la distribución espacial de la biomasa". Por lo tanto, es importante conocer la estructura de la vegetación para saber cuál es su evolución y dinámica.

La estructura vertical de la vegetación se observa a través de la estratificación de la vegetación. Los estratos son "cada porción de masa vegetal de una comunidad contenida dentro de un límite de altura determinado". La estructura vertical se puede determinar en función de la altura, aunque es recomendable diferenciar los estratos teniendo en cuenta también los tipos biológicos o las formaciones, de esta manera se obtiene información para realizar comparaciones entre unas comunidades con otras.

La distinción del número de estratos constituye un problema complejo y existen diversas soluciones alternativas basadas unas en sus límites altitudinales concretos y/o en los tipos biológicos. De esta forma se pudo dividir la vegetación considerando su altura,

E) INFORMACIÓN REGISTRADA EN EL MUESTREO:

Se definieron como criterios de inclusión al presente muestreo de vegetación, los siguientes parámetros:

Numeración y marcado: En cada unidad de muestreo se siguió una numeración continua para todos los individuos incluidos en el muestreo. A cada árbol, arbusto y hierbas le fue asignado un número consecutivo que se presenta en las tablas de resultados.

Identificación taxonómica: La identificación taxonómica de los árboles se verificó con la base de datos de la CONABIO.

Datos dendrométricos: Se obtuvieron los siguientes datos dendrométricos para cada uno de los individuos muestreados.

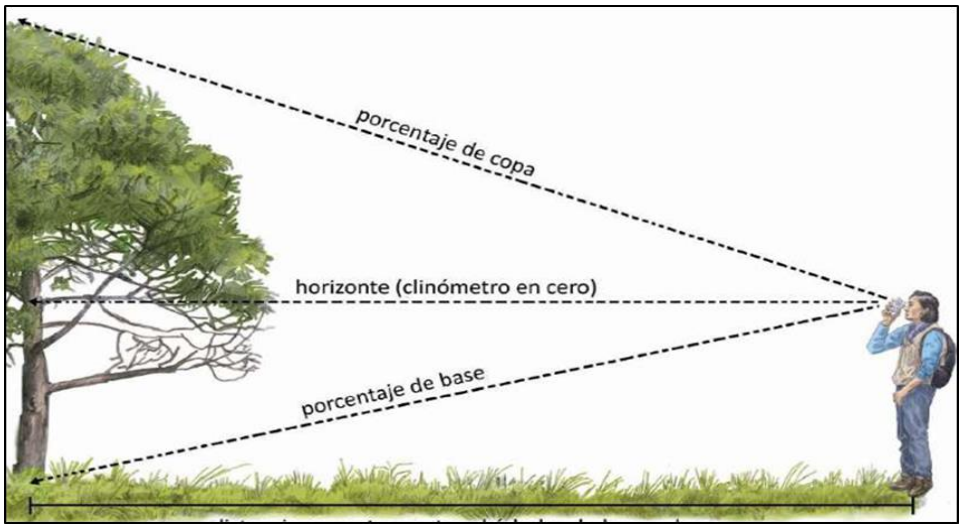


Figura 15. Levantamiento de la altura de los individuos arbóreos y arbustivos

Altura: En el caso de los árboles y arbustos, se midió la altura total considerando una medida en línea recta vertical, del nivel del suelo en la base del árbol hasta la parte más alta del mismo. En el caso de las hierbas, se utilizó un flexómetro del nivel del suelo, a su punto más alto.

Diámetro normal (DN): Se midió con cinta métrica y corresponde al diámetro del tronco a 1.3 m de altura, mientras que el diámetro basal es el diámetro en la base del tronco, inmediatamente arriba del cuello de la raíz. En los árboles cuyo tronco se dividió en dos o más ejes a los 1.30 m de altura, el diámetro normal se midió inmediatamente por debajo de la división, mientras que en aquellos donde la bifurcación de los troncos se presentó por debajo, pudiendo ser desde la base, cada tallo se consideró como un individuo independiente y por lo tanto las medidas se hicieron a la altura del DN.

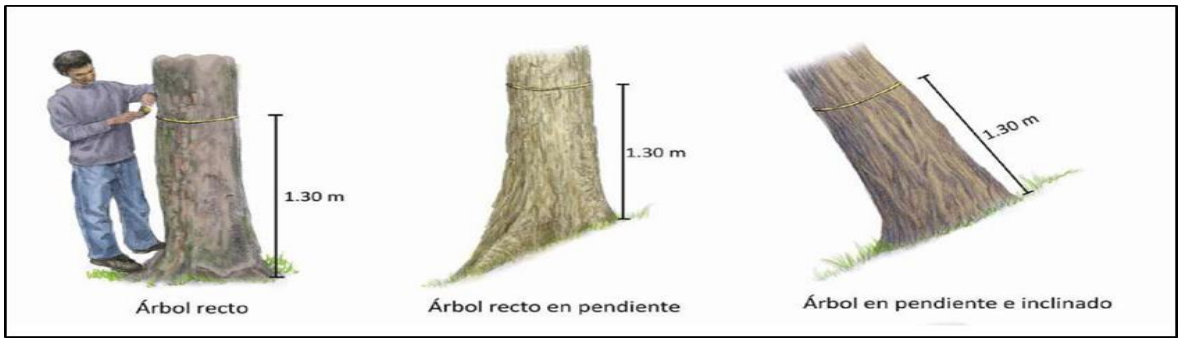
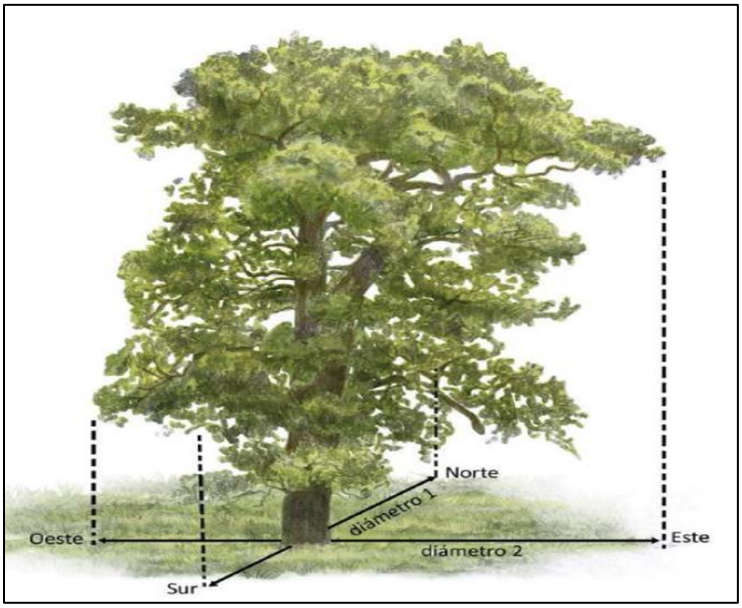


Figura 16. Criterios para el levantamiento del diámetro normal

Diámetro de copa 1, 2 y promedio: El diámetro de copa es el diámetro promedio de la copa que abarca el follaje y las ramas de un individuo.

Para obtenerlo, el equipo técnico se ubicó debajo y observó hacia la copa. Se seleccionó un eje de Norte a Sur que divida la copa a la mitad. Entonces se midió la distancia de uno a otro extremo de ese eje (diámetro 1). A continuación, se seleccionó un segundo eje, de Oeste a Este y perpendicular al que ya medimos –es decir, a 90 grados–, que también divida a la copa en dos. Midiendo la distancia de este nuevo eje, de uno a otro extremo (diámetro 2).



$$\text{diámetro de copa} = \frac{\text{diámetro 1} + \text{diámetro 2}}{2}$$

Figura 17. Criterios para la estimación del diámetro mayor y menor de copa

F) RESULTADOS:

Tabla 6. Especies arbóreas (estrato alto) registradas en el sistema ambiental regional

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA
FABACEAE	*Acacia dolichostachya*	1
ANNONACEAE	*Annona glabra*	12
MORACEAE	*Brosimum alicastrum*	1
BURSERACEAE	*Bursera simaruba*	31
MALPIGHIACEAE	*Byrsonima bucidaefolia*	1
FABACEAE	*Caesalpinia gaumeri*	2

APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	15
FLACOURTIACEAE	*Casearia corymbosa*	1
MALVACEAE	*Ceiba schottii*	1
SAPOTACEAE	*Chryosophyllum mexicanum*	1
POLYGONACEAE	*Coccoloba acapulcensis*	3
POLYGONACEAE	*Coccoloba itzaeus*	4
POLYGONACEAE	*Coccoloba spicata*	5
BORAGINACEAE	*Cordia alliodora*	1
ARALICEAE	*Dendropanax arborea*	12
EBENACEAE	*Diospyros albens*	5
EBENACEAE	*Diospyros cuneata*	4
EUPHORBIACEAE	*Dryapetes brownii*	1
MYRTACEAE	*Eugenia capuli*	1
SAPINDACEAE	*Exothea diphylla*	1
MORACEAE	*Ficus cotinifolia*	13
MORACEAE	*Ficus padifolia*	1
MORACEAE	*Ficus yucatanensis*	10
RUBIACEAE	*Guettarda combsii*	5
POLYGONACEAE	*Gymnopodium flobundum*	4
FABACEAE	*Lonchocarpus rugosus*	12
FABACEAE	*Lonchocarpus yucatanensis*	2
FABACEAE	*Lysiloma latisiliquum*	41
SAPOTACEAE	*Manilkara achras*	44

ANACARDIACEAE	*Metopium brownei*	107
MYRTACEAE	*Myrcianthes fragans*	17
NYCTAGINACEAE	*Neea psychotrioides*	4
ANNONACEAE	*Oxandra lanceolata*	6
FABACEAE	*Piscidia piscipula*	2
APOCYNACEAE	*Plumeria obtusa*	1
SAPOTACEAE	*Pouteria campechuianum*	2
SAPOTACEAE	*Sideroxylon foetidissimum*	1
SAPOTACEAE	*Sideroxylon salicifolium*	9
FABACEAE	*Swartzia cubensis*	8
SAPINDACEAE	*Talisia olivaeformis*	2
SAPINDACEAE	*Thouinia paucidenta*	3
MELIACEAE	*Trichilia havanensis*	1
VERBENACEAE	*Vitex gaumeri*	15
SALICACEAE	*Zuelania guidonia*	1
Total general		**414**

Con una riqueza de 44 especies y un total de 414 individuos, tenemos que las especies más abundantes resultaron ser *Metopium brownei* con el 25.85% y *Manilkara achras* con un 10.63%; en conjunto represental el 36.47% de la abundancia total en el estrato alto.

Tabla 7. Índice de Shannon-Wiener en el estrato alto del SAR

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUN-DANCIA	P(I) = N/N	LN P(I)	P(I)*LN P(I)
FABACEAE	*Acacia dolichostachya*	1	0.0024	-6.0259	-0.0146
ANNONACEAE	*Annona glabra*	12	0.0290	-3.5410	-0.1026
MORACEAE	*Brosimum alicastrum*	1	0.0024	-6.0259	-0.0146
BURSERACEAE	*Bursera simaruba*	31	0.0749	-2.5919	-0.1941
MALPIGHIACEAE	*Byrsonima bucidaefolia*	1	0.0024	-6.0259	-0.0146
FABACEAE	*Caesalpinia gaumeri*	2	0.0048	-5.3327	-0.0258
APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	15	0.0362	-3.3178	-0.1202
FLACOURTIACEAE	*Casearia corymbosa*	1	0.0024	-6.0259	-0.0146
MALVACEAE	*Ceiba schottii*	1	0.0024	-6.0259	-0.0146
SAPOTACEAE	*Chryosophyllum mexicanum*	1	0.0024	-6.0259	-0.0146
POLYGONACEAE	*Coccoloba acapulcensis*	3	0.0072	-4.9273	-0.0357
POLYGONACEAE	*Coccoloba itzaeus*	4	0.0097	-4.6396	-0.0448
POLYGONACEAE	*Coccoloba spicata*	5	0.0121	-4.4164	-0.0533
BORAGINACEAE	*Cordia alliodora*	1	0.0024	-6.0259	-0.0146
ARALICEAE	*Dendropanax arborea*	12	0.0290	-3.5410	-0.1026
EBENACEAE	*Diospyros albens*	5	0.0121	-4.4164	-0.0533
EBENACEAE	*Diospyros cuneata*	4	0.0097	-4.6396	-0.0448

EUPHORBIACEAE	*Dryapetes brownii*	1	0.0024	-6.0259	-0.0146
MYRTACEAE	*Eugenia capuli*	1	0.0024	-6.0259	-0.0146
SAPINDACEAE	*Exothea diphylla*	1	0.0024	-6.0259	-0.0146
MORACEAE	*Ficus cotinifolia*	13	0.0314	-3.4609	-0.1087
MORACEAE	*Ficus padifolia*	1	0.0024	-6.0259	-0.0146
MORACEAE	*Ficus yucatanensis*	10	0.0242	-3.7233	-0.0899
RUBIACEAE	*Guettarda combsii*	5	0.0121	-4.4164	-0.0533
POLYGONACEAE	*Gymnopodium flobundum*	4	0.0097	-4.6396	-0.0448
FABACEAE	*Lonchocarpus rugosus*	12	0.0290	-3.5410	-0.1026
FABACEAE	*Lonchocarpus yucatanensis*	2	0.0048	-5.3327	-0.0258
FABACEAE	*Lysiloma latisiliquum*	41	0.0990	-2.3123	-0.2290
SAPOTACEAE	*Manilkara achras*	44	0.1063	-2.2417	-0.2382
ANACARDIACEAE	*Metopium brownei*	107	0.2585	-1.3530	-0.3497
MYRTACEAE	*Myrcianthes fragans*	17	0.0411	-3.1927	-0.1311
NYCTAGINACEAE	*Neea psychotrioides*	4	0.0097	-4.6396	-0.0448
ANNONACEAE	*Oxandra lanceolata*	6	0.0145	-4.2341	-0.0614
FABACEAE	*Piscidia piscipula*	2	0.0048	-5.3327	-0.0258
APOCYNACEAE	*Plumeria obtusa*	1	0.0024	-6.0259	-0.0146
SAPOTACEAE	*Pouteria campechuianum*	2	0.0048	-5.3327	-0.0258
SAPOTACEAE	*Sideroxylon foetidissimum*	1	0.0024	-6.0259	-0.0146

SAPOTACEAE	*Sideroxylon salicifolium*	9	0.0217	-3.8286	-0.0832
FABACEAE	*Swartzia cubensis*	8	0.0193	-3.9464	-0.0763
SAPINDACEAE	*Talisia olivaeformis*	2	0.0048	-5.3327	-0.0258
SAPINDACEAE	*Thouinia paucidenta*	3	0.0072	-4.9273	-0.0357
MELIACEAE	*Trichilia havanensis*	1	0.0024	-6.0259	-0.0146
VERBENACEAE	*Vitex gaumeri*	15	0.0362	-3.3178	-0.1202
SALICACEAE	*Zuelania guidonia*	1	0.0024	-6.0259	-0.0146
Total general	**44**	**414**			
Índice de Shannon-Wiener (H)					**2.87**
Máxima diversidad H' max =					**3.78**
Equitatividad (J)					**0.76**

La abundancia del resto de las especies presentes en el estrato alto del SA resulta ser menor y en consecuencia crece la uniformidad, ya que el coeficiente de equitatividad (J) es de 0.76. Asimismo, la diversidad biológica puede ser considerada como intermedia dado que la diferencia entre la máxima diversidad H' (que es el valor más alto que puede alcanzar esta comunidad vegetal) y el índice de diversidad de Shannon Wiener (H) es del 24.22%.

Tabla 8. Especies vegetales arbustivas (estrato medio) presentes en el sistema ambiental regional

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA
FABACEAE	*Acacia cedilloi*	8
FABACEAE	*Acacia cornigera*	1
SAPINDACEAE	*Allophylus cominia*	1
LYTHRACEAE	*Ammannia latifolia*	1
RUTACEAE	*Amyris sylvatica*	1
FABACEAE	*Bauhinia divaricata*	1
FABACEAE	*Bauhinia jenningsii*	4
BROMELIACEAE	*Bromelia pinguin*	1
ARECACEAE	*Chamaedorea zeifrizii*	6
RUBIACEAE	*Chiococca alba*	3
RUBIACEAE	*Chiococca coriacea*	2
ARECACEAE	*Coccothrinax readii*	98
CELASTRACEAE	*Crossopetalum latifolium*	3
EUPHORBIACEAE	*Croton humilis*	2
EUPHORBIACEAE	*Croton lundellii*	1
EUPHORBIACEAE	*Croton malvavisciifolia*	3
EUPHORBIACEAE	*Croton reflexyfolius*	7
EUPHORBIACEAE	*Dryapetes brownii*	8
MYRTACEAE	*Eugenia laevis*	1
MALVACEAE	*Hampea trilobata*	3
MENISPERMACEAE	*Hyperbaena winzerlingii*	1

TEOPHRASTACEAE	*Jacquinia macrocarpa*	4
EUPHORBIACEAE	*Jatropha gaumeria*	1
ANNONACEAE	*Malmea depressa*	6
MALVACEAE	*Malvaviscus arboreus*	50
MYRTACEAE	*Myrciaria floribunda*	10
LAURACEAE	*Nectandra coriacea*	24
MYRSINACEAE	*Parathesis cubana*	6
RUBIACEAE	*Psychotria nervosa*	18
RUBIACEAE	*Randia aculeata*	83
ARECACEAE	*Sabal japa*	3
ARECACEAE	*Thrinax radiata*	34
ANACARDIACEAE	*Toxicodendron radicans*	3
MELIACEAE	*Trichilia glabra*	6
RUTACEAE	*Zanthoxylum fagara*	3
FABACEAE	*Zygia stevensonii*	3
Total general		**410**

El número total de especies registradas o riqueza específica obtenida fue de 36 especies en el estrato medio del Sistema Ambiental Regional. Las especies más abundantes son *Coccothrinax readii* con el 23.90% de los individuos, le sigue *Randia aculeata* con el 20.24% y después *Malvaviscus arboreus* 12.20%; de tal forma que estas tres especies representan el 56.34% del total de los individuos observados en dicho estrato.

Tabla 9. Índice de Shannon-Wiener en el estrato medio del SAR

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUN-DANCIA	P(I) = N/N	LN P(I)	P(I)*LN P(I)
FABACEAE	*Acacia cedilloi*	8	0.0195	-3.9367	-0.0768
FABACEAE	*Acacia cornigera*	1	0.0024	-6.0162	-0.0147
SAPINDACEAE	*Allophylus cominia*	1	0.0024	-6.0162	-0.0147
LYTHRACEAE	*Ammannia latifolia*	1	0.0024	-6.0162	-0.0147
RUTACEAE	*Amyris sylvatica*	1	0.0024	-6.0162	-0.0147
FABACEAE	*Bauhinia divaricata*	1	0.0024	-6.0162	-0.0147
FABACEAE	*Bauhinia jenningsii*	4	0.0098	-4.6299	-0.0452
BROMELIACEAE	*Bromelia pinguin*	1	0.0024	-6.0162	-0.0147
ARECACEAE	*Chamaedorea zeifrizii*	6	0.0146	-4.2244	-0.0618
RUBIACEAE	*Chiococca alba*	3	0.0073	-4.9175	-0.0360
RUBIACEAE	*Chiococca coriacea*	2	0.0049	-5.3230	-0.0260
ARECACEAE	*Coccothrinax readii*	98	0.2390	-1.4312	-0.3421
CELASTRACEAE	*Crossopetalum latifolium*	3	0.0073	-4.9175	-0.0360
EUPHORBIACEAE	*Croton humilis*	2	0.0049	-5.3230	-0.0260
EUPHORBIACEAE	*Croton lundellii*	1	0.0024	-6.0162	-0.0147
EUPHORBIACEAE	*Croton malvavisciifolia*	3	0.0073	-4.9175	-0.0360
EUPHORBIACEAE	*Croton reflexyfolius*	7	0.0171	-4.0702	-0.0695

EUPHORBIACEAE	*Dryapetes brownii*	8	0.0195	-3.9367	-0.0768
MYRTACEAE	*Eugenia laevis*	1	0.0024	-6.0162	-0.0147
MALVACEAE	*Hampea trilobata*	3	0.0073	-4.9175	-0.0360
MENISPERMACEAE	*Hyperbaena winzerlingii*	1	0.0024	-6.0162	-0.0147
TEOPHRASTACEAE	*Jacquinia macrocarpa*	4	0.0098	-4.6299	-0.0452
EUPHORBIACEAE	*Jatropha gaumeria*	1	0.0024	-6.0162	-0.0147
ANNONACEAE	*Malmea depressa*	6	0.0146	-4.2244	-0.0618
MALVACEAE	*Malvaviscus arboreus*	50	0.1220	-2.1041	-0.2566
MYRTACEAE	*Myrciaria floribunda*	10	0.0244	-3.7136	-0.0906
LAURACEAE	*Nectandra coriacea*	24	0.0585	-2.8381	-0.1661
MYRSINACEAE	*Parathesis cubana*	6	0.0146	-4.2244	-0.0618
RUBIACEAE	*Psychotria nervosa*	18	0.0439	-3.1258	-0.1372
RUBIACEAE	*Randia aculeata*	83	0.2024	-1.5973	-0.3234
ARECACEAE	*Sabal japa*	3	0.0073	-4.9175	-0.0360
ARECACEAE	*Thrinax radiata*	34	0.0829	-2.4898	-0.2065
ANACARDIACEAE	*Toxicodendron radicans*	3	0.0073	-4.9175	-0.0360
MELIACEAE	*Trichilia glabra*	6	0.0146	-4.2244	-0.0618
RUTACEAE	*Zanthoxylum fagara*	3	0.0073	-4.9175	-0.0360
FABACEAE	*Zygia stevensonii*	3	0.0073	-4.9175	-0.0360
Total general	**36**	**410**			

Índice de Shannon-Wiener (H)	**2.57**
Máxima diversidad H' max =	**3.58**
Equitatividad (J)	**0.72**

Los individuos presentes en el estrato medio tienen abundancias que pueden ser consideradas como intermedias, de tal forma, que el índice de equitatividad (J) es de 0.72. Asimismo, la diferencia entre la máxima diversidad (H´) y el índice de Shannon Wiener (H) es del 28.29%; entonces se puede considerar que la diversidad biológica se encuentra en un punto medio.

Tabla 10. Especies vegetales herbáceas (estrato bajo) predominantes en el sistema ambiental regional

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea floribunda*	1
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea podopogon*	2
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea pubescens*	9
BROMELIACEAE	*Bromelia pinguin*	2
ARACEAE	*Caladium bicolor*	29
DIOSCOREACEAE	*Dioscorea convolvulacea*	6
APOCYNACEAE	*Echites yucatanensis*	1
ASTERACEAE	*Euphatorium odoratum*	1
EUPHORBIACEAE	*Jatropha gaumeri*	1
POACEAE	*Lasiacis divaricata*	1
CONVOLVULACEAE	*Merremia aegyptia*	4
RUBIACEAE	*Morinda yucatanensis*	6
POACEAE	*Olyra glaberrima*	101
ORCHIDACEAE	*Oncidium sphacellatum*	6
SAPINDACEAE	*Paulinia cururu*	17
CYPERACEAE	*Scleria lithosperma*	2
SAPINDACEAE	*Serjania adiantoides*	14
SMILACACEAE	*Smilax mollis*	5
Total general		**208**

El número total de especies registradas en el estrato bajo es de 18 con una abundancia de 208 individuos muestreados en el Sistema Ambiental Regional; de las cuales *Olyra glaberrima* con el 48.56% del total y *Caladium bicolor* con un 13.94% son las especies más abundantes que en conjunto representan el 62.50 del total.

Las especies ostentan cantidades con cierta uniformidad, por lo cual, el índice de equitatividad (J) con 0.65 se considera como apenas intermedio. En este sentido, se observa que la diferencia entre el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H) y la máxima diveridad (H´) alcanza el 34.87%; por lo cual puede considerarse que la diversidad en el estrato bajo puede considerarse como media.

Tabla 11. Índice de Shannon-Wiener en el estrato bajo del SAR

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUN-DANCIA	P(I) = N/N	LN P(I)	P(I)*LN P(I)
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea floribunda*	1	0.0048	-5.3375	-0.0257
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea podopogon*	2	0.0096	-4.6444	-0.0447
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea pubescens*	9	0.0433	-3.1403	-0.1359
BROMELIACEAE	*Bromelia pinguin*	2	0.0096	-4.6444	-0.0447
ARACEAE	*Caladium bicolor*	29	0.1394	-1.9702	-0.2747
DIOSCOREACEAE	*Dioscorea convolvulacea*	6	0.0288	-3.5458	-0.1023
APOCYNACEAE	*Echites yucatanensis*	1	0.0048	-5.3375	-0.0257
ASTERACEAE	*Euphatorium odoratum*	1	0.0048	-5.3375	-0.0257
EUPHORBIACEAE	*Jatropha gaumeri*	1	0.0048	-5.3375	-0.0257
POACEAE	*Lasiacis divaricata*	1	0.0048	-5.3375	-0.0257
CONVOLVULACEAE	*Merremia aegyptia*	4	0.0192	-3.9512	-0.0760
RUBIACEAE	*Morinda yucatanensis*	6	0.0288	-3.5458	-0.1023
POACEAE	*Olyra glaberrima*	101	0.4856	-0.7224	-0.3508
ORCHIDACEAE	*Oncidium sphacellatum*	6	0.0288	-3.5458	-0.1023
SAPINDACEAE	*Paulinia cururu*	17	0.0817	-2.5043	-0.2047
CYPERACEAE	*Scleria lithosperma*	2	0.0096	-4.6444	-0.0447
SAPINDACEAE	*Serjania adiantoides*	14	0.0673	-2.6985	-0.1816

SMILACACEAE	*Smilax mollis*	5	0.0240	-3.7281	-0.0896
Total, general	**18**	**208**			
Índice de Shannon-Wiener (H)					**1.88**
Máxima diversidad H' max =					**2.89**
Equitatividad (J)					**0.65**

De forma conjunta, en los tres estratos representados en el Sistema Ambiental Regional (SAR) o Cuenca Hidrológica Forestal (CHF) se encuentran presentes 56 familias botánicas con un total de 152 especies distintas. Siendo la familia fabaceae la más importante con 21 especies, le siguen las euphorbiáceas y poaceae con ocho especies, luego están las rubiaceae y sapindaceae con seis, le siguen las sapotacee, polygonaceae, myrtaceae, moraceae. Bignoniaceae y arecaceae con cinco, luego están rutaceae, orchidaceae y annonaceae con cuatro especies y finalmente con tres estpecies están las verbenaceae, flacourtiaceae, malpighiaceae, menispermaceae, cyperaceae y las anarcardiaceae. El resto de las familias botánicas están representadas por una o dos especies.

Tabla 12. Listado florístico presente en el sistema ambiental regional (SAR).

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FORMA DE VIDA	Origen	NOM-059
ACANTHACEAE	*Elytraria bromoides*	yak' much / lengua de sapo	hierba	Nativo	
ANACARDIACEAE	***Astronium graveolens***	**k'ulim che'**	**Árbol**	Nativa	**A**
ANACARDIACEAE	*Metopium brownei*	cheechem	Árbol	Nativa	
ANACARDIACEAE	*Toxicodendron radicans*	sak cheechem	arbusto	Nativa	
ANNONACEAE	*Annona glabra*	maak' /Corcho	Árbol	Nativa	
ANNONACEAE	*Malmea depressa*	e'le'muy	Arbusto	Nativa	
ANNONACEAE	*Oxandra lanceolata*	box e'lemuy	Árbol	Nativa	
ANNONACEAE	*Sapranthus campechianus*	sak e'lemuy	Arbusto	Nativa	
APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	Akiits	Árbol	Endémica	
APOCYNACEAE	*Echites yucatanensis*	guitarra ak'	hierba	Nativa	
ARACEAE	*Caladium bicolor*	ta'ab kaani'	Hierba	Nativa	
ARALICEAE	*Dendropanax arborea*	sak chakaj	Árbol	Nativa	
ARECACEAE	*Acoelorrhaphe wrightii*	tasiste	arbusto	Nativa	
ARECACEAE	***Thrinax radiata***	**ch'iit**	**Arbusto**	Nativa	**A**

ARECACEAE	***Coccothrinax readii***	**nak'as / nak'ax**	**Arbusto**	**Endémica**	**A**
ARECACEAE	*Sabal japa*	xa'an / huano	Ábol	Nativa	
ARECACEAE	*Chamaedorea zeifrizii*	xyaat / xiat	Hierba	Nativa	
ASTERACEAE	*Euphatorium albicaule*	sak tok' a'ban	Arbusto	Nativa	
ASTERACEAE	*Euphatorium odoratum*	xtok' a'ban	Hierba	Nativa	
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea floribunda*	bilin kok ak'	Hierba	Nativa	
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea podopogon*	Ak' xu'ux	Hierba	Nativa	
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea pubescens*	soh baach	Hierba	Nativa	
BIGNONIACEAE	*Cydista potosina*	ek´k'iix	Hierba	Nativa	
BIGNONIACEAE	***Tabebuia chrysantha***	**k'an llol / mauche'**	**Árbol**	Nativa	**A**
BOMBACACEAE	*Ceiba aesculifolia*	pi'im / apochote	árbol	Endémica	
BORAGINACEAE	*Cordia alliodora*	bojom	Árbol	Nativa	
BORAGINACEAE	*Cordia dodecandra*	k'opte' / siricote	Árbol	Nativa	
BROMELIACEAE	*Bromelia pinguin*	Ts'ablay / ts'albay	Hierba	Nativa	
BROMELIACEAE	*Tilandsia brachycaulos*	miis che'	Epifito	Nativa	

BURSERACEAE	*Bursera simaruba*	chakaj / palo mulato	Árbol	Endémica	
CACTACEAE	*Selenicereus donkelaarii*	chooch kan / pool tsutsuy	Epifita	Nativa	
CAPPARIDACEAE	*Capparis cynophallophora*	box che'	Arbusto	Nativa	
CECROPICEAE	*Cecropia obtusifolia*	k'ooch le'	Árbol	Endémica	
CELASTRACEAE	*Crossopetalum latifolium*	kambal kib che'	arbusto	Nativa	
CONVOLVULACEAE	*Merremia aegyptia*	kup ak'	Hierba	Nativa	
CLUSIACEAE	*Clusia salvinii*	chunup	Árbol	Endémica	
CUCURBITACEAE	*Momordica charantia*	kol mool	Hierba	Nativa	
CYPERACEAE	*Cladium jamaicense*	cortandela	hierba	Nativa	
CYPERACEAE	*Cyperus thyrsiflorus*	xta' ch'om / hierba del zopilote	Hierba	Nativa	
CYPERACEAE	*Scleria lithosperma*	ok nom	Hierba	Nativa	
EBENACEAE	*Didspyros cuneata*	uchulche	Árbol	Nativa	
EBENACEAE	*Diospyros albens*	silil	Árbol	Nativa	
ERYTHROXYLACEAE	*Erythoxylum confusum*	noh ik che'	Árbol	Nativa	
EUPHORBIACEAE	*Croton humilis*	ik a'ban	Arbusto	Nativa	

EUPHORBIACEAE	*Croton lundellii*	k'uxub che'	Arbusto	Nativa	
EUPHORBIACEAE	*Croton malvavisciifolia*	nich'ib yuk	Arbusto	Nativa	
EUPHORBIACEAE	*Crotn reflexyfolius*	p'eskuts	Árbol	Nativa	
EUPHORBIACEAE	*Dalechampia scandens*	xmo'ol koj	Hierba	Nativa	
EUPHORBIACEAE	*Dryapetes brownii*	p'ih	Árbol	Nativa	
EUPHORBIACEAE	*Cnidoscolus aconitifolius*	xtsah / chaya de monte	Hierba	Nativa	
EUPHORBIACEAE	*Jatropha gaumeri*	pomol che' / piñoncillo	Árbol	Endémica	
FABACEAE	*Acacia cedilloi*	sak subin	arbusto	Nativa	
FABACEAE	*Acacia cornigera*	subin	Arbusto	Nativa	
FABACEAE	*Acacia glomerosa*	sak piich	Árbol	Nativa	
FABACEAE	*Acacia dolichostachya*	sak piche	Árbol	Nativa	
FABACEAE	*Bauhinia divaricata*	ts'ulub tok' / pata de vaca	Arbusto	Nativa	
FABACEAE	*Bauhinia jenningsii*	chak ts'ulub tok'	Arbusto	Nativa	
FABACEAE	*Caesalpinia gaumeri*	kitam che'	Árbol	Endémica	
FABACEAE	*Desmodium glabrum*	bu'ul xiw	Hierba	Nativa	

FABACEAE	*Desmodium incanum*	xjulk'in / chak julk'in	Hierba	Nativa	
FABACEAE	*Erythrina standleyana*	chak mo'olche'	Arbol	Nativa	
FABACEAE	*Galactica striata*	k'axab yuk	Hierba	Nativa	
FABACEAE	*Haematoxylum campechianum*	bonil che' / palo de tinto	Árbol	Nativa	
FABACEAE	*Lonchocarpus rugosus*	k'analsin	Árbol	Nativa	
FABACEAE	*Lonchocarpus yucatanensis*	ya'ax xu'ul	Árbol	Endémica	
FABACEAE	*Lysiloma latisiliquum*	tsalam	Árbol	Nativa	
FABACEAE	*Piscidia piscipula*	ja'abin	Árbol	Nativa	
FABACEAE	*Platymiscium yucatanum*	suubin che'	Árbol	Nativa	
FABACEAE	*Rhynchosia minima*	ib ch'o'	Hierba	Nativa	
FABACEAE	*Senna racemosa*	xk'anlol	Árbol	Nativa	
FABACEAE	*Swartzia cubensis*	k'atal oox	Árbol	Nativa	
FABACEAE	*Zygia stevensonii*	kakaw che'	Arbusto	Nativa	
FLACOURTIACEAE	*Zuelania guidonia*	xtamay /xsabak che'	Árbol	Nativa	
FLACOURTIACEAE	*Casearia corymbosa*	Ixi'im che'	Árbol	Nativa	

FLACOURTIACEAE	*Samida yucatanensis*	mukuy che'	Arbusto	Nativa	
GENTIANACEAE	*Voyria parasitica*	tus ik su'uk / xtus ik' su'ukil	hierba	Nativa	
HIPPOCRATACEAE	*Hippocratea excelsa*	sak boob	Árbol	Nativa	
LAURACEAE	*Nectandra coriacea*	luareliyo	Arbusto	Nativa	
LAURACEAE	*Licaria peckii*	pimientiyo	Arbusto	Nativa	
LYTHRACEAE	*Lawsonia inermis*	k'u ch'eel	Arbusto	Nativa	
MALPIGHIACEAE	*Bunchosia glandulosa*	siip che'	Arbusto	Nativa	
MALPIGHIACEAE	*Byrsonima bucidaefolia*	sak pah / nance blanco	Árbol	Nativa	
MALPIGHIACEAE	*Heteropterys laurifolia*	pepen ak'	Hierba	Nativa	
MENISPERMACEAE	*Cisampelos pareira*	petetktun	Hierba	Nativa	
MALVACEAE	*Hampea trilobata*	hool / majagua	Árbol	Nativa	
MALVACEAE	*Malvaviscus arboreus*	Bisi' che' / tulipán de monte	Arbusto	Nativa	
MELIACEAE	*Trichilia glabra*	chak ch'oben che'	Árbol	Nativa	

MELIACEAE	*Trichilia havanensis*	ch'ooben che'	Arbusto	Nativa	
MENISPERMACEAE	*Hyperbaena winzerlingii*	xchooch kitam	Arbusto	Nativa	
MORACEAE	*Ficus cotinifolia*	koopo'	Árbol	Nativa	
MORACEAE	*Ficus obtucifolia*	sak awaj / papiro	Árbol	Nativa	
MORACEAE	*Ficus pertusa*	ju'un ch'iich'	Árbol	Nativa	
MORACEAE	*Ficus yucatanensis*	akum	Árbol	Nativa	
MORACEAE	*Brosimum alicastrum*	oox / ramón	Árbol	Nativa	
MYRSINACEAE	*Paratesis cubana*	chamal che' / pico de paloma	Arbusto	Nativa	
MYRTACEAE	*Eugenia capuli*	sak loob	Árbol	Nativa	
MYRTACEAE	*Eugenia laevis*	jirnich' / guirnich'	Arbusto	Nativa	
MYRTACEAE	*Eugenia mayana*	sak ok loob	Árbol	Nativa	
MYRTACEAE	*Myrcianthes fragans*	Xoko´cha'an / guyabiyo	Árbol	Nativa	
MYRTACEAE	*Myrciaria floribunda*	ki' bok che'	Arbusto	Nativa	
NYCTAGINACEAE	*Neea psychotrioides*	ta' ts'i´/ pinta uña	Árbol	Nativa	
OLACACEAE	*Schoepfia schheberi*	sak beek	Arbol	Nativa	

ORCHIDACEAE	*Ocleades maculata*	orquidia terrestre	Hierba	Nativa	
ORCHIDACEAE	*Oncidium sphacellatum*	orquidia de tierra	Hierba	Nativa	
ORCHIDACEAE	*Pleurothallis inflexus*	manita	Epifita	Nativa	
ORCHIDACEAE	*Spiranthes torta*	vara de san juán	Hierba	Nativa	
PIPERACEAE	*Piper gaumeri*	ya'ax p'eje che' / xya'ax p'ejel che'	Arbusto	Endémica	
POACEAE	*Andropogon bicornis*	xneh mula / cola de mula	Hierba	Nativa	
POACEAE	*Cynodon dactylon*	chimes su'uk	Hierba	Nativa	
POACEAE	*Digitaria bicornis*	pakab kej	Hierba	Nativa	
POACEAE	*Echinochloa colonum*	mejen nok'ol su'uk	Hierba	Nativa	
POACEAE	*Lasiacis divaricata*	siit / bambú	Hierba	Nativa	
POACEAE	*Olyra glaberrima*	tsapal su'uk	Hierba	Nativa	
POACEAE	*Paspalum nutatum*	nok'ol su'uk	Hierba	Nativa	
POACEAE	*Phragmites australis*	jalal / carrizo	Hierba	Nativa	
POLYGONACEAE	*Gymnopodium flobundum*	ts'its'il che'	Árbol	Nativa	

POLYGONACEAE	*Coccoloba Itzeus*	sak bo'oy ch'i'ich'	Árbol	Nativa	
POLYGONACEAE	*Coccoloba acapulcensis*	xtoh yuub	Árbol	Nativa	
POLYGONACEAE	*Coccoloba spicata*	boob	Árbol	Nativa	
POLYGONACEAE	*Coccoloba diversifolia*	boóy ch'iich'	Árbol	Nativa	
RHAMNACEAE	*Krugiodendron ferreum*	chintok' / quibra hacha	Árbol	Nativa	
RANUNCULACEAE	*Clematis dioica*	meex nuxib / barba de viejo	Hierba	Nativa	
RUBIACEAE	*Borreria verticellata*	ni' so'ots'	Hierba	Nativa	
RUBIACEAE	*Chiococca alba*	kanchak che'	arbusto	Nativa	
RUBIACEAE	*Chiococca coriacea*	ya'ax kanchak che'	arbusto	Nativa	
RUBIACEAE	*Psychotria nervosa*	ya'ax k'anan	Arbusto	Nativa	
RUBIACEAE	*Randia aculeata*	xpeech kitam	Arbusto	Nativa	
RUBIACEAE	*Guettarda combsii*	taas ta'ab	Árbol	Nativa	
RUTACEAE	*Casimiroa tetrameria*	yuuy	Árbol	Nativa	

RUTACEAE	*Esenbeckia berlandieri*	jok'ob che'	Arbol	Nativa	
RUTACEAE	*Zantoxylon caribaeum*	sina'an che'	Árbol	Nativa	
RUTACEAE	*Zanthoxylum fagara*	tankas che'	Arbusto	Nativa	
SAPINDACEAE	*Allophylus cominia*	xik baach / ich baach	Arbusto	Nativa	
SAPINDACEAE	*Exothea diphylla*	wayam kox	Árbol	Nativa	
SAPINDACEAE	*Talisia olivaeformis*	wayam país	Árbol	Nativa	
SAPINDACEAE	*Thouinia paucidenta*	k'anchunub	Árbol	Nativa	
SAPINDACEAE	*Serjania adiAntioides*	p'ak' ak'	Hierba	Nativa	
SAPINDACEAE	*Paulinia cururu*	ch'eem ak'	Hierba	Nativa	
SAPOTACEAE	*Chryosophyllum mexicanum*	chi' keeh / caimitillo	Árbol	Nativa	
SAPOTACEAE	*Manilkara achras*	ya' / chico zapote	Árbol	Nativa	
SAPOTACEAE	*Pouteria campechuianum*	k'aniste' / k'anaste'	Árbol	Nativa	
SAPOTACEAE	*Sideroxylon foetidissimum*	Tsimin che' / caracoliyo	Árbol	Nativa	
SAPOTACEAE	*Sideroxylon salicifolium*	ts'its'il ya'	Árbol	Nativa	

SIMAROUBACEAE	*Simarouba glauca*	xpa' sak' che' / pa' sak'	Árbol	Nativa	
SMILACACEAE	*Smilax mollis*	koj kej	Hierba	Nativa	
SOLANACEAE	*Solanum umbellatum*	ukuuch	Hierba	Nativa	
TYPHACEAE	*Typha domingensis*	poop / tule	Hierba	Nativa	
TEOPHRASTACEAE	*Jaquinia macrocarpa*	yaak' t'eel / pincha huevo	Arbusto	Nativa	
TURNERACEAE	*Turnera diffusa*	misib kok / clavo de oro	Hierba	Nativa	
VERBENACEAE	*Callicarpa acuminata*	Xpukim	Arbusto	Nativa	
VERBENACEAE	*Rehdera trinervis*	sak wi'isil che'	Arbol	Nativa	
VERBENACEAE	*Vitex gaumeri*	ya'ax nik	Árbol	Nativa	

En cuanto a su origen, tenemos que con un 93.42% las especies nativas son claramente más abundantes en el área del Sistema Ambiental Regional, le siguen las endémicas con un 6.58%; no se registraron especies introducidas.

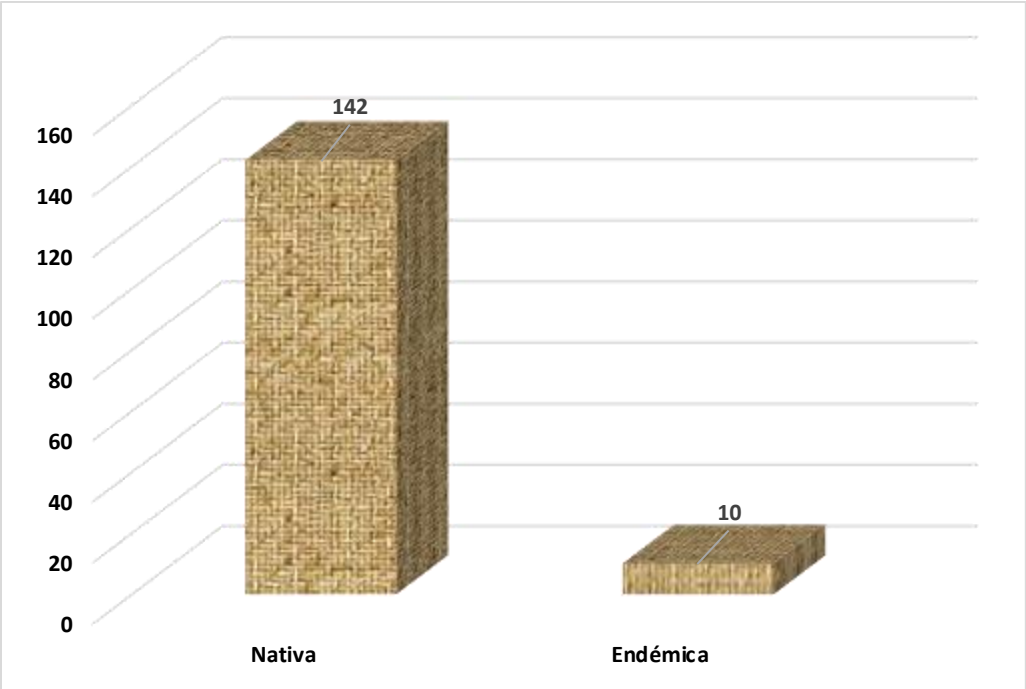


Figura 18. Distribución de especies por origen del Sistema Ambiental Regional.

G) ESPECIES VEGETALES EN LA NOM 059-SEMARNAT-2010:

En el SAR, se registraron tres especies, las cuales son *Coccothrinax readii, Thrinax radiata, Astronium graveonens* y *Tabebuia chrysantha* enlistadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 en el status de amenazadas (A).

IV.2.2.2 Caracterización y composición de la vegetación del predio/área de cambios de uso de suelo en terrenos forestales

Se realizó una caracterización ambiental de la flora presente en el predio (CUSTF), obteniendo los siguientes resultados.

Para el levantamiento de la vegetación leñosa (estratos alto y medio) se realizó el levantamiento de 10 sitios de 1,400 m² (14,000 m²) para la vegetación arbórea, la misma cantidad de sitios anidados de 300 m² (3,000 m²) para la vegetación arbustiva presente en el área propuesta para el proyecto (CUSTF); en tanto que para el estrato bajo (vegetación herbácea), también fueron levantados 10 parcelas de muestreo anidadas de 100 m² (1,000 m^2) cada una.

De esta forma, utilizando un diseño de muestreo sistemático, se distribuyó la muestra en la totalidad de la superficie del área propuesta para el proyecto (CUSTF) que es igual a 205,350.81 m² que equivale a 20.5351 ha. De esta forma se obtuvo una intensidad de muestreo del 6.82%, que se considera adecuado para obtener información confiable.

Tabla 13. Coordenadas UTM WGS84 del muestreo para estrato alto, medio y bajo.

V	X	Y
1	502435.955	2302923.348
2	502636.404	2302899.919
3	502873.300	2302888.204
4	503129.719	2302864.775
5	503357.503	2302845.251
6	502428.145	2302789.606
7	502471.098	2302840.369
8	502763.963	2302832.560
9	503009.970	2302798.392
10	503288.517	2302781.471



Figura 19. Predio del proyecto " Aprovechamiento de roca caliza por debajo del manto freático en la parcela 1181-Z2-P1" donde se observan las coordenadas de los muestreos de vegetación.

Variables levantadas

En cada sitio de muestreo se levantaron las siguientes variables dasométricas: identificación de la especie, altura total, diámetro menor de la copa, diámetro mayor de copa, en el caso de los árboles, también se midió el diámetro normal (1.30 m) de altura. Todo esto para la totalidad de los individuos presentes en las unidades muestrales.

Equipo utilizado

El levantamiento de los datos de las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas se llevó a cabo con dos brigadas de campo que utilizaron las siguientes herramientas y equipo:

- 4 flexómetro
- 4 machetes
- Cinta métrica (50 m)
- 4 pintura (aerosol color rojo)
- 2 lápices y/o lapiceros
- 2 cámara fotográfica
- 2 libreta de campo
- 2 GPS
- 2 brújula
- 20 hojas de datos

Composición y estructura florística por tipos de vegetación

Tabla 14. Listado de especies registradas en el estrato alto en el área propuesta para el cambio de uso del suelo en terrenos forestales

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA
FABACEAE	*Acaca glomerosa*	2
FABACEAE	*Bauhinia divaricata*	17
BURSERACEAE	*Bursera simaruba*	126
MALPIGHIACEAE	*Byrsonima bucidaefolia*	21
FABACEAE	*Caesalpinia gaumeri*	3
FLACOURTIACEAE	*Cascabella thevetia*	6
FLACOURTIACEAE	*Casearia corymbosa*	32
RUTACEAE	*Casimiroa tetrameria*	4
MALVACEAE	*Ceiba schottii*	4
SAPOTACEAE	*Chrysophyllum cainito*	1
POLYGONACEAE	*Coccoloba diversifolia*	6
POLYGONACEAE	*Coccoloba Itzaeus*	6
POLYGONACEAE	*Coccoloba spicata*	11
ARECACEAE	*Coccothrinax readii*	1
BORAGINACEAE	*Cordia alliodora*	2
BORAGINACEAE	*Cordia dodecandra*	6
ARALICEAE	*Dendropanax arborea*	25
EBENACEAE	*Diospyros albens*	6
EBENACEAE	*Diospyros cuneata*	5

EUPHORBIACEAE	*Dryapetes brownii*	2
SAPINDACEAE	*Exothea diphylla*	5
MORACEAE	*Ficus cotinifolia*	73
MORACEAE	*Ficus pertusa*	3
MORACEAE	*Ficus yucatanensis*	6
POLYGONACEAE	*Gymnopodium flobundum*	31
FABACEAE	*Haematoxylum campechianum*	1
MALVACEAE	*Hampea trilobata*	1
HIPPOCRATACEAE	*Hippocratea excelsa*	1
EUPHORBIACEAE	*Jatropha gaumeri*	2
RHAMNACEAE	*Krugiodendron ferreum*	1
FABACEAE	*Lonchocarpus rugosus*	32
FABACEAE	*Lysiloma latisiliquum*	167
SAPOTACEAE	*Manilkara achras*	163
ANACARDIACEAE	*Metopium brownei*	311
MYRTACEAE	*Myrcianthes fragans*	18
LAURACEAE	*Nectandra coriacea*	1
ANNONACEAE	*Oxandra lanceolata*	38
FABACEAE	*Piscidia piscipula*	5
FABACEAE	*Platymiscium yucatanum*	1
SAPOTACEAE	*Pouteria campechianum*	20
ARECACEAE	*Sabal japa*	1
SAPOTACEAE	*Sideroxylon salicifolium*	23
FABACEAE	*Swartzia cubensis*	6
SAPINDACEAE	*Talisia olivaeformis*	1
SAPINDACEAE	*Thouinia paucidenta*	4
ARECACEAE	*Thrinax radiata*	1
MELIACEAE	*Trichilia havanensis*	1
VERBENACEAE	*Vitex gaumeri*	40
TOTALES		**1,243**

De un total de 48 especies, podemos ver que cuatro de ellas son las más abundantes: *Metopium brownei* representa el 25.02%, *Lysiloma latisiliquum* con el 13.44%, *Manilkara achars* con 13.11% y con un 10.14% está *Bursera simaruba*. De tal forma que en conjunto representan el 61.71% de los individuos existentes en el estrato alto.

Tabla 15. índice de Shannon-Wiener en el estrato alto del SAR

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUN-DANCIA	P(I) = N/N	LN P(I)	P(I)*LN P(I)
FABACEAE	*Acaca glomerosa*	2	0.0016	-6.4321	-0.0103
FABACEAE	*Bauhinia divaricata*	17	0.0137	-4.2921	-0.0587
BURSERACEAE	*Bursera simaruba*	126	0.1014	-2.2890	-0.2320
MALPIGHIACEAE	*Byrsonima bucidaefolia*	21	0.0169	-4.0808	-0.0689
FABACEAE	*Caesalpinia gaumeri*	3	0.0024	-6.0267	-0.0145
FLACOURTIACEAE	*Cascabella thevetia*	6	0.0048	-5.3335	-0.0257
APOCYNACEAE	*Casearia corymbosa*	32	0.0257	-3.6595	-0.0942
RUTACEAE	*Casimiroa tetrameria*	4	0.0032	-5.7390	-0.0185
MALVACEAE	*Ceiba schottii*	4	0.0032	-5.7390	-0.0185
SAPOTACEAE	*Chrysophyllum cainito*	1	0.0008	-7.1253	-0.0057
POLYGONACEAE	*Coccoloba diversifolia*	6	0.0048	-5.3335	-0.0257
POLYGONACEAE	*Coccoloba itzaeus*	6	0.0048	-5.3335	-0.0257
POLYGONACEAE	*Coccoloba spicata*	11	0.0088	-4.7274	-0.0418
POLYGONACEAE	*Coccothrinax readii*	1	0.0008	-7.1253	-0.0057
BORAGINACEAE	*Cordia alliodora*	2	0.0016	-6.4321	-0.0103
BORAGINACEAE	*Cordia dodecandra*	6	0.0048	-5.3335	-0.0257
ARALICEAE	*Dendropanax arborea*	25	0.0201	-3.9064	-0.0786
EBENACEAE	*Diospyros albens*	6	0.0048	-5.3335	-0.0257
EBENACEAE	*Diospyros cuneata*	5	0.0040	-5.5158	-0.0222

EUPHORBIACEAE	*Dryapetes brownii*	2	0.0016	-6.4321	-0.0103
SAPINDACEAE	*Exothea diphylla*	5	0.0040	-5.5158	-0.0222
MORACEAE	*Ficus cotinifolia*	73	0.0587	-2.8348	-0.1665
MORACEAE	*Ficus pertusa*	3	0.0024	-6.0267	-0.0145
MORACEAE	*Ficus yucatanensis*	6	0.0048	-5.3335	-0.0257
POLYGONACEAE	*Gymnopodium flobundum*	31	0.0249	-3.6913	-0.0921
FABACEAE	*Haematoxylum campechianum*	1	0.0008	-7.1253	-0.0057
MALVACEAE	*Hampe trilobata*	1	0.0008	-7.1253	-0.0057
HIPPOCRATACEAE	*Hippocratea excelsa*	1	0.0008	-7.1253	-0.0057
EUPHORBIACEAE	*Jatropha gaumeri*	2	0.0016	-6.4321	-0.0103
RHAMNACEAE	*Krugiodendron ferreum*	1	0.0008	-7.1253	-0.0057
FABACEAE	*Lonchocarpus rugosus*	32	0.0257	-3.6595	-0.0942
FABACEAE	*Lysiloma latisiliquum*	167	0.1344	-2.0073	-0.2697
SAPOTACEAE	*Manilkara achras*	163	0.1311	-2.0315	-0.2664
ANACARDIACEAE	*Metopium brownei*	311	0.2502	-1.3855	-0.3467
MYRTACEAE	*Myrcianthes fragans*	18	0.0145	-4.2349	-0.0613
LAURACEAE	*Nectandra coriacea*	1	0.0008	-7.1253	-0.0057
ANNONACEAE	*Oxandra lanceolata*	38	0.0306	-3.4877	-0.1066
FABACEAE	*Piscidia piscipula*	5	0.0040	-5.5158	-0.0222
FABACEAE	*Platymiscium yucatanum*	1	0.0008	-7.1253	-0.0057
SAPOTACEAE	*Pouteria campechianum*	20	0.0161	-4.1296	-0.0664

ARECACEAE	*Sabal japa*	1	0.0008	-7.1253	-0.0057
SAPOTACEAE	*Sideroxylon salicifolium*	23	0.0185	-3.9898	-0.0738
FABACEAE	*Swartzia cubensis*	6	0.0048	-5.3335	-0.0257
SAPINDACEAE	*Talisia olivaeformis*	1	0.0008	-7.1253	-0.0057
SAPINDACEAE	*Thouinia paucidenta*	4	0.0032	-5.7390	-0.0185
ARECACEAE	Thrinax radiata	1	0.0008	-7.1253	-0.0057
MELIACEAE	Trichilia havanensis	1	0.0008	-7.1253	-0.0057
VERBENACEAE	Vitex gaumeri	40	0.0322	-3.4364	-0.1106
Total general	**45**	**1243**			
				Índice de Shannon-Wiener (H)	**2.67**
				Máxima diversidad H' max =	**3.81**
				Equitatividad (J)	**0.70**

Asimismo, la abundancia por especie presenta una uniformidad regular, ya que el índice de equitatividad es de 0.70 y la diferencia entre la máxima equitatividad (H') y el índice de Shannon-Wiener es del 29.86%, por lo tanto, puede considerarse que la diversidad biológica es regular o intermedia.

Tabla 16. Listado de las especies registradas en el estrato medio del área propuesta para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA
FABACEAE	*Acacia cornigera*	4
SAPINDACEAE	*Allophylus cominia*	3
FABACEAE	*Bauhinia divaricata*	2
FABACEAE	*Bauhinia jenningsii*	5
MALPIGHIACEAE	*Buchosia glandulosa*	5
VERBENACEAE	*Callicarpa acuminata*	4
APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	3
RUBIACEAE	*Chiococca alba*	5
ARECACEAE	*Coccothrinax readii*	90
EUPHORBIACEAE	*Croton humilis*	1
EUPHORBIACEAE	*Croton malvavisciifolia*	5
MYRTACEAE	*Eugenia mayana*	1
ASTERACEAE	*Euphatorium albicaule*	3
POLYGONACEAE	*Gymnopodium flobundum*	1
MENISPERMACEAE	*Hyperbaena winzerlingii*	1
TEOPHRASTACEAE	*Jaquinia macrocarpa*	1
EUPHORBIACEAE	*Jatropha gaumeri*	2
LAURACEAE	*Licaria peckii*	2
ANNONACEAE	*Malmea depressa*	3
MALVACEAE	*Malvaviscus arboreus*	58

SAPOTACEAE	*Manilkara achras*	5
MYRTACEAE	*Myrcianthes fragans*	6
MYRTACEAE	*Myrciaria floribunda*	26
LAURACEAE	*Nectandra coriacea*	27
ANNONACEAE	*Oxandra lanceolata*	1
MYRSINACEAE	*Parathesis cubana*	4
PIPERACEAE	*Piper gaumeri*	2
FABACEAE	*Platymiscium yucatanum*	1
BURSERACEAE	*Protium copal*	1
RUBIACEAE	*Psychotria nervosa*	3
RUBIACEAE	*Psychotria pubescens*	2
RUBIACEAE	*Randia aculeata*	87
ARECACEAE	*Sabal japa*	1
ARECACEAE	*Thrinax radiata*	35
ANACARDIACEAE	*Toxicodendron radicans*	1
MELIACEAE	*Trichilia havanensis*	2
MELIACEAE	*Trichilia hirta*	1
FABACEAE	*Zygia stevensonii*	4
FLACOURTIACEAE	*Casearia corymbosa*	1
Total general		409

Con 39 especies registradas, tenemos que son tres las que representan la mayor importancia, las cuales son *Coccothrinax readii* que representa el 22.00% del total de individuos, le sigue *Randia aculeata* con 21.27% y finalmente *Malvaviscus arboreus* con el 14.18%. Este grupo de especies representan el 57.46% del total de los individuos presentes en el estrato arbustivo del área propuesta para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales.

Tabla 17. Índice de Shannon-Wiener en el estrato medio del SAR

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUN-DANCIA	P(I) = N/N	LN P(I)	P(I)*LN P(I)
FABACEAE	*Acacia cornigera*	4	0.0098	-4.6274	-0.0453
SAPINDACEAE	*Allophylus cominia*	3	0.0073	-4.9151	-0.0361
FABACEAE	*Bauhinia divaricata*	2	0.0049	-5.3206	-0.0260
FABACEAE	*Bauhinia jenningsii*	5	0.0122	-4.4043	-0.0538
MALPIGHIACEAE	*Buchosia glandulosa*	5	0.0122	-4.4043	-0.0538
VERBENACEAE	*Callicarpa acuminata*	4	0.0098	-4.6274	-0.0453
APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	3	0.0073	-4.9151	-0.0361
RUBIACEAE	*Chiococca alba*	5	0.0122	-4.4043	-0.0538
ARECACEAE	*Coccothrinax readii*	90	0.2200	-1.5139	-0.3331
EUPHORBIACEAE	*Croton humilis*	1	0.0024	-6.0137	-0.0147
EUPHORBIACEAE	*Croton malvavisciifolia*	5	0.0122	-4.4043	-0.0538
MYRTACEAE	*Eugenia mayana*	1	0.0024	-6.0137	-0.0147
ASTERACEAE	*Euphatorium albicaule*	3	0.0073	-4.9151	-0.0361
POLYGONACEAE	*Gymnopodium flobundum*	1	0.0024	-6.0137	-0.0147
MENISPERMACEAE	*Hyperbaena winzerlingii*	1	0.0024	-6.0137	-0.0147
TEOPHRASTACEAE	*Jaquinia macrocarpa*	1	0.0024	-6.0137	-0.0147
EUPHORBIACEAE	*Jatropha gaumeri*	2	0.0049	-5.3206	-0.0260
LAURACEAE	*Licaria peckii*	2	0.0049	-5.3206	-0.0260
ANNONACEAE	*Malmea depressa*	3	0.0073	-4.9151	-0.0361
MALVACEAE	*Malvaviscus arboreus*	58	0.1418	-1.9533	-0.2770
SAPOTACEAE	*Manilkara achras*	5	0.0122	-4.4043	-0.0538
MYRTACEAE	*Myrcianthes fragans*	6	0.0147	-4.2220	-0.0619
MYRTACEAE	*Myrciaria floribunda*	26	0.0636	-2.7556	-0.1752
LAURACEAE	*Nectandra coriacea*	27	0.0660	-2.7179	-0.1794
ANNONACEAE	*Oxandra lanceolata*	1	0.0024	-6.0137	-0.0147
MYRSINACEAE	*Parathesis cubana*	4	0.0098	-4.6274	-0.0453
PIPERACEAE	*Piper gaumeri*	2	0.0049	-5.3206	-0.0260

FABACEAE	*Platymiscium yucatanum*	1	0.0024	-6.0137	-0.0147
BURSERACEAE	*Protium copal*	1	0.0024	-6.0137	-0.0147
RUBIACEAE	*Psychotria nervosa*	3	0.0073	-4.9151	-0.0361
RUBIACEAE	*Psychotria pubescens*	2	0.0049	-5.3206	-0.0260
RUBIACEAE	*Randia aculeata*	87	0.2127	-1.5478	-0.3292
ARECACEAE	*Sabal japa*	1	0.0024	-6.0137	-0.0147
ARECACEAE	*Thrinax radiata*	35	0.0856	-2.4584	-0.2104
ANACARDIACEAE	*Toxicodendron radicans*	1	0.0024	-6.0137	-0.0147
MELIACEAE	*Trichilia havanensis*	2	0.0049	-5.3206	-0.0260
MELIACEAE	*Trichilia hirta*	1	0.0024	-6.0137	-0.0147
FABACEAE	*Zygia stevensonii*	4	0.0098	-4.6274	-0.0453
FLACOURTIACEAE	*Casearia corymbosa*	1	0.0024	-6.0137	-0.0147
TOTALES	**39**	**409**			
Índice de Shannon-Wiener (H)					**1.51**
Máxima diversidad H' max =					**3.66**
Equitatividad (J)					**0.41**

También tenemos que la abundancia por especie presenta muy poca uniformidad, ya que el índice de equitatividad es de 0.41 y la diferencia entre la máxima diversidad (que muestra la mayor diversidad que puede presentarse en esa comunidad vegetal) y el índice de Shannon-Wiener es del 58.86%, por lo tanto, se considera que la diversidad biológica es claramente baja.

Tabla 18. Listado de las especies registradas en el estrato bajo del área propuesta para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUN-DANCIA
FABACEAE	*Acacia cornigera*	1
POACEAE	*Andropogon bicornis*	1
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea floribunda*	3
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea patellifera*	1
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea pubescens*	4
BROMELIACEAE	*Bromelia pinguin*	6

ARACEAE	*Caladium bicolor*	7
APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	2
ARECACEAE	*Chamaedorea zeifrizii*	2
BIGNONIACEAE	*Cydista potosina*	1
POACEAE	*Digitaria bicornis*	1
DIOSCORECEAE	*Dioscorea convolvulacea*	1
EBENACEAE	*Diospyros albens*	1
POACEAE	*Echinochloa colonum*	2
ASTERACEAE	*Euphatorium odoratum*	2
FABACEAE	*Galactica striata*	4
MALVACEAE	*Hampea trilobata*	1
POACEAE	*Lasiacis divaricata*	1
CUCURBITACEAE	*Momordica charantia*	1
RUBIACEAE	*Morinda yucatanensis*	2
POACEAE	*Olyra glaberrima*	103
POACEAE	*Paspalum nutatum*	2
SAPINDACEAE	*Paulinia cururu*	8
POACEAE	*Phragmites australis*	1
FABACEAE	*Rhynchosia minima*	1
CYPERACEAE	*Scleria lithosperma*	16
SAPINDACEAE	*Serjania adiantoides*	4
SMILACACEAE	*Smilax mollis*	1
ORCHIDACEAE	*Spiranthes torta*	1
PASSIFLORACEAE	*Turnera diffusa*	1
Total general		**182**

Con un total de 30 especies en el caso del estrato bajo, tenemos que solo *Olyra glaberrima* es las más nemerosa, con el 56.59%.

Tabla 19. Índice de Shannon-Wiener en el estrato bajo del SAR.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUN-DANCIA	P(I) = N/N	LN P(I)	P(I)*LN P(I)
FABACEAE	*Acacia cornigera*	1	0.0056	-5.1930	-0.0288
POACEAE	*Andropogon bicornis*	1	0.0056	-5.1930	-0.0288
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea floribunda*	3	0.0167	-4.0943	-0.0682
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea patellifera*	1	0.0056	-5.1930	-0.0288
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea pubescens*	4	0.0222	-3.8067	-0.0846
BROMELIACEAE	*Bromelia pinguin*	6	0.0333	-3.4012	-0.1134
ARACEAE	*Caladium bicolor*	7	0.0389	-3.2470	-0.1263
APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	2	0.0111	-4.4998	-0.0500
ARECACEAE	*Chamaedorea zeifrizii*	2	0.0111	-4.4998	-0.0500
BIGNONIACEAE	*Cydista potosina*	1	0.0056	-5.1930	-0.0288
POACEAE	*Digitaria bicornis*	1	0.0056	-5.1930	-0.0288
DIOSCORECEAE	*Dioscorea convolvulacea*	1	0.0056	-5.1930	-0.0288
EBENACEAE	*Diospyros albens*	1	0.0056	-5.1930	-0.0288
POACEAE	*Echinochloa colonum*	2	0.0111	-4.4998	-0.0500
ASTERACEAE	*Euphatorium odoratum*	2	0.0111	-4.4998	-0.0500
FABACEAE	*Galactica striata*	4	0.0222	-3.8067	-0.0846
MALVACEAE	*Hampea trilobata*	1	0.0056	-5.1930	-0.0288

POACEAE	*Lasiacis divaricata*	1	0.0056	-5.1930	-0.0288
CUCURBITACEAE	*Momordica charantia*	1	0.0056	-5.1930	-0.0288
RUBIACEAE	*Morinda yucatanensis*	2	0.0111	-4.4998	-0.0500
POACEAE	*Olyra glaberrima*	103	0.5722	-0.5582	-0.3194
POACEAE	*Paspalum nutatum*	2	0.0111	-4.4998	-0.0500
SAPINDACEAE	*Paulinia cururu*	8	0.0444	-3.1135	-0.1384
POACEAE	*Phragmites australis*	1	0.0056	-5.1930	-0.0288
FABACEAE	*Rhynchosia minima*	1	0.0056	-5.1930	-0.0288
CYPERACEAE	*Scleria lithosperma*	16	0.0889	-2.4204	-0.2151
SAPINDACEAE	*Serjania adiantoides*	2	0.0111	-4.4998	-0.0500
SMILACACEAE	*Smilax mollis*	1	0.0056	-5.1930	-0.0288
ORCHIDACEAE	*Spiranthes torta*	1	0.0056	-5.1930	-0.0288
PASSIFLORACEAE	*Turnera diffusa*	1	0.0056	-5.1930	-0.0288
Total general	30	**180**			
Índice de Shannon-Wiener (H)					**1.93**
Máxima diversidad H' max =					**3.40**
Equitatividad (J)					**0.57**

También podemos observar que la abundancia por especie presenta una regularidad apenas perceptible, ya que el índice de equitatividad alcanza un valor de 0.59 y la diferencia entre la máxima equitatividad (H') y el índice de Shannon-Wiener es del 43.17%, por lo tanto, se considera que la diversidad biológica es baja, tendiendo a ser intermedia.

Tabla 20. Listado florístico presente en el área propuesta para el cambio de uso de suelo (CUSTF).

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FORMA DE VIDA	USOS	NOM - 059	ORÍGEN
ACANTHACEAE	*Elytraria bromoides*	yak' much / lengua de sapo	**Arbusto**	S / uso		Nativa
ANACARDIACEAE	***Astronium graveolens***	**k'ulim che'**	**Árbol**	**No maderable**	**A**	Nativa
ANACARDIACEAE	*Metopium brownei*	cheechem	Árbol	Maderable		Nativa
ANACARDIACEAE	*Toxicodendron radicans*	sak cheechem	Arbusto	ponzoñosa		Nativa
ANNONACEAE	*Oxandra lanceolata*	box e'lemuy	Árbol	S / uso		Nativa
ANNONACEAE	*Sapranthus campechianus*	sak e'lemuy	Arbusto	S / uso		Nativa
APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	Akiits	Árbol	Medicinal		Nativa
APOCYNACEAE	*Echites yucatanensis*	guitarra ak'	hierba	Medicinal		Nativa
ARACEAE	*Caladium bicolor*	ta'ab kaani'	Hierba	Potencial ornato		Endémica
ARALICEAE	*Dendropanax arborea*	sak chakaj	Árbol	puntal de obras		Nativa
ARECACEAE	*Chamaedorea zeifrizii*	xyaat / xiat	Arbusto	Potencial ornato		Nativa
ARECACEAE	***Coccothrinax readii***	**nak'as / nak'ax**	**Arbusto**	**puntal de obras**	**A**	Endémica
ARECACEAE	***Thrinax radiata***	**ch'iit**	**Arbusto**	**Escoba**	**A**	Nativa

ARECACEAE	*Sabal japa*	xa'an / huano	Arbusto	techado		Nativa
ARECACEAE	*Sabal mexicana*	bon xa'an / huano	Arbusto	techado		Nativa
ASTERACEAE	*Euphatorium albicaule*	sak tok' a'ban	Arbusto	S / uso		Nativa
ASTERACEAE	*Euphatorium odoratum*	xtok' a'ban	Hierba	Forrajera		Nativa
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea floribunda*	bilin kok ak'	Hierba	Artesanías		Nativa
BIGNONIACEAE	*Cydista potosina*	ek´k'iix	Hierba	Artesanías		Nativa
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea pubescens*	soh baach	Hierba	S / uso		Nativa
BIGNONIACEAE	***Tabebuia chrysantha***	**k'an llol / mauche'**	**Árbol**	**protegida**	**A**	Nativa
BORAGINACEAE	*Cordia alliodora*	bojom	Árbol	puntal de obras		Nativa
BORAGINACEAE	*Cordia dodecandra*	k'opte' / siricote	Árbol	Maderable		Nativa
BROMELIACEAE	*Tilandsia brachycaulos*	miis che'	Epifito	Medicinal		Endémica
BROMELIACEAE	*Bromelia pinguin*	Ts'ablay / ts'albay	Hierba	S / uso		Nativa
BURSERACEAE	*Bursera simaruba*	chakaj / palo mulato	Árbol	Medicinal		Nativa
CACTACEAE	*Selenicereus donkelaarii*	chooch kan / pool tsutsuy	Epifita	S / uso		Nativa

CANELLACEAE	*Canela winterana*	Canela de monte	Árbol	Medicinal		Nativa
CARICACEAE	*Carica mexicana*	puut ch'iich' / papaya silvestre	Hierba	S / uso		Endémica
CECROPICEAE	*Cecropia obtusifolia*	k'ooch le'	Árbol	Conductor de aguas		Nativa
CELASTRACEAE	*Crossopetalum latifolium*	kambal kib che'	arbusto	S / uso		Nativa
CLUSIACEAE	*Clusia salvinii*	chunup	Árbol	Artesanías		Endémica
CONVOLVULACEAE	*Merremia aegyptia*	kup ak'	Hierba	S / uso		Nativa
CUCURBITACEAE	*Momordica charantia*	kol mool / cun ce amor	Hierba	Comestible		Nativa
CYPERACEAE	*Cyperus thyrsiflorus*	xta' ch'om / hierba del zopilote	Hierba	S / uso		Nativa
CYPERACEAE	*Scleria lithosperma*	ok nom	Hierba	S / uso		Nativa
EBENACEAE	*Didspyros cuneata*	uchulche	Árbol	puntal de obras		Nativa
EBENACEAE	*Diospyros albens*	silil	Árbol	puntal de obras		Nativa
ERYTHROXYLACEAE	*Erythoxylum confusum*	noh ik che'	Árbol	puntal de obras		Nativa
EUPHORBIACEAE	*Croton lundellii*	k'uxub che'	Arbusto	Medicinal		Nativa
EUPHORBIACEAE	*Croton malvavisciifolia*	nich'ib yuk	Arbusto	Medicinal		Nativa

EUPHORBIACEAE	*Crotn reflexyfolius*	p'eskuts	Árbol	Medicinal		Nativa
EUPHORBIACEAE	*Dalechampia scandens*	xmo'ol koj	Hierba	S / uso		Nativa
EUPHORBIACEAE	*Dalechampia schottii*	xiich' much	Hierba	Artesanías		Nativa
EUPHORBIACEAE	*Dryapetes brownii*	p'ih	Árbol	puntal de obras		Nativa
EUPHORBIACEAE	*Cnidoscolus aconitifolius*	xtsah / chaya de monte	Hierba	S / uso		Nativa
EUPHORBIACEAE	*Jatropha gaumeri*	pomol che' / piñoncillo	Árbol	Medicinal		Nativa
FABACEAE	*Acacia cedilloi*	sak subin	arbusto	S / uso		Nativa
FABACEAE	*Acacia cornigera*	subin	Arbusto	Espinas en lugar de agujas		Nativa
FABACEAE	*Acaca glomerosa*	sak piich	Árbol	puntal de obras		Endémica
FABACEAE	*Acacia dolichostachya*	sak piche	Árbol	S / uso		Nativa
FABACEAE	*Bauhinia divaricata*	ts'ulub tok' / pata de vaca	Arbusto	S / uso		Exótica
FABACEAE	*Bauhinia jenningsii*	chak ts'ulub tok'	Arbusto	potencial ornato		Nativa
FABACEAE	*Caesalpinia gaumeri*	kitam che'	Árbol	Palapas y cabañas		Nativa
FABACEAE	*Desmodium glabrum*	bu'ul xiw	Hierba	Forrajera		Nativa

FABACEAE	*Desmodium incanum*	xjulk'in / chak julk'in	Hierba	Forrajera		Exótica
FABACEAE	*Erythrina standleyana*	chak mo'olche'	Arbol	Potencial ornato		Endémica
FABACEAE	*Galactica striata*	k'axab yuk	Hierba	forrajera		Nativa
FABACEAE	*Haematoxylum campechianum*	bonil che' / palo de tinto	Árbol	Colorante		Nativa
FABACEAE	*Lonchocarpus rugosus*	k'analsin	Árbol	Palapas y cabañas		Nativa
FABACEAE	*Lonchocarpus yucatanensis*	ya'ax xu'ul	Árbol	Palapas y cabañas		Nativa
FABACEAE	*Lysiloma latisiliquum*	tsalam	Árbol	Maderable		Nativa
FABACEAE	*Piscidia piscipula*	ja'abin	Árbol	Maderable		Nativa
FABACEAE	*Platymiscium yucatanum*	suubin che'	Árbol	Palapas y cabañas		Endémica
FABACEAE	*Rynchosia minima*	ib ch'o'	Hierba	Forrajera		Nativa
FABACEAE	*Senna racemosa*	k'anlol / xk'anlol	Árbol	conbustible		Nativa
FABACEAE	*Swartzia cubensis*	k'atal oox	Árbol	Maderable		Nativa
FABACEAE	*Zygia stevensonii*	kakaw che'	Arbusto	S / uso		Nativa
FLACOURTIACEAE	*Zuelania guidonia*	xtamay /xsabak che'	Árbol	postería		Nativa
FLACOURTIACEAE	*Casaeria corymbosa*	Ixi'im che'	Árbol	Palapas y cabañas		Nativa

GENTIANACEAE	*Voyria parasitica*	tus ik' su'uk / xtuus ik' su'uk	Hierba	Medicinal		Nativa
HIPPOCRATACEAE	*Hippocratea excelsa*	sak boob	Árbol	puntal de obras		Nativa
LAURACEAE	*Nectandra coriacea*	luareliyo	Arbusto	Melífera		Nativa
LAURACEAE	*Licaria peckii*	pimientiyo	Arbusto	Melífera		Nativa
LYTHRACEAE	*Ammannia latifolia*	xk'u ch'eel	Arbusto	Melífera		Nativa
MALPIGHIACEAE	*Buchosia glandulosa*	siipche'	Arbusto	Medicinal		Exótica
MALPIGHIACEAE	*Byrsonima bucidaefolia*	sak pah / nance blanco	Árbol	Comestible		Nativa
MALPIGHIACEAE	*Heteropterys laurifolia*	pepen ak'	Hierba	S / uso		Nativa
MENISPERMACEAE	*Cisampelos pareira*	petetktun	Hierba	S / uso		Nativa
MALVACEAE	*Hampea trilobata*	hool / majagua	Árbol	Fibras		Nativa
MALVACEAE	*Malvaviscus arboreus*	Bisi' che' / tulipán de monte	Arbusto	Melífera		Nativa
MELIACEAE	*Trichilia glabra*	chak ch'oben che'	Árbol	S / uso		Nativa
MELIACEAE	*Trichilia havanensis*	ch'ooben che'	Arbusto	S / uso		Nativa
MENISPERMACEAE	*Hyperbaena winzerlingii*	xchooch kitam	Arbusto	S / uso		Nativa
MORACEAE	*Ficus cotinifolia*	koopo'	Árbol	Forrajera		Nativa

MORACEAE	*Ficus pertusa*	ju'un ch'iich'	Árbol	potencial ornato		Nativa
MORACEAE	*Ficus yucatanensis*	akum	Árbol	potencial ornato		Nativa
MORACEAE	*Brosimum alicastrum*	oox / ramón	Árbol	Forrajera		Nativa
MYRSINACEAE	*Paratesis cubana*	chamal che' / pico de paloma	Arbusto	S / uso		Nativa
MYRTACEAE	*Eugenia capuli*	sak loob	Árbol	Palapas y cabañas		Nativa
MYRTACEAE	*Eugenia laevis*	jirnich' / guirnich'	Arbusto	bajareques		Nativa
MYRTACEAE	*Eugenia mayana*	sak ok loob	Árbol	bajareques		Nativa
MYRTACEAE	*Myrcianthes fragans*	Xoko´cha'an / guyabiyo	Árbol	Palapas y cabañas		Nativa
MYRTACEAE	*Myrciaria floribunda*	ki' bok che'	Arbusto	Melífera		Nativa
NYCTAGINACEAE	*Neea psychotriooides*	ta' ts'i´/ pinta uña	Árbol	S / uso		Exótica
OLACACEAE	*Schoepfia schheberi*	sak beek	Arbol	puntal de obras		Exótica
ORCHIDACEAE	*Ocleades maculata*	orquidia terrestre	Hierba	potencial ornato		Exótica
ORCHIDACEAE	*Oncidium sphacellatum*	orquidia de tierra	Hierba	potencial ornato		Exótica

ORCHIDACEAE	*Spiranthes torta*	vara de san juan	Hierba	potencial ornato		Nativa
PIPERACEAE	*Piper gaumeri*	xya'ax p'ejel che'	Arbusto	S / uso		Nativa
POACEAE	*Digitaria bicornis*	pakab kej	Hierba	Forrajera		Nativa
POACEAE	*Echinochloa colonum*	mejen nok'ol su'uk	Hierba	S / uso		Nativa
POACEAE	*Lasiacis divaricata*	siit / bambú	Hierba	Potpotes		Nativa
POACEAE	*Olyra glaberrima*	tsapal su'uk	Hierba	S / uso		Nativa
POACEAE	*Olyra latifolia*	Sak'al tsiits	Hierba	S / uso		Nativa
POACEAE	*Paspalum nutatum*	nok'ol su'uk	Hierba	S / uso		Endémica
POLYGONACEAE	*Gymnopodium flobundum*	ts'its'il che'	Árbol	Melífera		Nativa
POLYGONACEAE	*Coccoloba Itzeus*	sak bo'oy ch'i'ich'	Árbol	puntal de obras		Nativa
POLYGONACEAE	*Coccoloba acapulcensis*	xtoh yuub	Árbol	Bastones		Nativa
POLYGONACEAE	*Coccoloba spicata*	boob	Árbol	Palapas y cabañas		Nativa
POLYGONACEAE	*Coccoloba diversifolia*	boóy ch'iich'	Árbol	Palapas y cabañas		Nativa
RANUNCULACEAE	*Clematis dioica*	meex nuxib / barba de viejo	Hierba	S / uso		Nativa
RHAMNACEAE	*Krugiodendron ferreum*	chintok' / quiebra hacha	Árbol	Palapas y cabañas		Nativa

RUBIACEAE	*Chiococca alba*	kanchak che'	Arbusto	Artesanías		Nativa
RUBIACEAE	*Chiococca coriacea*	ya'ax kanchak che'	Arbusto	S / uso		Nativa
RUBIACEAE	*Psychotria nervosa*	ya'ax k'anan	Arbusto	S / uso		Nativa
RUBIACEAE	*Randia aculeata*	xpeech kitam	Arbusto	colorante		Nativa
RUBIACEAE	*Guettarda combsii*	taas ta'ab	Árbol	Palapas y cabañas		Nativa
RUTACEAE	*Casimiroa tetrameria*	yuuy	Árbol	S / uso		Nativa
RUTACEAE	*Esenbeckia berlandieri*	jok'ob che'	Arbol	S / uso		Nativa
RUTACEAE	*Zantoxylon caribaeum*	sina'an che'	Árbol	Medicinal		Nativa
RUTACEAE	*Zanthoxylum fagara*	tankas che'	Arbusto	Medicinal		Nativa
SAPINDACEAE	*Allophyllus cominia*	xik baach / ich baach	Arbusto	S / uso		Nativa
SAPINDACEAE	*Exothea diphylla*	wayam kox	Árbol	puntal de obras		Nativa
SAPINDACEAE	*Talisia olivaeformis*	wayam país	Árbol	Golosina fresca		Nativa
SAPINDACEAE	*Thouinia paucidenta*	k'anchunub	Árbol	Melífera		Nativa
SAPINDACEAE	*Serjania adintoides*	p'ak' ak'	Hierba	Melífera		Nativa
SAPINDACEAE	*Paulinia cururu*	ch'eem ak'	Hierba	Melífera		Nativa
SAPOTACEAE	*Chryosophyllum mexicanum*	chi' keej, caimitillo.	Árbol	Comestible		Nativa

SAPOTACEAE	*Manilkara achras*	ya' / chico zapote	Árbol	Maderable /comestible		Nativa
SAPOTACEAE	*Pouteria campechuianum*	k'aniste' / k'anaste	Árbol	Comestible		Nativa
SAPOTACEAE	*Sideroxylon foetidissimum*	Tsimin che' / caracoliyo	Árbol	Maderable		Nativa
SAPOTACEAE	*Sideroxylon salicifolium*	ts'its'il ya'	Árbol	puntal de obras		Nativa
SIMAROUBACEAE	*Simarouba glauca*	Xpa' sak' che' / pa' sak'	Árbol	maderable		Nativa
SMILACACEAE	*Smilax mollis*	koj kej	Hierba	S / uso		Exótica
TEOPHRASTACEAE	*Jaquinia macrocarpa*	yaak' t'eel / pincha huevo	Arbusto	potencial ornato		Nativa
VERBENACEAE	*Callicarpa acuminata*	Xpukim	Arbusto	potencial ornato		Nativa
VERBENACEAE	*Rehdera trinervis*	sak wi'isil che'	Arbol	Palapas y cabañas		Nativa
VERBENACEAE	*Vitex gaumeri*	ya'ax nik	Árbol	melifera / forrajera		Nativa

La vegetación presente en el área del CUSTF, comprende en conjunto 53 familias botánicas y 139 especies, de las cuales, aquella con mayor riqueza es la fabaceae con 21; mucho más atrás tenemos las euphorbiaceae con ocho especies; luego siguen las poaceae y sapindaceae con seis especies cada una; le siguen las familias sapotaceae, rubiaceae, polygonaceae, myrtaceae, arecaceae con cinco especies cada una; luego est+an las rutaceae, moraceae y bignoniaceae con cuatro respectivamente y finalmente las verbenaceae, orchidaceae, malpighiaceae y anacardiaceae con tres cada una de ellas. El resto de las familias se encuentra representada por una o dos especies.

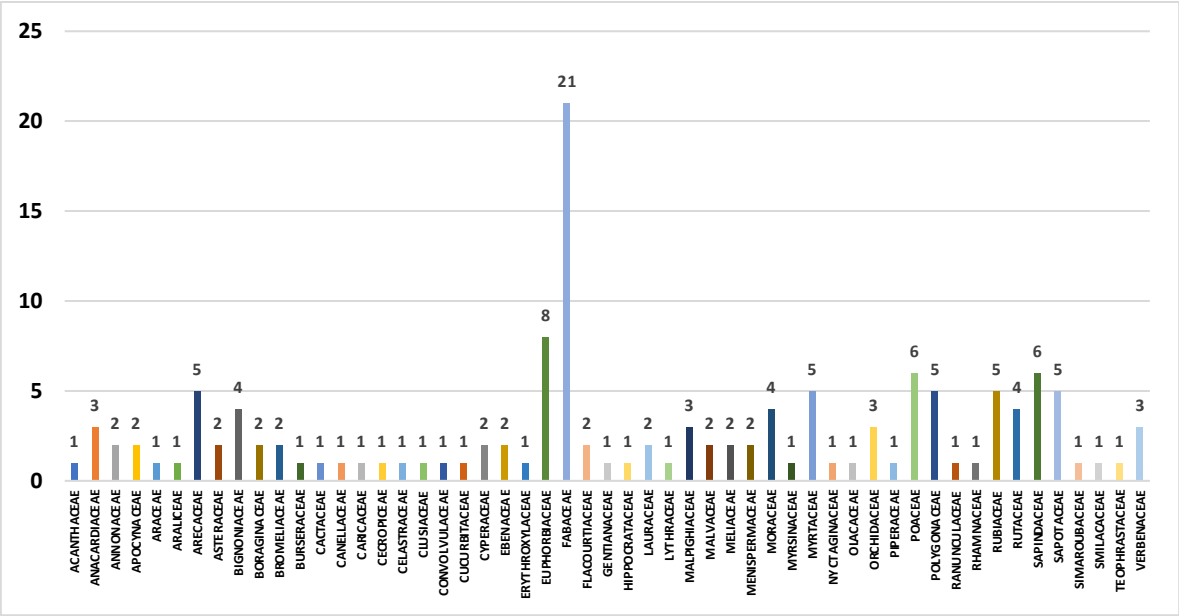


Figura 20. Riqueza específica por estrato en el área propuesta para el proyecto (CUSTF)

Del total de las especies presentes en el área propuesta para el proyecto (CUSTF), podemos observar que el 87.77% son nativas, el 6.47% son endémicas, en tanto que para el restante 5.75% son exóticas.

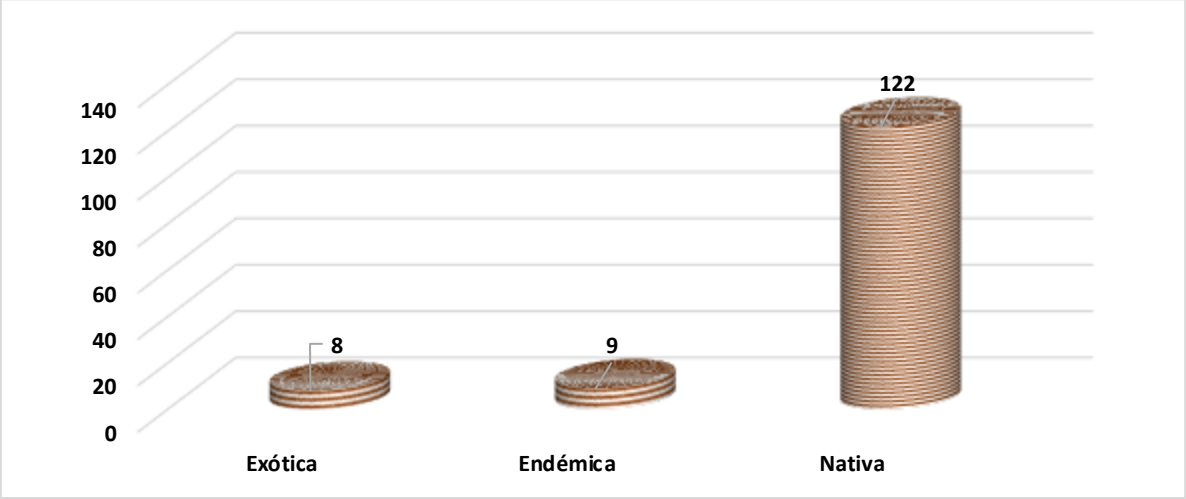


Figura 21. Distribución de especies por origen en el área del proyecto

ESPECIES VEGETALES EN LA NOM 059-SEMARNAT-2010:

En total fueron documentadas cuatro especies enlistadas en la Norma Oficial Mexicana **NOM-059-SEMARNAT-2010** las cuales son *Astronium graveolens, Coccothrinax readii, Thrinax radiata* y *Tabebuia chrysantha,* todas consideradas como **amenazadas (A).**

IV.2.2.3 Caracterización de la fauna en el SAR

Fauna registrada en el Sistema Ambiental

Se establecieron 4 transectos en el SAR, los transectos se trazaron de norte a sur y uno de este a oeste se marcaron las coordenadas de inicio y final de cada uno de los cuatro trayectos, que se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 21. Coordenadas de Inicio y Final de los transectos establecidos en el Sistema Ambiental Regional.

Transecto	Coordenada de inicio y final Fauna SA	X	Y
T1	I	502296.299	2301799.07
	F	502631.452	2301289.36
T2	2I	504090.765	2301313.8
	2F	503231.935	2301334.74
T3	3I	503999.995	2302612.51
	3F	503790.524	2301994.58
T4	4I	504197.764	2302848.01
	4F	504167.507	2301926.34

Se estimó el largo de cada transecto, la suma de la distancia total los transectos son de 3,720 metros de largo.

Tabla 22. Largo estimado de los transectos establecidos en el Sistema Ambiental Regional.

Transecto	Distancia (m)
T1	930
T2	960
T3	890
T4	922
Distancia aproximada	3,702

Los transectos fueron recorridos dos veces al día por dos días seguidos, de 7:00 am a 11:00 am y 15:00 a 18:00 sumando un total de aproximadamente 14.808 km de recorridos en el Sistema Ambiental Regional. Se registraron las especies e individuos observados en los transectos que se presenta en el siguiente cuadro.

Tabla 23. Inventario de especies registradas en los transectos del Sistema Ambiental de la parcela 1181-Z2-P1

Familia	Nombre Científico	Nombre común	T1	T2	T3	T4	Total
	AVES						
ACCIPITRIDAE	*Buteo plagiatus*	Aguililla gris		2			2
APODIDAE	*Chaetura vauxi*	Vencejo de Vaux	2		1	2	5
ARDEIDAE	*Ardea alba*	Garza blanca		1			1
CARDINALIDAE	*Piranga olivacea*	Tangara rojinegra	1		1	1	3
CATHARTIDAE	*Coragyps atratus*	Chombo		1	2		3
CATHARTIDAE	*Cathartes aura*	Zopilote			2	2	4
COLUMBIDAE	*Patagioenas flavirostris*	Paloma		2	2		4
COLUMBIDAE	*Zenaida asiatica*	Paloma alas blancas	3	1	4	2	10
COLUMBIDAE	*Columbina talpacoti*	tortolita común		2	3	1	6
CORVIDAE	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara yucateca	6	2	2	4	14
CRACIDAE	*Ortalis vetula*	Chachalaca	3	5	2		10
CUCULIDAE	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	4	5	4	3	16
ICTERIDAE	*Icterus gularis*	Bolsero de altamira	1			2	3
ICTERIDAE	*Amblycercus holosericeus*	Cacique piquiclaro		2		1	3
ICTERIDAE	*Icterus cucullatus*	Calandria	1	2	3		6
ICTERIDAE	*Quiscalus mexicanus*	Zanate	2	2	3	1	8
MIMIDAE	*Mimus gilvus*	Cenzontle tropical	2	3	1	2	8
Momótidae	*Eumomota superciliosa*	Pajaro reloj	3	2		1	6

PARULIDAE	*Setophaga citrina*	Chipe encapuchado		2	3		5
PARULIDAE	*Setophaga petechia*	Chipe amarillo	1			3	4
PSITTACIDAE	*Eupsittula nana*	Perico Pecho Sucio	5	2	4	2	13
PICIDAE	*Melanerpes pygmaeus*	Carpintero	1	1	1	2	5
VIREONIDAE	*Vireo pallens*	vireo manglero		1		1	2
THRAUPIDAE	*Saltator atricep*	Saltador cabezaa negra	1	1	1		3
Trogonidae	*Trogon melanocephalus*	trogon	2		1	3	6
TYRANNIDAE	*Tyrannus melancholicus*	Xtakay	2	1	2		5
	MAMÍFEROS						
CANIDAE	*Urocyum cinereoargenterus*	zorra gris		1	1		2
MUSTELIDAE	*Eira barbara*	viejo de monte	1				1
DASYPODIDAE	*Dasypus novencintus*	armadillo	1				1
DASYPROCTIDAE	*Dasyprocta punctata*	Sereque	1	4	3	1	9
DIDELPHIDAE	*Didelphis virginiana*	Tlacuache		1			1
PROCYONIDAE	*Procyon lotor*	Mapache	2		1		3
PROCYONIDAE	*Nasua narica*	Coati	4	3	1	3	11
SCIURIDAE	*Sciurus yucatanensis*	Ardilla		2	1	3	6
CERVIDAE	*Odocoileus viginianus*	venado cola blanca	1				1
	REPTILES						
COLUBRIDAE	*Oxibelis fulgidus*	culebra bejuquilla		1		1	2
COLUBRIDAE	*Drimobius margaritiferus*	culebra petatillo	1				1
TEIIDAE	*Holcosus undulatus*	Kankalas	1	2			3

ANOLIDAE	*Anolis sagrei*	abaniquillo		2	2		4
CORITOPHANIDAE	*Basiliscus vittatus*	Toloc rayado	2	3		1	6
CORITOPHANIDAE	*Laemanctus serratus*	Toloc coronado		3		3	6
IGUANIDAE	*Ctenosaura similis*	Iguana rayada	2	2	1		5
BOIDAE	*Boa imperator*	boa			1		1
	ANFIBIOS						
RANIDAE	*Lithobates brounorum*	Rana leopardo		2		2	4
BUFONIDAE	*Incilius valliceps*	Sapo común	1		2		3
HYLIDAE	*Smilisca baudinii*	Rana de árbol	1	3			4

Composición faunística del SAR.

Los resultados del muestreo en el área de interés fueron los registros de aves, mamíferos, anfibios y reptiles, los cuales fueron contabilizados y analizados mediante los indicadores como diversidad (riqueza, abundancia), tal como a continuación se describe:

En el SAR se registraron 46 especies de vertebrados pertenecientes a 38 familias zoológicas, de los cuales el grupo más representado fueron las aves con 26 especies y también fue el que más abundancia presentó, abarcando el 67.7% de los organismos observados y el 56.5% de las especies registradas (Tabla X y figura X) tal como se detalla a continuación en la descripción de los resultados para cada grupo.

Tabla 24. Resumen de la Diversidad Faunística en el SAR.

GRUPO	INDIVIDUOS	ESPECIES	FAMILIAS	ORGANISMOS (%)	ESPECIES (%)
AVES	155	26	19	67.7	56.5
REPTILES	28	8	8	12.3	17.4
ANFIBIOS	11	3	3	4.8	6.5
MAMIFEROS	35	9	8	15.3	19.6
TOTAL	**229**	**46**	**38**	**100**	**100**

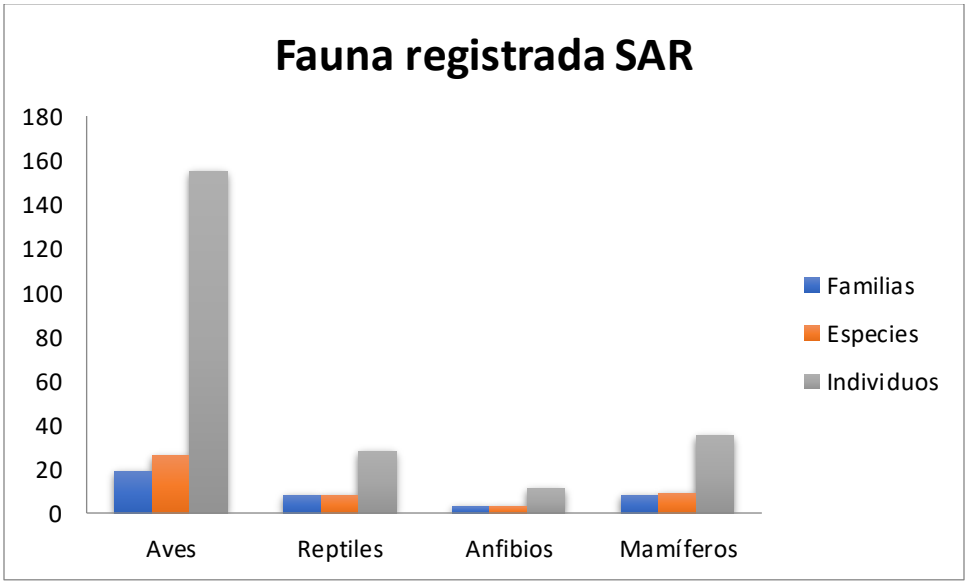


Figura 22. Resumen de la Diversidad Faunística en el SAR.

Con estos registros se calculó la suficiencia del muestreo, a través de la curva de acumulación de especies por transecto. Las curvas son una representación gráfica del número de especies observadas como función de una medida de esfuerzo de muestreo requerido para su registro. Además, proveen de fiabilidad a los inventarios biológicos al proporcionar estimaciones del total de especies que estarían presentes en la zona (Lamas, 1991; Soberón y Llorente, 1993; Colwell y Coddington, 1994; Gotelli y Colwell, 2001; López-Gómez y Williams-Linera, 2006; Jiménez-Valverde y Hortal, 2013).

Para evaluar la eficiencia del muestreo y estimar la riqueza máxima de especies presentes en SAR, fue efectuada una función exponencial de acumulación de especies con el programa StimateS V. 9.1.0 (Colwell, 2013). El programa utiliza varios estimadores, de los cuales se utilizaron 2 de ellos, que son Chao 1 y Bootstrap, los cuales se describen a continuación.

Chao 1. Es un estimador del número de especies en una comunidad basado en el número de especies raras en la muestra.

$$Chao\ 1 = S + \frac{a^2}{2b}$$

Donde:

S= número de especies en una muestra.

a= es el número de especies que están representadas solamente por un único individuo en esa muestra (número de "singletons").

b= es el número de especies representadas por exactamente 2 individuos en la muestra (número de "doubletons").

Boostrap. Estima la riqueza de especies a partir de la proporción de muestras que contienen cada especie. Este estimador de la riqueza de especies se basa en pj, la proporción de unidades de muestreo que contienen a cada especie j (Palmer, 1990; Krebs, 1989).

$$B = S + \sum (1 - pj)^n$$

Como resultado de esto, se presentan las curvas de acumulación de especies de fauna silvestre para dar certidumbre de los datos empleados en el análisis de los parámetros poblacionales de fauna en el Sistema Ambiental Regional.

La grafica de acumulación muestra que la media de las observaciones representa similitud con los estimadores de Chao1 t Bootstrap, y la curva de acumulación empieza a acentuarse lo que indica que los registros de las especies son cercanos a las especies que se deberían encontrar para el SAR.

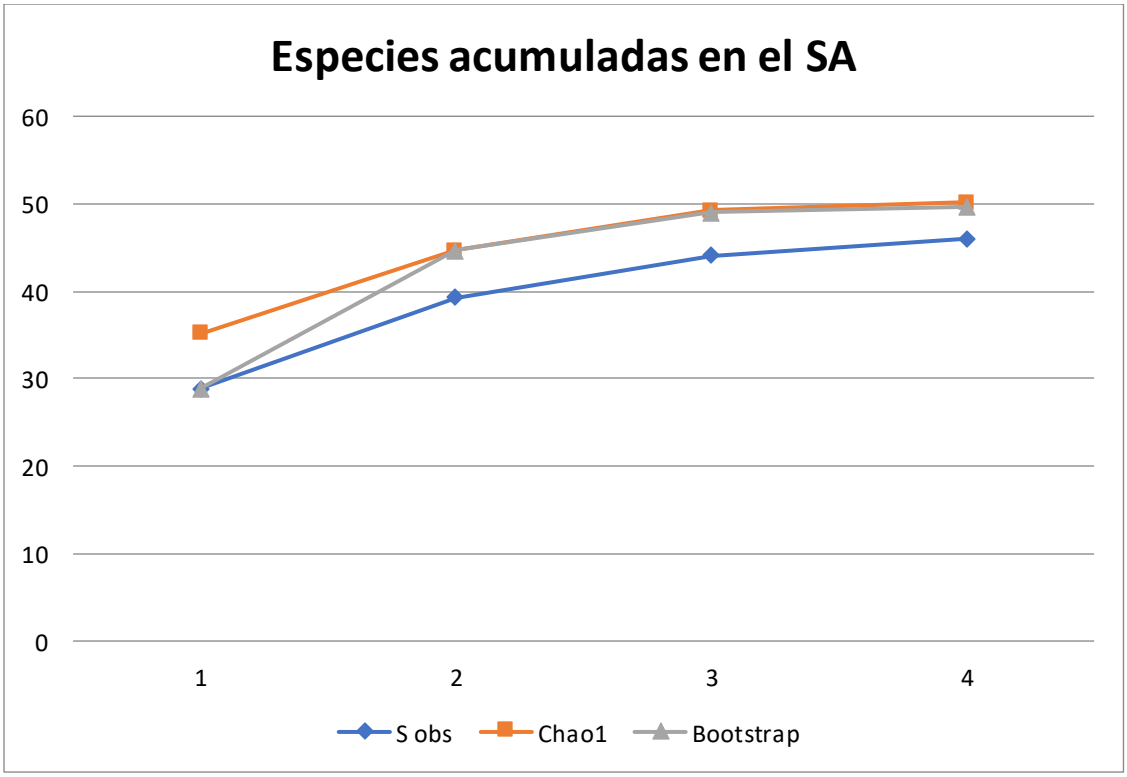


Figura 23. Curva de acumulación de especies de vertebrados en el SAR.

AVES

Para las aves se realizó observación en puntos fijos, conocido como "Método de conteo por puntos" (Hutto, 1985), los cuales fueron distribuidos a lo largo de los transectos usados para la fauna. En estos puntos se registraron todas las aves vistas o escuchadas en un área de un radio limitado alrededor del punto elegido, por un período de 30 minutos. La mayoría de los estudios que utilizan la técnica de puntos fijos para detectar riqueza específica de la fauna en un área (así como la abundancia de cada una de ellas), consideran censos de duración inferior (entre 8-15 minutos; Ralph y Scott 1981;Hutto et al., 1986), lo cual permite se haga un número de repeticiones mayor. Sin embargo, se eligió prolongar los períodos de observación para poder detectar las especies raras o menos abundantes de acuerdo con el método utilizado por Rodríguez-Estrella (1997).

Las aves fueron identificadas mediante las guías de Howell y Webb (1995) y Edwards (2003), la taxonomía y nombres actuales se realizaron según la American Ornithologist Union (AOU) 1998 y Howell, et. al (1995) y con grabaciones que posteriormente fueron identificadas con la aplicación denominada BirdNet

Con este esfuerzo de muestreo, se registraron 155 organismos, de 26 especies pertenecientes a 19 familias ornitológicas, la familia más representada fue Icteridae y Columbidae, lo cual se relaciona en la siguiente tabla

Tabla 25. Listado de aves encontradas en el SAR.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	ORGANISMOS REGISTRADOS
Accipitridae	*Aguililla gris*	Buteo plagiatus	2
Apodidae	*Vencejo de Vaux*	Chaetura vauxi	5
Ardeidae	*Garza blanca*	Ardea alba	1
Cardinalidae	*Tangara rojinegra*	Piranga olivacea	3
Cathartidae	*Chombo*	Coragyps atratus	3
Cathartidae	*Zopilote*	Cathartes aura	4
Columbidae	*Paloma*	Patagioenas flavirostris	4
Columbidae	*Paloma alas blancas*	Zenaida asiatica	10
Columbidae	*tortolita común*	Columbina talpacoti	6
Corvidae	*Chara yucateca*	Cyanocorax yucatanicus	14
Cracidae	*Chachalaca*	Ortalis vetula	10

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	ORGANISMOS REGISTRADOS
Cuculidae	*Garrapatero pijuy*	Crotophaga sulcirostris	16
Icteridae	*Bolsero de altamira*	Icterus gularis	3
Icteridae	*Cacique piquiclaro*	Amblycercus holosericeus	3
Icteridae	*Calandria*	Icterus cucullatus	6
Icteridae	*Zanate*	Quiscalus mexicanus	8
Mimidae	*Cenzontle tropical*	Mimus gilvus	8
Momotidae	*Pajaro reloj*	Eumomota superciliosa	6
Parulidae	*Chipe encapuchado*	Setophaga citrina	5
Parulidae	*Chipe amarillo*	Setophaga petechia	4
Psittacidae	*Perico Pecho Sucio*	Eupsittula nana	13
Picidae	*Carpintero*	Melanerpes pygmaeus	5
Vireonidae	*vireo manglero*	Vireo pallens	2
Thraupidae	*Saltador caneza negra*	Saltator atriceps	3
Trogonidae	*trogon*	Trogon melanocephalus	6
Tyrannidae	*Xtakay*	Tyrannus melancholicus	5
Total			**155**

De las especies encontradas, 2 de ellas se encuentran protegidas mediante la NOM-059-SEMARNAT-2010, tal como se observa en la tabla siguiente*:*

Tabla 26. Aves enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, registradas en el SAR.

FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMUN	DISTRIBUCION	CATEGORIA
Vireonidae	*Vireo*	*pallens*	Vireo manglero	No endémica	Pr
Psittacidae	*Aratinga*	*nana*	perico pecho sucio, periquillo alcaparrero	No endémica	Pr

MAMÍFEROS

Para el registro de los mamíferos presentes en el área del SAR, se realizaron observaciones directas e indirectas (excretas, huellas, rastros y en su caso madrigueras), utilizándose para ello el Método de Transectos; método que se utiliza para contabilizar los individuos de cada especie en un área determinada. Se realizaron 4 transectos de longitud variable; se utilizaron los mismos transectos que para el grupo de anfibios y reptiles.

Con este esfuerzo de muestreo, se registraron 35 organismos, de 9 especies pertenecientes a 8 familias zoológicas, lo cual se relaciona en la siguiente tabla

Tabla 27. Mamíferos registrados en el SAR

FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTIFICO	ORGANISMOS REGISTRADOS
Canidae	Zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus*	2
Mustelidae	Viejo de monte	*Eira barbara*	1
Dasypodidae	Armadillo	*Dasypus novencintus*	1
Dasyproctidae	Sereque	*Dasyprocta punctata*	9
Didelphidae	Tlacuache	*Didelphis virginiana*	1
Procyonidae	Mapache	*Procyon lotor*	3
Procyonidae	Coati	*Nasua narica*	11
Sciuridae	Ardilla	*Sciurus yucatanensis*	6
Cervidae	venado cola blanca	*Odocoileus virginianus*	1
TOTAL			35

De las especies encontradas, el cabeza de viejo o viejo de monte (Eira barbara), se encuentra protegida mediante la NOM-059-SEMARNAT-2010 con la categoría P (en peligro de extinción) e indicada como no endémica.

ANFIBIOS Y REPTILES

Para el registro de presencia de reptiles y anfibios se utilizó un método de muestreo compuesto en "transectos"; consiste en examinar en estos "transectos" sobre y debajo de rocas, en troncos y hojarasca, así como dentro de grietas donde pueden habitar especies de anfibios y reptiles; registrando: observación directa, huellas, rastro, excretas y/o madrigueras. Los muestreos se realizaron por la mañana y hasta medio día, debido a los horarios de actividad de estos grupos en horas con sol.

Para la identificación de las especies se utilizaron: i) fotografías tomadas en campo, ii) guías de campo para la identificación de reptiles, iii) claves para anfibios y reptiles de Casas Andreu y McCoy (1979), y iv) guías de anfibios y reptiles del Este y Centro de América de Conant y Collins (1998) y del Oeste de Stebbins (1985). Asimismo, en las unidades de muestreo empleadas para la vegetación se recorrieron a una velocidad baja, y se registraron los ejemplares observados directamente. En ambas técnicas se emplearon ganchos herpetológicos y uso de protección como polainas para la seguridad del equipo técnico.

Con este esfuerzo de muestreo, se registraron para el caso de anfibios: 11 organismos, de 3 especies pertenecientes a 3 familias zoológicas, lo cual se relaciona en la siguiente tabla:

Tabla 28. Anfibios registrados en el SAR.

FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTIFICO	ORGANISMOS REGISTRADOS
Ranidae	Rana leopardo	*Lithobates brownorum*	4
Bufonidae	Sapo común	*Incilius valliceps*	3
Hylidae	Rana de árbol	*Smilisca baudinii*	4
TOTAL			11

De las especies encontradas, la rana de Brown o Rana leopardo de Brown (Lithobates brownorum), se encuentra protegida mediante la NOM-059-SEMARNAT-2010 con la categoría Pr (Sujeta a protección especial) e indicada como no endémica.

En el caso de los reptiles, se registraron 28 organismos, de 8 especies pertenecientes a 8 familias zoológicas, lo cual se relaciona en la siguiente tabla:

Tabla 29. Reptiles registrados en el SAR.

FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTIFICO	ORGANISMOS REGISTRADOS
Colubridae	culebra bejuquilla	*Oxibelis fulgidus*	2
Colubridae	culebra petatillo	*Drimorbius margaritiferus*	1
Teiidae	Kankalas	*Holcosus undulatus*	3
Anolidae	abaniquillo	*Anolis sagrei*	4
Coritophanidae	Toloc rayado	*Basiliscus vittatus*	6
Coritophanidae	Toloc coronado	*Laemanctus serratus*	6
Iguanidae	Iguana rayada	*Ctenosaura similis*	5
Boidae	boa	*Boa imperator*	1
TOTAL			28

De las especies encontradas, 3 de ellas se encuentran protegidas mediante la NOM-059-SEMARNAT-2010, tal como se observa en la tabla siguiente:

Tabla 30. Especies de anfibios y reptiles enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMUN	CATEGORIA
Coritophanidae	*Laemanctus*	*serratus*	Toloc coronado	Pr
Iguanidae	*Ctenosura*	*similis*	Iguana rayada	A
Boidae	*Boa*	*constrictor imperator*	Boa	A

IV.2.2.4 Caracterización de la fauna en el predio/Área de CUSTF

Se establecieron 4 trayectos en el área del predio que será utilizada como banco de materiales, los transectos se trazaron de Norte a Sur y de Este a Oeste, se marcaron las coordenadas de inicio y final de cada uno de los cuatro trayectos, que se presentan en el siguiente cuadro, las coordenadas se tomaron un GPS marca Garmin 76CSX.

Tabla 31.Coordenadas de inicio (I) y final (F) de los transectos de muestreo de fauna silvestre en la parcela 1181-Z2-P1

Transecto	Coordenadas de inicio (I) y final (F)	X	Y
T1	I	503419.960	2302877.256
	F	502415.489	2302934.908
T2	I	503337.917	2302755.3
	F	502380.011	2302761.953
T3	I	502677.139	2302697.649
	F	502814.617	2302970.386
T4	I	503244.788	2302950.429
	F	503260.309	2302675.475

Se estimó la distancia de cada transecto, la suma de la distancia total los transectos son de 2,580 metros.

Tabla 32. Largo de los cuatro transectos para muestreo de la Fauna silvestre establecidos en la parcela 1181-Z2-P1

Transecto	Distancia (m)
T1	1000
T2	960
T3	320
T4	300
Largo aproximado	2,580

La ubicación de los trayectos en el predio sujeto a CUS se presenta en la siguiente ilustración



Figura 24. Mapa donde se ubican lo transectos de muestreo de Fauna Silvestre en la parcela 1181-Z2-P1.

Los transectos fueron recorridos dos veces al día por dos días seguidos, de 7:00 am a 11:00 am y 15:00 a 18:00 sumando un total de aproximadamente 10.320 km de recorridos en el predio.

Se registraron un total de 22 especies y 71 individuos se presentan en el siguiente cuadro

Tabla 33. Inventario de especies registradas en los transectos en el polígono sujeto a CUSTF en la parcela 1181-Z2-P1

	AVES		T1	T2	T3	T4	Total
COLUMBIDAE	*Patagioenas flavirostris*	Paloma			1	1	2
COLUMBIDAE	*Zenaida asiatica*	Paloma ala blanca		2		3	5
CORVIDAE	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara yucateca	2	3		2	7
CORVIDAE	*Psilorhinus morio*	Chara pea	1		2	1	4
ICTERIDAE	*Icterus gularis*	calandria mayor	2	1	1		4
ICTERIDAE	*Amblycercus holosericeus*	Cacique piquiclaro		1			1
ICTERIDAE	*Icterus cucullatus*	Calandria	1			1	2
ICTERIDAE	*Quiscalus mexicanus*	Zanate		1	2	2	5
MIMIDAE	*Mimus gilvus*	Cenzontle tropical	1		1	1	3
PARULIDAE	*Setophaga petechia*	Chipe amarillo	2	2	1		5
PSITTACIFORMES	*Eupsittula nana*	Loro pecho sucio		2	2	3	7
PICIDAE	*Melanerpes pygmaeus*	Carpintero	1	1			2
VIREONIDAE	*Vireo pallens*	vireo manglero	**2**	**1**			3
THRAUPIDAE	*Saltator atricep*	Saltador canela negra	**2**		**1**	**1**	4
	MAMÍFEROS						
PROCYONIDAE	*Nasua narica*	Coati	1	2			3
SCIURIDAE	*Sciurus yucatanensis*	Ardilla	1	1			2
DASYPROCTIDAE	*Dasyprocta punctata*	Sereque	1		1		2
CERVIDAE	*Odocuileus virginisnus*	Venado cola blanca	1				1
	REPTILES						

GEKKONIDAE	Anolis sagrei	Toloquito			2	1	3
IGUANIDAE	Phrynonax poecilonotus	Culebra ratonera				1	1
KINOSTERNIDAE	Kinosternon creaseri	Tortuga casquito			1		1
TEIIDAE	Ctenosaura similis	Iguana rayada		2		2	4

Composición faunística del predio (CUSF).

Los resultados del muestreo en el área de interés (CUSF), fueron los registros de aves, mamíferos, anfibios y reptiles, los cuales fueron contabilizados y analizados mediante los indicadores como diversidad (riqueza, abundancia), tal como a continuación se describe:

En el predio se registraron 71 organismos de 22 especies de vertebrados pertenecientes a 17 familias zoológicas, de los cuales el grupo más representado fueron las aves con 14 especies y también fue el que más abundancia presentó, abarcando el 76.1% de los organismos observados y el 63.6% de las especies registradas (tabla siguiente) tal como se detalla a continuación en la descripción de los resultados para cada grupo.

Tabla 34.-Diversidad faunística registrada en el predio.

GRUPO	INDIVIDUOS	ESPECIES	FAMILIAS	ESPECIES (%)	ORGANISMOS (%)
AVES	54	14	9	76.1	63.6
REPTILES	9	4	4	12.7	18.2
MAMÍFEROS	8	4	4	11.3	18.2
TOTAL	71	22	17	100	100

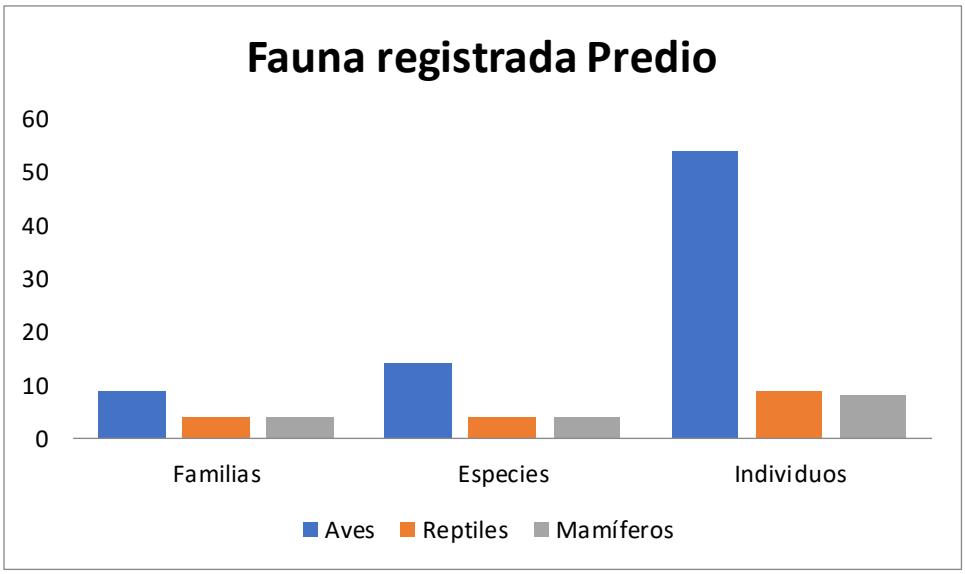


Figura 25. Resumen de la Diversidad Faunística en el predio.

Con estos registros se calculó la suficiencia del muestreo, a través de la curva de acumulación de especies por transecto del mismo modo que en el Sistema Ambiental Regional utilizando una función exponencial de acumulación de especies con el programa StimateS V. 9.1.0 (Colwell, 2013). El programa utiliza varios estimadores, de los cuales se utilizaron 2 de ellos, que son Chao 1 y Bootstrap.

Como resultado de esto, se presentan las curvas de acumulación de especies de fauna silvestre para dar certidumbre de los datos empleados en el análisis de los parámetros poblacionales de fauna en el Sistema Ambiental Regional.

La grafica de acumulación nuestra que la media de las observaciones muestra similitud con los estimadores de Chao1 t Bootstrap, y la curva de acumulación empieza a acentuarse lo que indica que los registros de las especies son cercanos a las especies que se deberían encontrar para el predio de la parcela

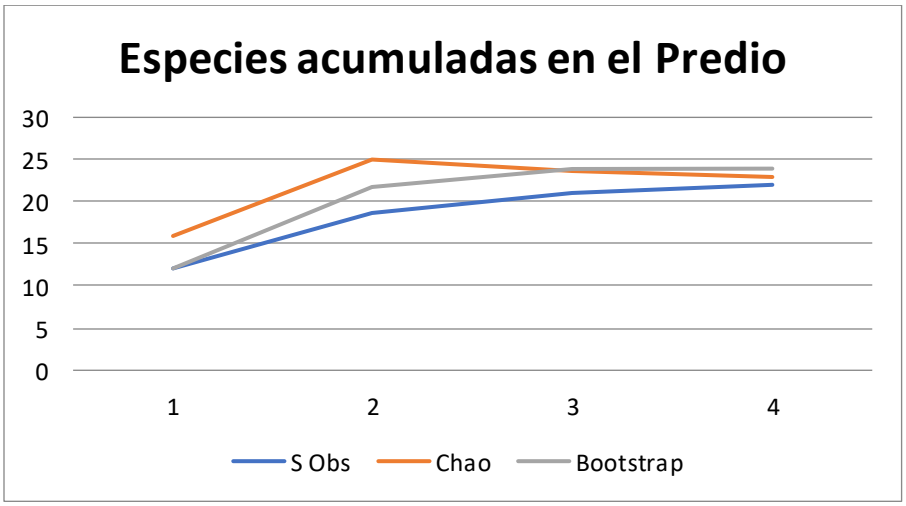


Figura 26. Curva de acumulación de especies de vertebrados en el predio.

Para las aves, al igual que en el SAR, se realizó el muestreo mediante observación en puntos fijos, conocido como "Método de conteo por puntos" (Hutto, 1985), los cuales fueron distribuidos a lo largo de los transectos distribuidos en el predio. En estos puntos se registraron todas las aves vistas o escuchadas en un área de un radio limitado alrededor del punto elegido, por un período de 30 minutos. La mayoría de los estudios que utilizan la técnica de puntos fijos para detectar riqueza específica de la fauna en un área (así como la abundancia de cada una de ellas), consideran censos de duración inferior (entre 8-15 minutos; Ralph y Scott 1981;Hutto et al., 1986), lo cual permite se haga un número de repeticiones mayor. Sin embargo, se eligió prolongar los períodos de observación para poder detectar las especies raras o menos abundantes de acuerdo con el método utilizado por Rodríguez-Estrella (1997).

Las aves fueron identificadas mediante las guías de Howell y Webb (1995) y Edwards (2003), la taxonomía y nombres actuales se realizaron según la American Ornithologist Union (AOU) 1998 y Howell, et. al (1995).

Con este esfuerzo de muestreo, se registraron 54 organismos, de 14 especies pertenecientes a 9 familias ornitológicas, la familia más representada fue Icteridae, tal como se relaciona en la siguiente tabla.

Tabla 35. Listado de aves encontradas en la parcela.

FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTIFICO	ORGANISMOS REGISTRADOS
Columbidae	Paloma	*Patagioenas flavirostris*	2
Columbidae	Paloma ala blanca	*Zenaida asiatica*	5
Corvidae	Chara yucateca	*Cyanocorax yucatanicus*	7
Corvidae	Chara pea	*Psilorhinus morio*	4
Icteridae	calandria mayor	*Icterus gularis*	4
Icteridae	Cacique piquiclaro	*Amblycercus holosericeus*	1
Icteridae	Calandria	*Icterus cucullatus*	2
Icteridae	Zanate	*Quiscalus mexicanus*	5
Mimidae	Cenzontle tropical	*Mimus gilvus*	3
Parulidae	Chipe amarillo	*Setophaga petechia*	5
Psittacidae	Loro pecho sucio	*Eupsittula nana*	7
Picidae	Carpintero	Melanerpes pygmaeus	2
Vireonidae	vireo manglero	Vireo pallens	3
Thraupidae	Saltador caneza negra	Saltator atricep	4
TOTAL			**54**

De las especies encontradas, 2 de ellas se encuentran protegidas mediante la NOM-059-SEMARNAT-2010, tal como se observa en el siguiente cuadro .

Tabla 36. Especies reportadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 registradas en la parcela 1181-Z2-P1

FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMUN	CATEGORIA
Vireonidae	*Vireo*	*Pallens*	Vireo manglero	Pr
Psittacidae	*Aratinga*	*nana*	perico pecho sucio	Pr

MAMÍFEROS

Para el registro de los mamíferos presentes en el área del predio, se realizaron observaciones directas e indirectas (excretas, huellas, rastros y en su caso madrigueras), utilizándose para ello el Método de Transectos; método que se utiliza para contabilizar los individuos de cada especie en un área determinada. Se realizaron 4 transectos; se utilizaron los mismos transectos que para el grupo de anfibios y reptiles.

Con este esfuerzo de muestreo, se registraron 8 organismos, de 4 especies pertenecientes a 4 familias zoológicas, lo cual se relaciona en la siguiente tabla

Tabla 37. Mamíferos registrados en la parcela 1181-Z2-P1

FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	ORGANISMOS REGISTRADOS
Procyonidae	Coati	Nasua narica	3
Sciuridae	Ardilla	Sciurus yucatanensis	2
Dasyproctidae	Sereque	Dasyprocta punctata	2
Cervidae	Venado cola blanca	Odocoileus virginianus	1
TOTAL			8

Ninguna de estas especies se encuentra protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010

ANFIBIOS Y REPTILES

Para el registro de presencia de reptiles y anfibios se utilizó un método de muestreo compuesto en "transectos"; consiste en examinar en estos "transectos" sobre y debajo de rocas, en troncos y hojarasca, así como dentro de grietas donde pueden habitar especies de anfibios y reptiles; registrando: observación directa, huellas, rastro, excretas y/o madrigueras. Los muestreos se realizaron por la mañana y hasta medio día, debido a los horarios de actividad de estos grupos en horas con sol.

Para la identificación de las especies se utilizaron: i) fotografías tomadas en campo, ii) guías de campo para la identificación de reptiles, iii) claves para anfibios y reptiles de Casas Andreu y McCoy (1979), y iv) guías de anfibios y reptiles del Este y Centro de América de Conant y Collins (1998) y del Oeste de Stebbins (1985). Asimismo, en las unidades de muestreo empleadas para la vegetación se

recorrieron a una velocidad baja, y se registraron los ejemplares observados directamente. En ambas técnicas se emplearon ganchos herpetológicos y uso de protección como polainas para la seguridad del equipo técnico.

Con este esfuerzo de muestreo, se registraron para el caso de reptiles, 9 organismos, de 4 especies pertenecientes a 4 familias zoológicas, lo cual se relaciona en la siguiente tabla, de los cuales, la iguana rayada *Ctenosaura similis* se encuentra protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría A (Amenazada), mientras que *Anolis sagrei* es exótica para el sitio.

Tabla 38. Especies de Reptiles registrados en la parcela 1181-Z2-P1

FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTIFICO	ORGANISMOS REGISTRADOS
Anolidae	Toloquito	Anolis sagrei	3
Colubridae	Culebra ratonera	Phrynonax poecilonotus	1
Kinosterniade	Tortuga casquito	Kinosternon creaseri	1
Iguanidae	Iguana rayada	Ctenosaura similis	4
TOTAL			9

IV.2.2.5 Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Se identificaron un total de 6 especies de Fauna incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, 3 de ellas registradas tanto en el SAR como en el predio y las 3 especies restantes fueron encontradas únicamente en el SAR.

Tabla 39.Listado de especies encontradas en el SAR y la parcela con categoría de la NOM-059- SEMARNAT 2010

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	CATEGORIA	REGISTRADA
Vireonidae	V. Pallens	Vireo manglero	Pr	SA y Predio
Psittacidae	A. nana	perico pecho sucio	Pr	SA y Predio
Mustelidae	E. barbara	Viejo de monte	P	SA
Ranidae	L. brownorum	Rana leopard	Pr	SA
Coritophanidae	L. serratus	Toloc coronado	Pr	SA
Iguanidae	C, similis	Iguana rayada	A	SA y Predio

Pr: Sujeta a protección especial; A: Amenazada, P: En peligro de extinción

IV.2.3 Medio socioeconómico

IV.2.3.1 Población

Con base a los datos proporcionados por INEGI (2020), en el Estado de Quintana Roo habitan 1,857,985 personas, de los cuales 921,206 son mujeres y 936,779 son hombres, representado el 49.6% y 50.4%, respectivamente. La edad promedio de la población es de 28 años con una razón de dependencia del 41.5 personas.

En el caso del Municipio de Puerto Morelos, la población registrada fue de 26,921 personas, de las cuales 13,090 son mujeres y 13,831 son hombres, representando el 48.6% y 51.4%, respectivamente. Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 30 a 34 años (2,715 habitantes), 25 a 29 años (2,681 habitantes) y 35 a 39 años (2,427 habitantes). Entre ellos concentraron el 29.1% de la población total. Con una edad promedio de 29 años y una razón de dependencia de 42.8. El municipio cuenta con una densidad de población de 25.9 Hab/km^2. Las localidades con mayor población son Puerto Morelos (19,250 personas), Leona Vicario (7,028 personas) y Central Vallarta (57 personas).

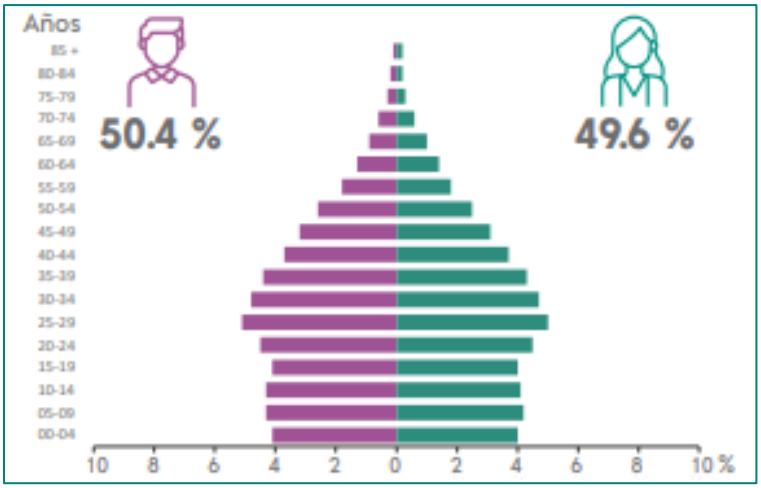


Figura 27. Gráfica de población de Quintana Roo y edad desplegada según sexo y relación hombres mujeres.



Figura 28. Gráfica de población de Puerto Morelos, Quintana Roo, con edad desplegada según sexo y relación hombres y mujeres.

IV.2.3.2 Lenguas indígenas

La población de 3 años y más que habla al menos una lengua indígena fue 3.04k personas, lo que corresponde a 11.3% del total de la población de Puerto Morelos.

Las lenguas indígenas más habladas fueron Maya (2,518 habitantes), Tseltal (166 habitantes) y Zapoteco (95 habitantes). La gráfica muestra las 10 principales lenguas indígenas habladas por la población de Puerto Morelos.

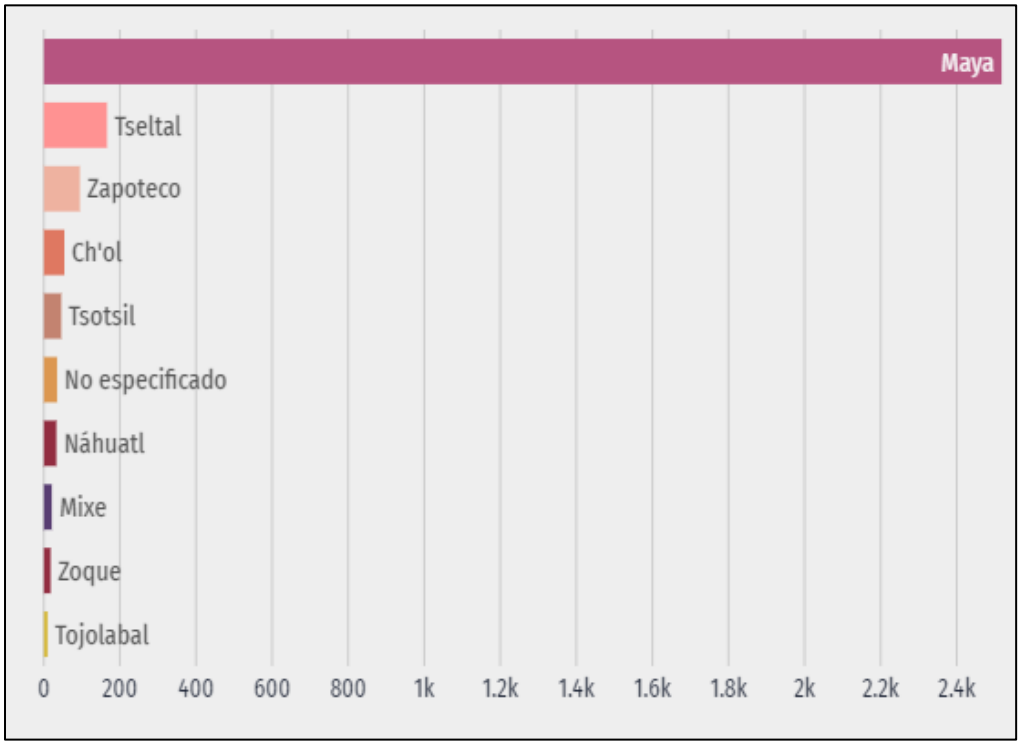


Figura 29. Lenguas indígenas habladas en Puerto Morelos.

IV.2.3.3. Procesos migratorios

Inmigración

El mapa siguiente presenta os países de origen de los migrantes a Puerto Morelos en los últimos años. El gráfico de barras muestra las principales causas de migración.

La mayor cantidad de migrantes que ingresó a Puerto Morelos en los últimos 5 años provino de Estados Unidos (143 personas), Canadá (78 personas) y Costa Rica (35 personas).

Las principales causas de migración a Puerto Morelos en los últimos años fueron vivienda (206 personas), familiares (86 personas) y personales (63 personas).

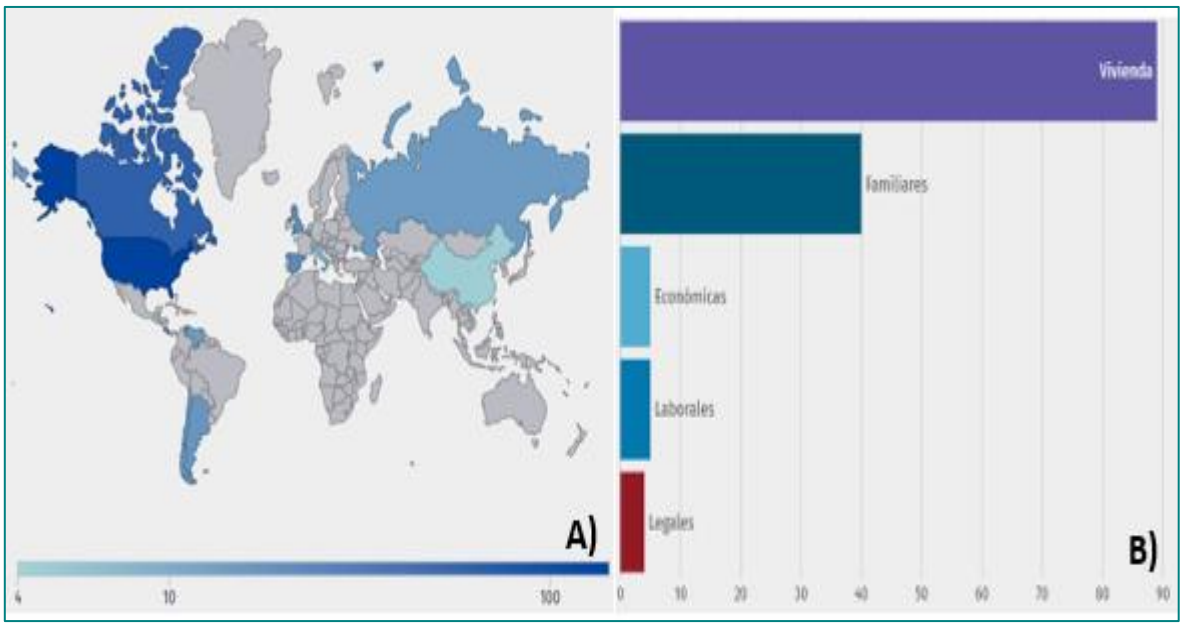


Figura 30. A) Inmigración a Puerto Morelos según país de origen. B) principales causas de inmigración a Puerto Morelos.

Migración

El turismo es uno de los procesos económicos que genera movilidad migratoria a nivel mundial, de manera permanente o temporal. De igual manera, a nivel nacional existe una fuerte corriente migratoria entre los estados, fundamentada en diversas razones educativas y económicas.

En el caso del Estado de Quintana Roo, el proceso migratorio tan destacado, ha tenido como principal motor el desarrollo de las actividades turísticas. De acuerdo con Censo General de Población y Vivienda, México tenía casi un 18 % de su población que provenía de otra entidad diferente a la de residencia; es decir, habían migrado de su entidad de origen hacia esa otra entidad. Únicamente un 0.5 % (casi 500 mil habitantes) provenía del extranjero.

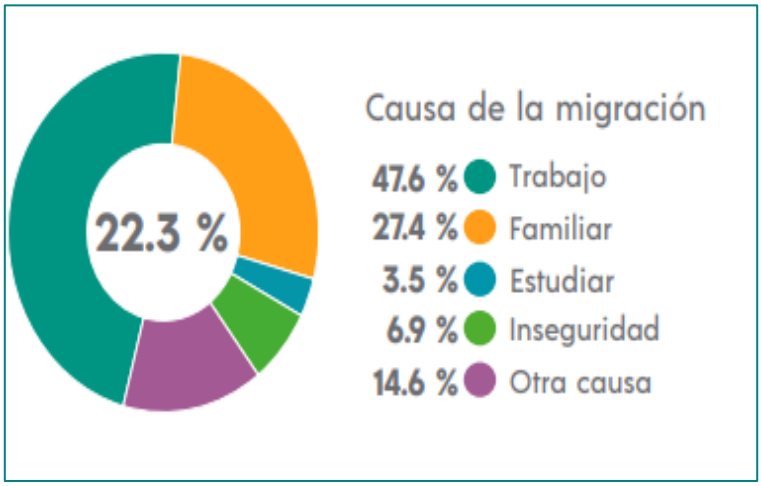


Figura 31. Población con lugar de residencia en marzo de 20215 distinto al actual.

Por su parte, el Municipio recibe una gran cantidad de migrantes, la mayoría de los casos se debe a la expansión del sector turístico en la región, lo cual a su vez genera oportunidades de empleo temporal o permanente.

Los principales inmigrantes que radican en el Municipio proceden de Chiapas, Tabasco, Ciudad de México, y Veracruz. La principal causa del proceso de migración es trabajo y familiar.

IV.2.3.4 Población económicamente activa (PEA)

En el cuarto trimestre de 2021, la tasa de participación laboral en Quintana Roo fue 64.2%, lo que implicó un aumento de 0.48 puntos porcentuales respecto al trimestre anterior (63.7%).

La tasa de desocupación fue de 4.41% (41.4k personas), lo que implicó una disminución de 0.27 puntos porcentuales respecto al trimestre anterior (4.68%). Fuente Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE).

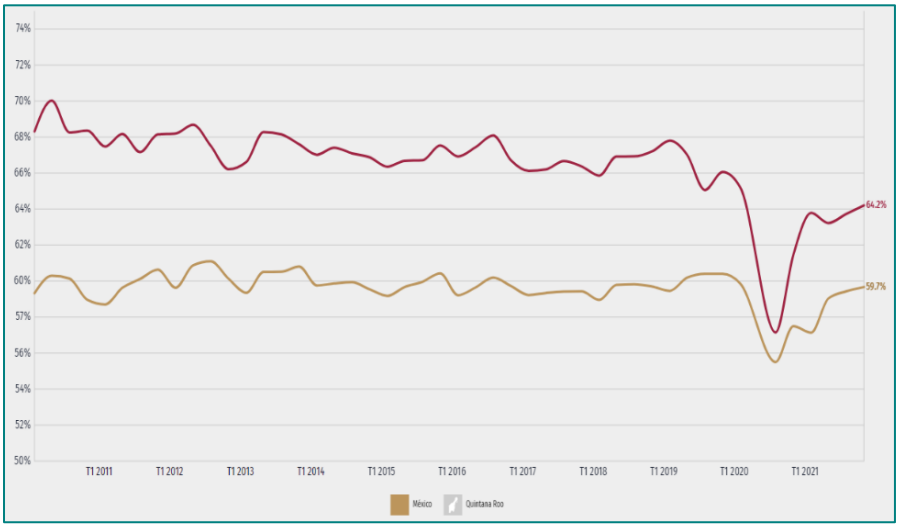


Figura 32. Evolución población ocupada en Quintana Roo.

IV.2.3.5 Ingresos de la población

La población ocupada en Quintana Roo en el cuarto trimestre de 2021 fue 896,000 personas, siendo superior en 1.03% al trimestre anterior (887,000 ocupados).

El salario promedio mensual en el cuarto trimestre de 2021 fue de $6,000 MX siendo superior en $139 MX respecto al trimestre anterior ($5,860 MX).

Las ocupaciones con más trabajadores durante el cuarto trimestre de 2021 fueron Empleados de Ventas, Despachadores y Dependientes en Comercios, Conductores de Autobuses, Camiones, Camionetas, Taxis y Automóviles de Pasajeros y Meseros. Fuente Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE).

IV.2.3.6 Educación

La siguiente gráfica muestra la distribución porcentual de la población de 15 años y más en Puerto Morelos según el grado académico aprobado.

En 2020, los principales grados académicos de la población de Puerto Morelos fueron Secundaria (5.17k personas o 26.7% del total), Preparatoria o Bachillerato General (4.63k personas o 23.9% del total) y Licenciatura (4.49k personas o 23.2% del total).

Es posible ver la distribución de los grados académicos por sexo cambiando la opción seleccionada en el botón superior.

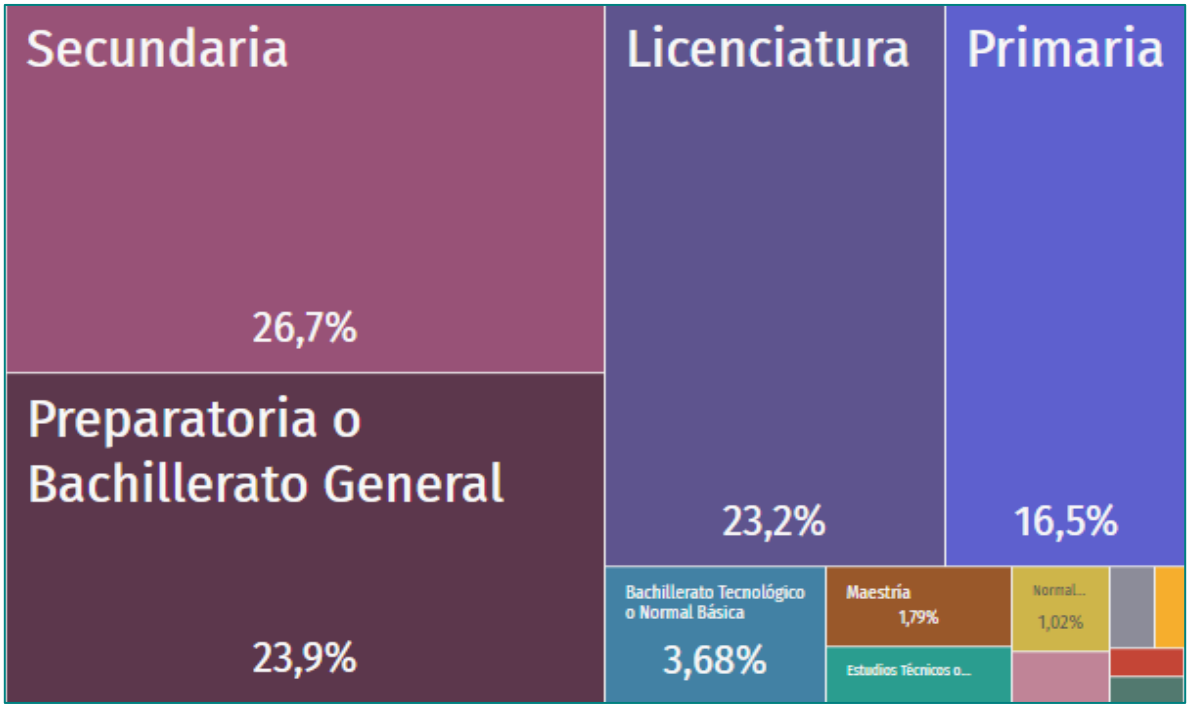


Figura 33. Niveles de escolaridad de la población de 15 años y más en Puerto Morelos.

Tasa de analfabetismo

La tasa de analfabetismo de Puerto Morelos en 2020 fue 3.5%. Del total de población analfabeta, 44.9% correspondió a hombres y 55.1% a mujeres.

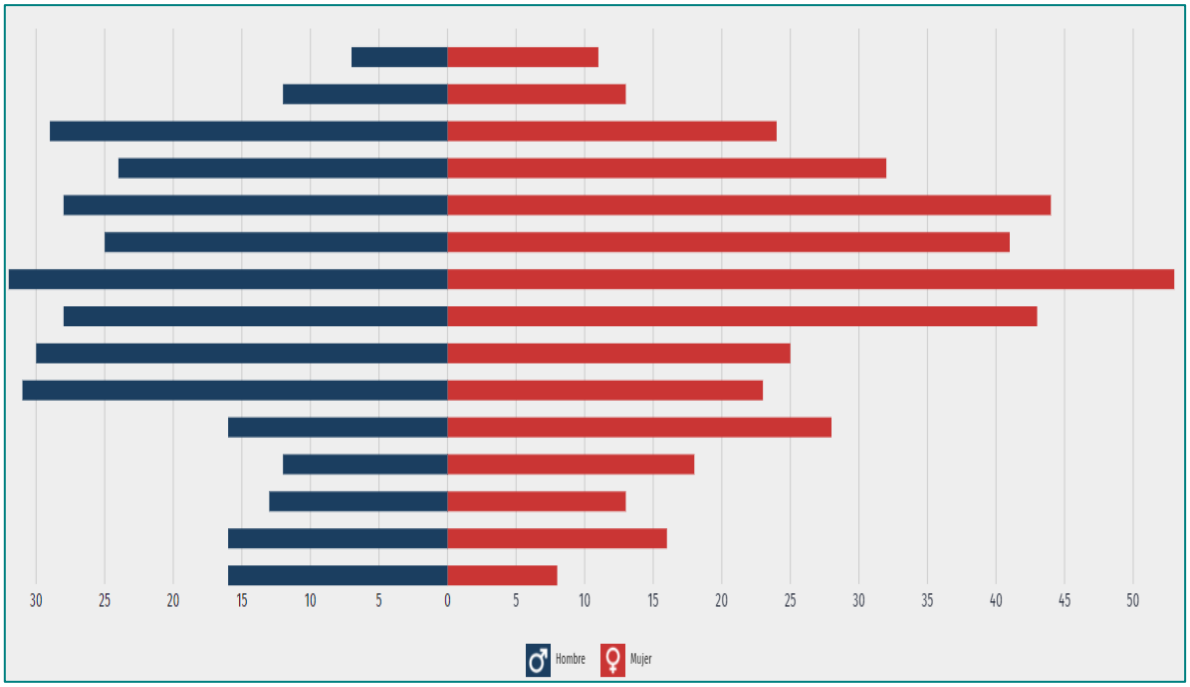


Figura 34. Distribución de la población analfabeta de Puerto Morelos, 2020. Fuente. Censo de población y vivienda 2020- cuestionario básico.

IV.2.3.7 Desigualdad

El coeficiente o índice de Gini, es una medida estadística diseñada para representar la distribución de los ingresos de los habitantes, en concreto, la inequidad entre estos. Índices más cercanos a 0, representan más equidad entre sus habitantes, mientras que valores cercanos a 1, expresan máxima inequidad entre su población.

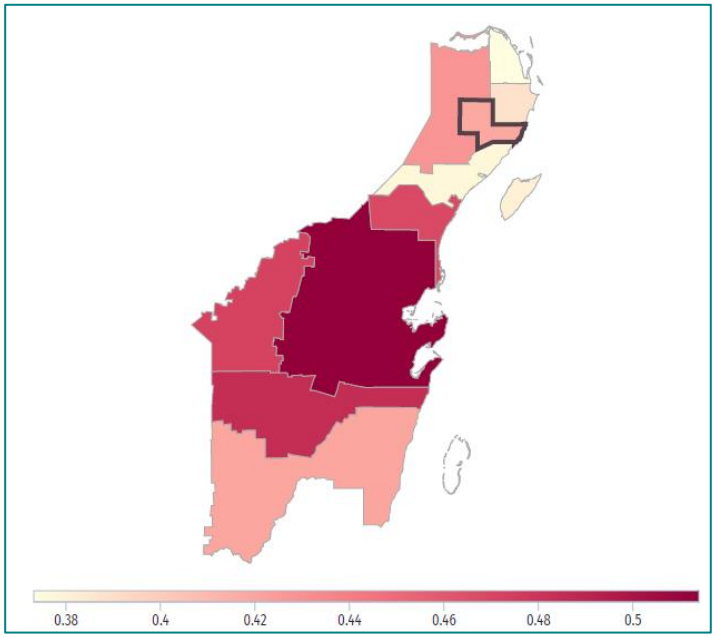


Figura 35. Desigualdad social según GINI en Quintana Roo.

En 2020, en Quintana Roo, los municipios con menor desigualdad social, de acuerdo con el índice de GINI, fueron: Isla Mujeres (0.373), Solidaridad (0.377), Cozumel (0.381), Benito Juárez (0.389) y Puerto Morelos (0.418). Por otro lado, los municipios con menor igualdad social por esta métrica fueron: Felipe Carrillo Puerto (0.514), Bacalar (0.485), José María Morelos (0.472), Tulum (0.468) y Lázaro Cárdenas (0.428). Fuente Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), y Censo Población y Vivienda (Principales resultados por localidad).

IV.2.3.8 Salud

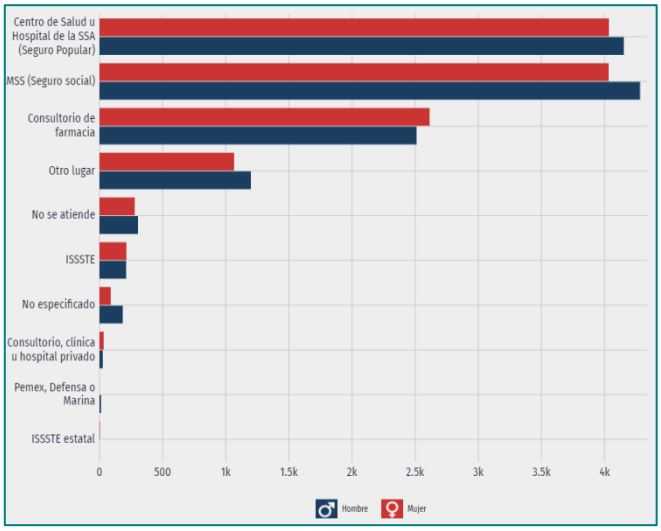


Figura 36. Distribución de personas afiliadas a servicios de salud por sexo (2020).

En Puerto Morelos, las opciones de atención de salud más utilizadas en 2020 fueron IMSS (Seguro social), Centro de Salud u Hospital de la SSA (Seguro Popular) y Consultorio de farmacia (5.13k).

En el mismo año, los seguros sociales que agruparon mayor número de personas fueron Seguro Popular o para una Nueva Generación (Siglo XXI) y No Especificado.

IV.2.3.9 Calidad de vida

La visualización compara diversos indicadores de pobreza y carencias sociales. En 2020, 33.9% de la población se encontraba en situación de pobreza moderada y 8.74% en situación de pobreza extrema. La población vulnerable por carencias sociales alcanzó un 30.4%, mientras que la población vulnerable por ingresos fue de 5.24%.

Las principales carencias sociales de Puerto Morelos en 2020 fueron carencia por acceso a la seguridad social, carencia por acceso a los servicios de salud y carencia por acceso a la alimentación. La visualización muestra la evolución porcentual de la población sin accesos a servicios básicos entre 2000 y 2020.

En 2020, 1.83% de la población en Puerto Morelos no tenía acceso a sistemas de alcantarillado (491 personas), 1.81% no contaba con red de suministro de agua (488 personas), 1.27% no tenía baño (343 personas) y 1.47% no poseía energía eléctrica (396 personas).

En las siguientes gráficas se presenta la disponibilidad de servicios y equipamientos a la población del municipio de Puerto Morelos.

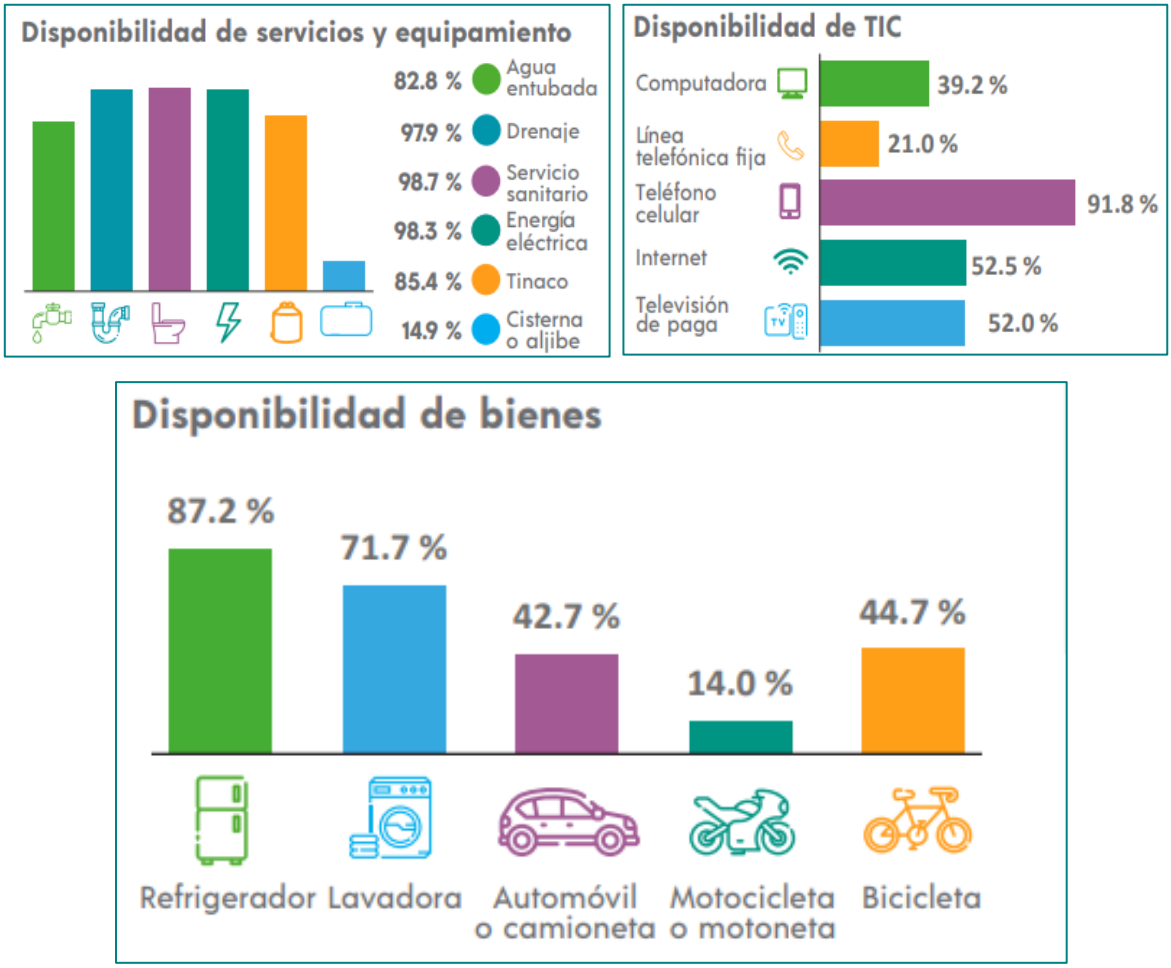


Figura 37. Disponibilidad a servicios, TIC y bienes de la población del municipio de Puerto Morelos.

IV.2.4 Paisaje

El paisaje se define como la "extensión de terreno que se ve desde un sitio". En el sentido de esta definición, podemos determinar tres componentes básicos del paisaje, como son: 1) el terreno o la cuenca visual; 2) su extensión; y 3) el punto de observación.

Considerando lo anterior, se realiza el análisis del paisaje del sitio de acuerdo con las siguientes cualidades.

Tabla 40. Conceptos fundamentales del paisaje.

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN
Visibilidad	Conjunto de elementos del paisaje que pueden observarse desde un punto determinado o punto de observación, medible desde donde se perciben, cuanto se percibe y como se perciben.
Calidad paisajística	Incluye tres elementos de percepción: las características intrínsecas del sitio, que se definen habitualmente en función de su morfología, vegetación y puntos de agua. La calidad visual del entorno inmediato en el que se aprecian otros valores tales como: las formaciones vegetales, litología, grandes masas de agua y la calidad del fondo escénico, es decir, el fondo visual del área donde se establecerá el proyecto, entre otros.
Fragilidad visual	Es la capacidad del paisaje para absorber los cambios que se produzcan en él. La fragilidad esta conceptualmente unida a los atributos anteriormente descritos (visibilidad y calidad paisajística). Los factores que la integran se pueden clasificar en biofísicos (suelos, estructura y diversidad de la vegetación y contraste cromático) y morfológicos (tamaño y forma de la cuenca visual, altura relativa y zonas singulares).

IV.2.4.1 Análisis de la visibilidad

La visibilidad o accesibilidad visual, tiene relación directa con los elementos físicos (relieve) y bióticos (vegetación) presentes en el paisaje y como estos se transforman en barreras visuales para los usuarios del recurso. A esto se deben sumar las posibilidades de accesibilidad física (distancia) que tengan los observadores a las distintas porciones del territorio.

El análisis de la visibilidad del paisaje se define como un análisis espacial del área de estudio tomando en consideración sus formas, colores y vistas. Para dicho análisis, se consideraron puntos relevantes de observación.

Esta es la primera etapa de caracterización y valoración del paisaje con base en la visibilidad, y consiste básicamente en definir "Unidades de Paisaje (UP)", considerando una agregación ordenada y coherente de las partes elementales del entorno lo más homogénea posible a través de la repetición de formas y en la combinación de algunos rasgos parecidos (no necesariamente idénticos) en un área determinada. Para identificar las UP se tomaron como punto de partida todos y cada uno

de los elementos que integran el paisaje, a través de un inventario de los recursos presentes en la cuenca visual previamente definida; con base en los siguientes criterios:

- **Áreas de interés escénico:** Se identificaron las zonas o sectores que por sus características (formas, líneas, texturas y colores) otorgan un importante grado de valor estético al paisaje.
- **Hitos visuales de interés:** Se identificaron los elementos puntuales que aportan belleza al paisaje de forma individual y que, por su dominancia en el marco escénico, adquiere significancia para el observador.
- **Cuerpos de agua:** Se identificaron aquellos cuerpos de agua que poseen una significancia visual en el observador.
- **Intervención humana:** Se identificaron las diversas estructuras realizadas por el hombre, ya sean puntuales, extensivas o lineales (caminos, líneas de alta tensión, urbanización, jardines y edificios).

IV.2.4.2 Calidad visual del paisaje

Para el estudio de la calidad visual del paisaje (calidad paisajística) se utilizó el método indirecto de *Bureau of Land Management* (BLM, 1980). Este método se basa en la evaluación de las características visuales básicas de los componentes del paisaje. Se asigna un puntaje a cada componente según los criterios de valoración, y la suma total de los puntajes parciales determina la calidad visual comparada con una escala de referencia. En la siguiente tabla se presentan los criterios de valoración y puntuación aplicados en la valoración (BLM, 1980), con base en las unidades de paisaje definidas anteriormente.

Tabla 41**.** Criterios de valoración y puntuación por cada componente.

COMPONENTE	CRITERIOS		
MORFOLOGÍA	Relieve con pendiente muy marcada (acantilados, agujas, grandes formaciones rocosas); o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado, o sistemas de dunas, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominante.	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales.	Colinas suaves, pendiente plana, pocos o ningún detalle singular.
	5	3	**1**
VEGETACIÓN .	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución.	Cierta variedad, pero solo uno o dos tipos.	Escasa o ninguna variedad o contraste en la vegetación.

	5	3	1
AGUA	Factor dominante del paisaje, limpia y clara, aguas cristalinas o espejos de agua en reposo.	Agua en movimiento o reposo, pero no dominante en el paisaje.	Ausente o inapreciable.
	5	**3**	1
VARIABILIDAD CROMÁTICA	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables.	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes, pero no actúa como elemento dominante.	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados.
	5	3	**1**
FONDO ESCÉNICO	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual.	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto.	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto.
	5	3	1
SINGULARIDAD Y RAREZA	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna y vegetación excepcional.	Característico, aunque similar a otros en la región.	Bastante común en la región.
	5	3	**1**
ACCIÓN ANTRÓPICA	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual.	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica.
	5	**3**	1

En la siguiente tabla se presenta en forma resumida, los resultados de la aplicación del Método BLM (1980) al paisaje actual:

Tabla 42. Criterios con puntuación.

CRITERIO	PUNTUACIÓN
MORFOLOGÍA	1
VEGETACIÓN	5
AGUA	3
VARIABILIDAD CROMÁTICA	1
FONDO ESCÉNICO	5
SINGULARIDAD O RAREZA	1
ACCIÓN ANTRÓPICA	3
TOTAL	**19**

Tabla 43.Clasificación del paisaje en base a la valoración realizada.

CLASE	VALORACIÓN	PUNTAJE
A	Áreas de calidad alta, áreas con rasgos singulares y sobresalientes.	de 22 a 35
B	**Áreas de calidad media, cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y textura, pero resultan similares a otros en la región estudiada y no son excepcionales.**	**de 8 a 21**
C	Áreas de calidad baja, con muy poca variedad en la forma, color y textura.	de 1 a 7

Al aplicar el Método BLM (1980), se obtuvo la calidad visual del paisaje sin el proyecto dentro de la **Clase B**, es decir, se trata de una zona de calidad media, que no presenta rasgos excepcionales y resultan similares en otras regiones.

IV.2.4.3 Fragilidad

La fragilidad visual es la capacidad de respuesta de un paisaje frete a un uso de este, es el grado de deterioro ante cambios en sus propiedades; lo contrario es la capacidad de absorción visual, atendida como la capacidad de absorción visual, de recibir alteraciones sin deterioro de la calidad visual. Dado lo anterior, se encuentra una relación inversamente proporcional, es decir, a mayor fragilidad menor capacidad de absorción visual y viceversa. (Muñoz-Pedreros, 2004).

Para la evaluación de la fragilidad se puede considerar las siguientes variables: i) factores biofísicos, que se componen del análisis del suelo, cubierta vegetal, pendiente, orientación; ii) carácter histórico-cultural, existencia en el tiempo en el paisaje, de valores singulares, según su escases, valor tradicional e interés histórico; y iii) accesibilidad, conexión con vías de comunicación y acceso visual.

De acuerdo con la ponderación de las variables, la fragilidad del SAR es **MEDIA.**

IV.3 Servicios ambientales que pudieran ponerse en riesgo por el cambio del uso del suelo propuesto

Los ecosistemas forestales son fuente de materias primas y además, brindan servicios ambientales de vital importancia para el sostén de las poblaciones urbanas y rurales y están íntimamente ligados a la regulación y sostén de procesos naturales. El artículo 7 fracción LXI de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable define los servicios ambientales, tal como a continuación se cita:

Artículo 7. *Para los efectos de esta Ley se entenderá por:*

LXI. Servicios ambientales: Beneficios que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo forestal sustentable, que pueden ser servicios de provisión, de regulación, de soporte o culturales, y que son necesarios para la supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, y que proporcionan beneficios al ser humano. Los ecosistemas forestales funcionan como sumideros de carbono prestando servicios ambientales de absorción, secuestro, fijación y almacenamiento del dióxido de carbono;

El predio en donde se realizará el proyecto**,** corresponde íntegramente con vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia. A continuación, se lleva a cabo la caracterización de los servicios ambientales, así como su grado de afectación cualitativa y cuantitativa en el área del CUSTF.

IV.3.1 Regulación química atmosférica (captura de carbono, de contaminantes y generación de oxígeno)

En este rubro se encuentran los procesos fotosintéticos que realiza la vegetación para la captura de CO_2, liberación de O_2. Tomando como referencia uno de estos servicios, como es la captura de CO_2, es importante destacar que éste solamente ocurre durante el crecimiento de los árboles, y se detiene cuando éstos llegan a su madurez total y dejan de crecer.

Captura de Carbono y producción de Oxigeno: La captura de Carbono, así como la generación de oxígeno, es un servicio ambiental, que provee la vegetación a través del proceso de la fotosíntesis, que, balanceado con los procesos de respiración, da como resultado la captura neta de carbono; lo cual se ve reflejado en la acumulación de material leñoso como tallos y raíces de las plantas, en donde el monto de esta captura depende de factores tales como la edad, estructura y composición.

Actualmente este servicio ambiental que proveen bosques o selvas como secuestradores de carbono (sumideros), es muy apreciado, debido al riesgo que implican los procesos de cambio climático.

En el caso específico del proyecto que nos ocupa, la superficie destinada para cambio de uso de suelo es de 20.5351 ha que, en términos de captura de carbono, representa un incremento medio anual de **17.7806 ton Carbono/ha/año**, que dejarían de capturarse.

De acuerdo con Nowak,et al., (2007), aun cuando es generalizado citar la generación de oxígeno como uno de los servicios ambientales más importantes de los árboles, en realidad esta producción es insignificante y de muy poco valor debido al alto contenido de este gas en la atmósfera, así como por la gran producción de este en los sistemas acuáticos, Estos autores refieren que hay otros beneficios del arbolado que son más importantes para la calidad ambiental y la salud humana que el oxígeno que generan. De acuerdo con esto es evidente que derivado de la remoción de biomasa vegetal, se dejará de producir el oxígeno, esta cuestión no representa ninguna disminución, pérdida

o baja de calidad en los demás servicios ambientales, ello debido a que en la atmósfera se mantendrá sin cambio la disponibilidad de oxígeno que se requiera dentro del SAR. Por lo tanto, es evidente que el cambio de uso de suelo forestal, aunque removerá arbolado que genera oxígeno, tal remoción no afectará la producción de los otros servicios ambientales que requieren de oxígeno, ni este cambio será significativo en sentido alguno. De esta forma, se concluye que la realización del proyecto no afectará significativamente este servicio ambiental.

Captura de contaminantes en el sitio: La vegetación en general realiza el servicio ambiental de captura de partículas suspendidas que puedan existir en la atmosfera o el agua. Ya sea por efecto de la filtración física o por procesos ecológicos de la siguiente manera:

Física: Este servicio está estrechamente relacionado con el efecto de filtro y retención de partículas que tiene la vegetación, en los siguientes procesos

En escorrentías, ya que al disminuir ésta por efecto del sistema radicular de la vegetación y de la hojarasca depositada en el suelo, se permite una mayor infiltración del agua y con ello la retención de contaminantes en el subsuelo.

Retención de partículas en el follaje incluyendo ceniza, polvo, cal, cemento, etc. Este servicio es valorado en zonas urbanas industriales, o bien en sitios de descargas de desechos. donde es evidente el mejoramiento de la calidad del aire cuando existe un arbolado presente, incluso se promueve como cercos verdes.

Por procesos ecológicos: La vegetación capta CO_2 de la atmósfera y como producto secundario libera oxígeno. El servicio que brinda la cubierta forestal es la captura de estos gases y la producción de oxígeno necesario para la vida en el planeta.

Captura de nitrógeno metales pesados y otros contaminantes en sus raíces, a través de asociaciones simbióticas con microorganismos, lo que mantiene la fertilidad de los suelos y el equilibrio del ciclo de nutrientes en el ecosistema.

En el caso particular del proyecto que nos ocupa, el predio se encuentra en el área rural del municipio de Puerto Morelos, la cual no presenta emisiones de contaminantes. Por lo cual resulta evidente que en el predio y en el SAR el potencial de captura de contaminantes por medios físicos por parte de la vegetación no es relevante.

Las plantas verdes absorben el CO_2 de la atmósfera a través de la fotosíntesis. El carbono se acumula en los tallos, sistemas radiculares y en las ramas principales de los árboles, debido a que se trata de tejido leñoso de los troncos. De esta forma, los árboles en particular y los bosques son almacenes de carbono. En total, los bosques contienen una cantidad de carbono que es de 20 a 100 veces superior por unidad de área que las tierras de cultivo y juegan un papel crítico en la regulación del nivel de carbono atmosférico. Se ha calculado que los bosques mundiales contienen más del 80% de carbono presente en la superficie terrestre y aproximadamente 40% de todo el carbono existente en el subsuelo terrestre (suelo, desperdicios y raíces). Esto equivale a casi 1.146 Gt C (gigatoneladas de Carbono). Aproximadamente el 37% de este carbono se encuentra en los bosques tropicales de baja latitud, un 14% en los bosques templados de media latitud y un 49% en los bosques de alta latitud (Dixon et al.1994). Si bien, es importante dejar en claro que el fitoplancton en los océanos

"entierran" anualmente unas 10 gigatoneladas de carbono (Gt C) de la atmósfera en las profundidades del océano, convirtiéndolos en los verdaderos campeones del secuestro o fijación de carbono.

Considerando que la proporción de absorción de carbono de los árboles y los bosques es una función del índice de crecimiento y de la edad, podemos decir que en términos generales, los árboles y los bosques absorben grandes cantidades de carbono cuando son jóvenes debido a que crecen rápidamente y a medida que los rodales se acercan a la madurez, los índices de crecimiento disminuyen, por lo tanto, la absorción neta de carbono disminuye y finalmente se detiene cuando éstos llegan a su madurez total (senectud) y dejan de crecer.

Los índices normales de absorción, expresados en toneladas de carbono (t C) por hectárea y año, son de 0,8 a 2,4 t C en los bosques boreales de 0,7 a 7,5 t C en las zonas templadas y de 3,2 a 10 t C en los trópicos. (Brown et al., 1996). El potencial de absorción de las actividades agroforestales es todavía más variable, y depende de la densidad de plantación y de los objetivos de producción del sistema. En la actualidad es considerado como uno de los servicios ambientales de mayor importancia, ya que contribuye al mantenimiento de la temperatura global, así como en la composición química del agua marina y de las zonas costeras.

Cálculo para Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia.

Para determinar la cantidad de carbono secuestrado en una superficie 20.5351 ha con vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, fue utilizado la siguiente ecuación alométricas para el cálculo del Carbono desarrollada en el estado de Quintana Roo por Guyot (2011).

$$B = \exp(-2.9267+1.3636\ln(D)+1.615\ln(H))$$

Tabla 44. Retención de biomasa y carbono /ha y en la superficie del CUSTF en el estrato alto.

NOMBRE CIENTÍFICO	Abundancia /HA	Biomasa /HA (TON)	Carbono /HA (TON)	Incremento Medio Anual Carbono (TON) /HA	Abundancia/ 20.5351 HA	Biomasa (TON)/ 20.5351 HA	Carbono (TON) /20.5351 HA	Incremento Medio Anual Carbono (TON) /20.5351 HA
Acaca glomerosa	1	0.4695	0.2347	0.0002	29	9.6410	4.8205	0.0047
Bauhinia divaricata	12	7.8704	3.9352	0.0187	249	161.6203	80.8101	0.3841
Bursera simaruba	90	49.7086	24.8543	1.0281	1,848	1,020.7698	510.3849	21.1112
Byrsonima bucidaefolia	15	10.0041	5.0021	0.0269	308	205.4350	102.7175	0.5524
Caesalpinia gaumeri	2	1.7192	0.8596	0.0007	44	35.3037	17.6518	0.0137
Cascabella thevetia	4	3.0749	1.5375	0.0023	88	63.1437	31.5718	0.0474
Casearia corymbosa	23	9.9286	4.9643	0.0580	469	203.8837	101.9418	1.1906
Casimiroa tetrameria	3	1.6602	0.8301	0.0011	59	34.0920	17.0460	0.0218
Ceiba schottii	3	1.1539	0.5770	0.0009	59	23.6959	11.8479	0.0183
Chrysophyllum cainito	1	0.3684	0.1842	0.0001	15	7.5648	3.7824	0.0014
Coccoloba diversifolia	4	1.9280	0.9640	0.0022	88	39.5906	19.7953	0.0455
Coccoloba itzaeus	4	4.0016	2.0008	0.0025	88	82.1731	41.0866	0.0512
Coccoloba spicata	8	4.9682	2.4841	0.0088	161	102.0221	51.0111	0.1807
Coccothrinax readii	1	0.3478	0.1739	0.0001	15	7.1411	3.5705	0.0016
Cordia alliodora	1	1.3482	0.6741	0.0003	29	27.6850	13.8425	0.0066
Cordia dodecandra	4	2.8750	1.4375	0.0022	88	59.0381	29.5191	0.0455
Dendropanax arborea	18	8.4208	4.2104	0.0394	367	172.9221	86.4611	0.8097

Diospyros albens	4	2.9935	1.4967	0.0024	88	61.4715	30.7357	0.0483
Diospyros cuneata	4	1.7244	0.8622	0.0016	73	35.4113	17.7056	0.0324
Dryapetes brownii	1	0.3816	0.1908	0.0002	29	7.8357	3.9178	0.0041
Exothea diphylla	4	3.0782	1.5391	0.0017	73	63.2108	31.6054	0.0352
Ficus cotinifolia	52	29.3102	14.6551	0.3381	1,071	601.8864	300.9432	6.9431
Ficus pertusa	2	0.7349	0.3674	0.0005	44	15.0905	7.5453	0.0100
Ficus yucatanensis	4	2.1464	1.0732	0.0023	88	44.0764	22.0382	0.0474
Gymnopodium flobundum	22	14.2452	7.1226	0.0680	455	292.5272	146.2636	1.3959
Haematoxylum campechianum	1	0.2326	0.1163	0.0001	15	4.7756	2.3878	0.0013
Hampe trilobata	1	0.3478	0.1739	0.0001	15	7.1411	3.5705	0.0016
Hippocratea excelsa	1	0.3370	0.1685	0.0001	15	6.9195	3.4597	0.0013
Jatropha gaumeri	1	0.6672	0.3336	0.0003	29	13.7020	6.8510	0.0054
Krugiodendron ferreum	1	0.2939	0.1469	0.0001	15	6.0347	3.0174	0.0011
Lonchocarpus rugosus	23	11.5076	5.7538	0.0648	469	236.3091	118.1545	1.3297
Lysiloma latisiliquum	119	102.3854	51.1927	1.8874	2,450	2,102.4919	1,051.2459	38.7588
Manilkara achras	116	108.3963	54.1981	1.7223	2,391	2,225.9266	1,112.9633	35.3673
Metopium brownei	222	159.0144	79.5072	6.4702	4,562	3,265.3738	1,632.6869	132.8665
Myrcianthes fragans	13	5.8790	2.9395	0.0208	264	120.7255	60.3627	0.4268
Nectandra coriacea	1	0.1955	0.0977	0.0001	15	4.0142	2.0071	0.0011
Oxandra lanceolata	27	13.9406	6.9703	0.0854	557	286.2704	143.1352	1.7531
Piscidia piscipula	4	2.2096	1.1048	0.0017	73	45.3742	22.6871	0.0348
Platymiscium yucatanum	1	1.0171	0.5086	0.0001	15	20.8870	10.4435	0.0016

Pouteria campechianum	14	7.6963	3.8481	0.0246	293	158.0437	79.0219	0.5056
Sabal japa	1	0.5029	0.2514	0.0001	15	10.3269	5.1635	0.0014
Sideroxylon salicifolium	16	16.7865	8.3933	0.0396	337	344.7129	172.3565	0.8140
Swartzia cubensis	4	3.6471	1.8236	0.0025	88	74.8936	37.4468	0.0512
Talisia olivaeformis	1	0.1230	0.0615	0.0000	15	2.5261	1.2630	0.0008
Thouinia paucidenta	3	1.7496	0.8748	0.0011	59	35.9287	17.9643	0.0221
Thrinax radiata	1	0.4208	0.2104	0.0001	15	8.6421	4.3210	0.0014
Trichilia havanensis	1	0.3478	0.1739	0.0001	15	7.1411	3.5705	0.0016
Vitex gaumeri	29	19.9559	9.9780	0.1053	587	409.7966	204.8983	2.1613
Total general	**888**	**622.1153**	**311.0577**	**12.0337**	**18,232**	**12,775.1888**	**6,387.5944**	**247.1125**

En el estrato alto del área propuesta para el proyecto (CUSTF) las existencias de carbono son de 311.0577 ton/ha y dejarían de captarse anualmente 12.0337 ton de carbono/ha. En tanto que las existencias totales en el área del CUSTF son de 6,387.5944 ton de carbono y dejarían de captarse 247.1125 ton al año en las 20.5351 ha de área propuesta para el CUSTF, en caso de implementarse el proyecto.

Tabla 45. Retención de biomasa y carbono /ha y en la superficie del CUSTF en el estrato medio.

NOMBRE CIENTÍFICO	Abundancia /HA	Biomasa/HA (TON)	Carbono /HA (TON)	Incremento Medio Anual Carbono (TON) /HA	Abundancia /20.5351 HA	Biomasa (TON)/ 20.5351 HA	Carbono (TON) /20.5351 HA	Incremento Medio Anual Carbono (TON) /20.5351 HA
Acacia cornigera	13	7.4482	0.0065	0.0028	274	152.9496	0.1345	0.0570
Allophylus cominia	10	249.3645	0.0111	0.0022	205	5,120.7202	0.2269	0.0454
Bauhinia divaricata	7	1.7581	0.0032	0.0008	137	36.1034	0.0648	0.0172
Bauhinia jenningsii	17	3.9794	0.0119	0.0062	342	81.7165	0.2434	0.1273

Buchosia glandulosa	17	87.8944	0.0213	0.0084	342	1,804.9195	0.4381	0.1720
Callicarpa acuminata	13	4.3328	0.0419	0.0055	274	88.9742	0.8601	0.1129
Cascabella thevetia	10	212.0580	0.0066	0.0022	205	4,354.6282	0.1356	0.0444
Chiococca alba	17	4.6273	0.0287	0.0065	342	95.0223	0.5897	0.1325
Coccothrinax readii	300	214.3918	1.1441	1.9798	6,161	4,402.5536	23.4944	40.6556
Croton humilis	3	11.5454	0.0071	0.0003	68	237.0853	0.1454	0.0058
Croton malvavisciifolia	17	8.9601	0.0969	0.0085	342	183.9965	1.9904	0.1755
Eugenia mayana	3	2.6180	0.0456	0.0005	68	53.7608	0.9360	0.0103
Euphatorium albicaule	10	2.2908	0.0114	0.0018	205	47.0407	0.2350	0.0372
Gymnopodium flobundum	3	1.6755	0.0029	0.0003	68	34.4069	0.0592	0.0052
Hyperbaena winzerlingii	3	2.6180	0.0039	0.0003	68	53.7608	0.0794	0.0062
Jaquinia macrocarpa	3	0.3207	0.0015	0.0002	68	6.5857	0.0307	0.0034
Jatropha gaumeri	7	0.7658	0.0046	0.0009	137	15.7250	0.0942	0.0179
Licaria peckii	7	0.8901	0.0050	0.0007	137	18.2787	0.1030	0.0151
Malmea depressa	10	3.0320	0.0122	0.0024	205	62.2618	0.2503	0.0485
Malvaviscus arboreus	193	142.7319	0.3878	0.8851	3,970	2,931.0106	7.9645	18.1759
Manilkara achras	17	178.0240	0.0244	0.0059	342	3,655.7373	0.5015	0.1208
Myrcianthes fragans	20	60.8489	0.0419	0.0103	411	1,249.5364	0.8605	0.2106
Myrciaria floribunda	87	26.1669	0.1476	0.1579	1,780	537.3396	3.0302	3.2429
Nectandra coriacea	90	270.3740	0.1268	0.1782	1,848	5,552.1510	2.6048	3.6602
Oxandra lanceolata	3	2.6180	0.0280	0.0005	68	53.7608	0.5755	0.0103
Parathesis cubana	13	19.5172	0.0173	0.0036	274	400.7871	0.3553	0.0743
Piper gaumeri	7	13.0900	0.0132	0.0011	137	268.8042	0.2704	0.0220
Platymiscium yucatanum	3	0.9425	0.0015	0.0002	68	19.3539	0.0305	0.0048
Protium copal	3	0.4189	0.0047	0.0003	68	8.6017	0.0972	0.0055

Psychotria nervosa	10	31.4684	0.0664	0.0036	205	646.2053	1.3641	0.0743
Psychotria pubescens	7	1.5970	0.0110	0.0010	137	32.7941	0.2250	0.0200
Randia aculeata	290	532.2001	0.6655	2.0816	5,955	10,928.7728	13.6652	42.7458
Sabal japa	3	5.8905	0.0010	0.0002	68	120.9619	0.0206	0.0038
Thrinax radiata	117	249.4848	0.5886	0.3818	2,396	5,123.1905	12.0874	7.8396
Toxicodendron radicans	3	0.9425	0.0026	0.0003	68	19.3539	0.0542	0.0069
Trichilia havanensis	7	1.7933	0.0112	0.0011	137	36.8262	0.2304	0.0234
Trichilia hirta	3	1.2828	0.0004	0.0002	68	26.3428	0.0092	0.0041
Zygia stevensonii	13	3.0565	0.0084	0.0036	274	62.7658	0.1717	0.0743
Casearia corymbosa	3	0.6545	0.0034	0.0002	68	13.4402	0.0695	0.0045
Total general	**1363**	**2,363.6735**	**3.6181**	**5.7469**	**27,996**	**48,538.2259**	**74.2989**	**118.0134**

En el estrato medio las existencias son de 3.6181 ton/ha de carbono y anualmente dejarían de capturarse 5.7469 ton de carbono/ha. Asimismo, las existencias totales en las 20.5351 ha del área propuesta para el CUSTF son de 74.2989 ton de carbono y con la eventual ejecución del proyecto, dejarían de capturarse 118.0134 ton de carbono anualmente.

En total, se estima unas existencias de 314.6758 ton/ha en ambos estratos (alto y medio); en tanto que en las 20.5351 ha propuestas para el proyecto (CUSTF) las existencias son de 6,461.8933 ton. En caso de implementarse el proyecto, dejarían de captarse cada año 17.7806 ton/ha de carbono en los dos estratos con vegetación leñosa ya mencionados, en tanto que en las 20.5351 ha del CUSTF se dejarían de capturar un total de 365.1259 ton de carbono en los estratos alto y medio.

Las acciones de mitigación del impacto ambiental que se generarían con la eventual remoción de una parte de la vegetación leñosa, consisten en la realización de los trabajos de reforestación y reubicación de especies, tal como se presenta en los siguientes cuadros.

Tabla 46. Especies de interés registradas en el sitio, susceptibles de ser rescatadas y reubicadas.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	CANTIDAD
FABACEAE	*Acaca glomerosa*	137
POACEAE	*Andropogon bicornis*	68
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea patellifera*	68
MALPIGHIACEAE	*Buchosia glandulosa*	342
VERBENACEAE	*Callicarpa acuminata*	274
RUTACEAE	*Casimiroa tetrameria*	274
SAPOTACEAE	*Chrysophyllum cainito*	68
POLYGONACEAE	*Coccoloba diversifolia*	411
ARECACEAE	*Coccothrinax readii*	6,229
BORAGINACEAE	*Cordia dodecandra*	411
BIGNONIACEAE	*Cydista potosina*	68
EBENACEAE	*Didspyros cuneata*	205
POACEAE	*Digitaria bicornis*	68
POACEAE	*Echinochloa colonum*	137
MYRTACEAE	*Eugenia mayana*	68
ASTERACEAE	*Euphatorium albicaule*	205
MORACEAE	*Ficus pertusa*	205
FABACEAE	*Galactica striata*	274
FABACEAE	*Haematoxylum campechianum*	68
HIPPOCRATACEAE	*Hippocratea excelsa*	68
RHAMNACEAE	*Krugiodendron ferreum*	68
LAURACEAE	*Licaria peckii*	137
CUCURBITACEAE	*Momordica charantia*	68
POACEAE	*Paspalum nutatum*	137
POACEAE	*Phragmites australis*	68

PIPERACEAE	*Piper gaumeri*	137
FABACEAE	*Platymiscium yucatanum*	137
BURSERACEAE	*Protium copal*	68
RUBIACEAE	*Psychotria pubescens*	137
FABACEAE	*Rhynchosia minima*	68
ORCHIDACEAE	*Spiranthes torta*	68
ARECACEAE	*Thrinax radiata*	2,464
MELIACEAE	*Trichilia hirta*	68
PASSIFLORACEAE	*Turnera diffusa*	68
TOTALES		**13,348**

Con un total de 34 especies a rescatar y reubicar que suman un total de 13,348 individuos. Si bien, dos especies (*Coccothrinax readii* y *Thrinax radiata*) fueron seleccionadas debido a que aparecen en la NOM059-SEMARNAT-2010 en calidad de amenazadas (A).

Tabla 47. Especies de interés registradas en el sitio, susceptibles de ser reproducidas y reforestadas.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	CANTIDAD
FABACEAE	*Acacia cornigera*	274
SAPINDACEAE	*Allophylus cominia*	137
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea floribunda*	137
FABACEAE	*Bauhinia divaricata*	1,232
FABACEAE	*Bauhinia jenningsii*	68
BROMELIACEAE	*Bromelia pinguin*	205
BURSERACEAE	*Bursera simaruba*	6,503
MALPIGHIACEAE	*Byrsonima bucidaefolia*	1,369
FABACEAE	*Caesalpinia gaumeri*	68
FLACOURTIACEAE	*Casaeria corymbosa*	2,190
APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	137
MALVACEAE	*Ceiba schottii*	205
RUBIACEAE	*Chiococca alba*	137
POLYGONACEAE	*Coccoloba Itzeus*	137
POLYGONACEAE	*Coccoloba spicata*	411
ARECACEAE	*Coccothrinax readii*	479
BORAGINACEAE	*Cordia alliodora*	68
EUPHORBIACEAE	*Croton malvavisciifolia*	137
ARALICEAE	*Dendropanax arborea*	890
EBENACEAE	*Diospyros albens*	137
ASTERACEAE	*Euphatorium odoratum*	68
SAPINDACEAE	*Exothea diphylla*	274
MORACEAE	*Ficus cotinifolia*	4,107

POLYGONACEAE	*Gymnopodium flobundum*	1,917
EUPHORBIACEAE	*Jatropha gaumeri*	137
FABACEAE	*Lonchocarpus rugosus*	1,369
FABACEAE	*Lysiloma latisiliquum*	8,625
MALVACEAE	*Malvaviscus arboreus*	548
SAPOTACEAE	*Manilkara achras*	8,488
ANACARDIACEAE	*Metopium brownei*	13,964
MYRTACEAE	*Myrciaria floribunda*	1,095
LAURACEAE	*Nectandra coriacea*	205
POACEAE	*Olyra glaberrima*	137
ANNONACEAE	*Oxandra lanceolata*	2,259
FABACEAE	*Piscidia piscipula*	205
SAPOTACEAE	*Pouteria campechuianum*	1,232
RUBIACEAE	*Randia aculeata*	274
CYPERACEAE	*Scleria lithosperma*	958
SAPOTACEAE	*Sideroxylon salicifolium*	958
SAPINDACEAE	*Thouinia paucidenta*	68
ARECACEAE	*Thrinax radiata*	137
MELIACEAE	*Trichilia havanensis*	137
VERBENACEAE	*Vitex gaumeri*	1,711
FABACEAE	*Zygia stevensonii*	68
TOTALES		**63,864**

Los trabajos de reforestación están dirigidos a 44 especies de importancia ecológica, si bien dos de ellas (*Coccothrinax readii* y *Thrinax radiata*) se encuentran del estatus de amenazadas (A) de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. En el caso de *Coccothrinax readii,* fue seleccionada debido a esta última condición.

Con estas acciones de mitigación, se garantiza la recuperación de 17.7806 ton de carbono/año, mismas que en promedio, dejarían de capturarse con la eventual ejecución del proyecto. La superficie seleccionada para realizar los trabajos de reubicación y reforestación

De forma complementaria tenemos que las plantas verdes producen oxígeno molecular como un subproducto de la fotosíntesis, el cual, debido a la gran importancia que tiene en la fisiología (y la vida misma) de los organismos aerobios, del cual formamos parte, su generación se considera un servicio ambiental fundamental o de soporte. El cual está íntimamente asociado a la captura de carbono, puesto que se deriva de mismo proceso bioquímico (fotosíntesis), el cual es fundamental para la vida, tal y como la conocemos. En este sentido, la revista National Geografic en su edición de julio de 2022, afirma que aunque hay cientos de razones para conservar nuestros bosque y selvas, existe la extendida y errónea creencia de que los bosques los principales productores de oxígeno de nuestro planeta, lo que conviene desmentir, no por restar importancia al papel

desempeñan las selvas y bosques en nuestro planeta, sino por dársela a los verdaderos responsables de que podamos respirar: los océanos.

La superficie de nuestro planeta se observa azul desde el espacio porque la mayor parte está cubierta de agua. La cual es la mayor responsable de los servicios ambientales que ofrece nuestro planeta, siendo precisamente el medio donde la vida en la Tierra surgió.

En este sentido, son los organismos unicelulares del fitoplancton, que flotan por miles de millones en cada m³ de agua, en la denominada zona eufótica del océano -que puede alcanzar los primeros 200 metros de profundidad- y en el que habitan dos grupos principales de organismos: las algas unicelulares y las cianobacterias fotosintéticas. Así, aunque muchos puedan pensar que son los bosques y praderas jóvenes en tierra firme los grandes productores de oxígeno, la realidad es que el balance neto de oxígeno que se produce entre los periodos de respiración y fotosíntesis de las plantas terrestres, aunque pueda ser positivo, en general es mínimo en comparación con el servicio que ofrece el fitoplancton. Gracias a su trabajo fotosintético, estas microscópicas criaturas producen entre el 50 y el 85 % del oxígeno que se libera cada año a la atmósfera. De esta forma, el fitoplancton genera al menos la mitad del oxígeno que respiramos, unos 27,000 millones de toneladas al año.

La acción de estos microorganismos en nuestro planeta cumple una doble función, produciendo por un lado el imprescindible oxígeno a la atmósfera, y retirando de ella a su vez el CO_2, así como transformando este carbono en carbohidratos que son la base de la cadena alimenticia en los océanos.

En este sentido, se estima que una hectárea de árboles adultos en un año puede proporcionar oxígeno para 10 personas, sin embargo, se debe de tener en cuenta que las diferencias son enormes entre las especies de plantas, los ecosistemas, etc. por lo cual es sumamente difícil cuantificar la producción de oxígeno.

De esta forma, las acciones de restauración que se planean implementar debido a la eventual ejecución del cambio de uso de suelo (20.5351 ha). Con las acciones de restauración que se planean implementar, así como por la capacidad que tiene el propio ecosistema de regenerarse a sí mismo (propiedad de resiliencia de los ecosistemas), se considera que no se pone en riesgo la captura de carbono ni la generación de oxígeno por efecto de la implementación del proyecto ya que la afectación solo será a nivel del área de influencia de este.

IV.3.2 Provisión de agua en cantidad

Este servicio ambiental está relacionado con la función de los bosques y selvas tropicales como reguladores del agua y garantes de su disponibilidad y calidad. La unidad física básica en la regulación del agua es la cuenca. Muchos de los patrones hídricos observados en una cuenca, al igual que la cantidad del agua que de ella emana, dependen de su relieve y pendiente, así como de su tamaño, ubicación geográfica, tipo de suelo y, por supuesto, de la precipitación anual y los ecosistemas que la conforman.

Para entender la relación del trinomio agua-bosque-suelo es importante resaltar que los suelos de bosques y selvas absorben 4 veces más el agua de lluvia si se compara con suelo cubierto por pastos naturales o cultivados y 18 veces más con respecto a un suelo desnudo. Los bosques son los ecosistemas que más agua producen, siendo este el líquido conductor, regulador y portador de la vida. A medida que se pierden los bosques se disminuye la capacidad de captura de agua; se destruye el hábitat de plantas y animales, afectando a la vida en general. Existe una correlación positiva que nos dice que a mayor cubierta vegetal (bosques, selvas), mayor presencia de lluvia. Cuando se condensa la humedad (baja altura), como sucede en zonas boscosas y selváticas, se incrementa la precipitación si se compara con una zona deforestada donde las nubes se forman a mayor altura y son movidas por el viento, lo que modifica la precipitación en la zona.

Una forma de visualizarlo es con la acción de dicho trinomio en el Ciclo Hidrológico de las siguiente manera: la humedad en forma de evaporación del suelo y cuerpos de agua naturales o artificiales; y la evapotranspiración de la cubierta vegetal así como las zonas de cultivo de temporal o riego incluidos los pastizales naturales o de cultivo, forma las nubes las que se precipitan como lluvia y dependiendo si existe cubierta vegetal en las zonas altas o montañosas el agua escurre y se infiltra de manera más suave en comparación con una zona sin vegetación aquí las aguas bajan de manera torrencial llevando distintos materiales y se depositan como azolves en los cuerpos de agua ubicados en las partes bajas o en el mar. Por tal razón es fundamental realizar un adecuado uso del suelo acorde a su vocación, sin que esto signifique que sea incompatible con actividades productivas.

A pesar del incremento en el consumo de agua en los últimos años, no se aprecia disminución en el nivel estático del agua subterránea y se acepta que las previsiones del incremento de la demanda futura de agua se pueden satisfacer si se mantienen las medidas de protección del acuífero (CONAGUA 2012).

Los cálculos más recientes del balance hídrico de México, señala que recibe un volumen anual promedio de 1,449 kilómetros cúbicos de agua de precipitación, de los cuales 70% regresa a la atmósfera por evapotranspiración. Además del agua que proviene de la precipitación, el país recibe aproximadamente 48 kilómetros cúbicos por importaciones de los ríos de las fronteras norte y sur y exporta 0.43 kilómetros cúbicos anualmente del río Bravo a los Estados Unidos, de acuerdo con el Tratado sobre Distribución de Aguas internacionales del año 1944. Así, la disponibilidad natural media en el país es de 451.6 kilómetros cúbicos de agua en promedio al año. De ese volumen, alrededor del 80% corresponde al escurrimiento superficial nacional (359.04 kilómetros cúbicos en 2017) y el restante 20% (92.5 kilómetros cúbicos) contribuye a la recarga de los acuíferos. El valor de la disponibilidad natural media nacional resulta superior al de la mayoría de los países europeos, pero es bajo en comparación con países como Brasil con 8647 kilómetros cúbicos, Estados Unidos con 3069 kilómetros cúbicos o Canadá que es de 2902 kilómetros cúbicos (FAO, 2018).

La diversidad de climas presentes en las regiones hidrológico-administrativas (RHA), en las que se divide el México, producen contrastes en los volúmenes de la precipitación. Por ejemplo, en la región Frontera Sur, con un clima cálido húmedo, la precipitación pluvial normal anual entre los años 1981 y 2010 fue casi once veces mayor que la observada en la RHA Península de Baja California, en donde predomina el clima seco, entre 1842 y 168 mm de precipitación.

Al igual que la precipitación, el escurrimiento superficial también varía en la geografía nacional: la región Frontera Sur contabiliza poco más del 34.7% del total nacional (básicamente por la presencia de los ríos Grijalva y Usumacinta), mientras que en las penínsulas de Baja California y Yucatán es de aproximadamente el uno por ciento. En el caso de la península de Baja California esto se explica por la escaza precipitación; y en la de Yucatán por el relieve plano y sustrato permeable que impiden loa formación de escurrimientos superficiales de importancia. Respecto a la recarga media total de los acuíferos, el mayor porcentaje ocurre en las regiones XII Península de Yucatán con una recarga de 25,316 hm³ y la región Xl Frontera Sur con 22,718 hm³, lo que representa el 27.4 y 24.5% respectivamente de la recarga total. En contraste, las regiones con menor contribución a la recarga de acuíferos a nivel nacional, son la región l Península de Baja California con 1.8% de la recarga total y la V Pacífico Sur con 2.1%.

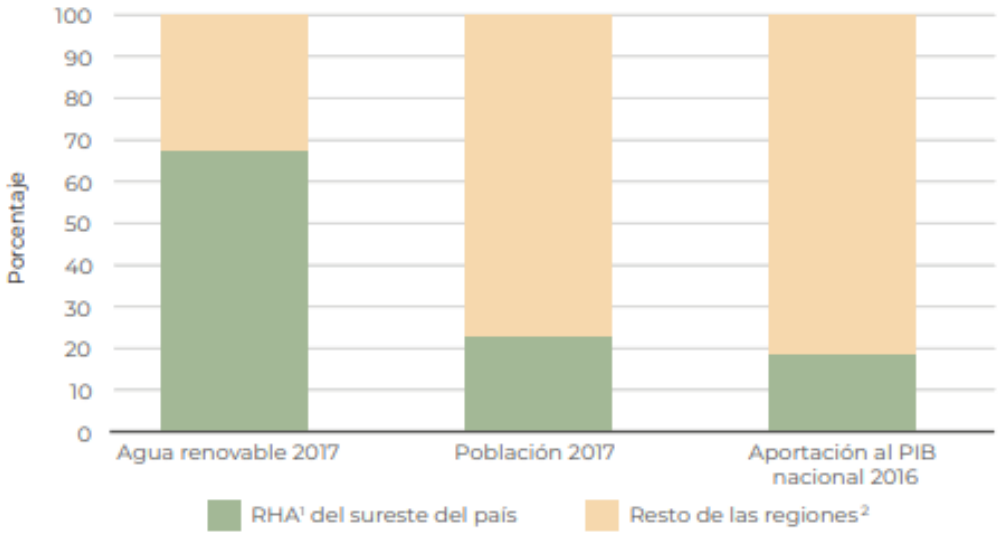


Tabla 48. Contrastes regionales entre el agua renovable y el desarrollo nacional (2017)

Como se ha visto, el retiro de la vegetación potencializa el escurrimiento de agua en una cuenca, proceso que repercute en el balance hidrológico de la misma al disminuir el suministro gradual de agua al acuífero; sin embargo, tomando en cuenta las dimensiones del área de Cambio de Uso de Suelo en el predio, misma que con respecto a las dimensiones de la cuenca donde se encuentra inmerso el proyecto, representa una fracción muy baja de la misma, lo que permite asumir que la variación en el coeficiente de escurrimiento, por más drástico que sea el cambio de uso de suelo, no podrá alterar el flujo, ni la cantidad disponible de agua en la cuenca antes mencionada. Considerando lo anterior, se asume que las posibles afectaciones hacia este servicio ambiental, serán puntuales y sólo se limitarán a la superficie de cambio de uso de suelo propuesta.

La recarga del acuífero tiene lugar durante los meses de mayo a octubre y es originada principalmente por las lluvias de mayor intensidad. En general, la elevada precipitación pluvial, la gran capacidad de infiltración del terreno y la reducida pendiente topográfica, favorecen la renovación del acuífero.

Así las cosas, el proyecto no afectará el servicio ambiental de provisión del agua, para lo cual, es necesario determinar el volumen de escurrimiento (Ve), y la evapotranspiración (ETR). Dichas variables requieren a su vez de información respecto a la precipitación en la zona, en este sentido, la carta de hidrología superficial del INEGI F1611 señala que en el sitio donde se ubica el proyecto no existen corrientes superficiales de agua.

El proyecto propone la implementación de medidas de mitigación que contribuirán a que el impacto no sea significativo para la zona, e inclusive se logre un incremento en el volumen de infiltración al subsuelo.

Derivado de los razonamientos expuestos, se concluye que el proyecto no afectará la calidad de captación del agua ni su infiltración al subsuelo, ello considerando las medidas de prevención y mitigación.

En este sentido, los resultados del balance hídrico obtenidos para el suelo **Leptosol**, con las obras de conservación de suelo y agua (sistema zanja bordo) se capta un volumen de **157,432.254 m³** que sumado al que se infiltra por efecto del incremento a la cobertura de copa (**-32,770.10 m³)**,el cual es negativo (por lo tanto, no es infiltración efectiva) debido a la alta precipitación que se presenta en la zona (1,559.5 mm/año), así como a la elevada evapotranspiración) en consecuencia, se mantienen los **157,432.24 m³**, que continúan siendo muy superiores al volumen que se tendría que mitigar (**12,579.34 m³**), obteniéndose un excedente de **144,852.90 m³** en las 20.5351 ha propuestas para el eventual cambio de uso de suelo. De esta manera, se demuestra que NO se compromete la captación del agua. En la siguiente tabla se resumen los tres escenarios:

Tabla 49. Resumen de los tres escenarios suelo leptosol

Escenario	Escenario e1	Escenario e2	Diferencia total a mitigar (m³)	Escenario e3	
	Condiciones actuales (sin proyecto)	Realizando el CUSTF (sin medidas de mitigación)		Una vez realizado el CUSTF y ejecutando las medidas de Mitigación	
				Incremento de la cobertura a más de 75%	Sistema Zanja Bordo
Balance hídrico	m³/año	m³/año	-----	m³/año	-----
Volumen precipitado	320,244.59	320,244.59	-----	320,244.59	-----
Volumen EVT	319,465.86	319,465.86	-----	319,465.86	-----
Escurrimiento	46,128.56	58,707.90	-----	33,548.82	-----
Infiltración	**-45,349.83**	**-57,929.17**	**12,579.34**	**0.00**	**157,432.24**
TOTAL, BRUTO				**157,432.24**	
TOTAL, NETO (con mitigación)				**144,852.90**	

Por otra parte, considerando que el predio cumpliera con las características de elegibilidad para incorporarse al pago por servicios ambientales de la CONAFOR en la modalidad B2.1 Servicios hidrológicos Área 1, la cual tiene asignado un monto de $ 1,100.00/ha/año; tenemos que en las 20.5351 hectáreas que se pretenden afectar con la remoción de la vegetación, se estaría dejando de percibir la cantidad de **$ 22,588.59** anuales que corresponden a la afectación en términos económicos del servicio ambiental de captura de agua.

En el caso que nos ocupa, la estimación de la pérdida anual en la captación de agua, la que se considera en base al incremento del escurrimiento superficial, se presenta de acuerdo con el siguiente análisis:

En el área propuesta para el proyecto tenemos que en las condiciones actuales (sin proyecto) y considerando que se presenta vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, la cual alcanza una cobertura del 50 al 75%, el volumen total precipitado en el área del CUSTF es de 320,244.59 m^3 al año, de los cuales un 99.76% (319,465.86 m^3) se pierde por el proceso de evapotranspiración, y de acuerdo con el procedimiento, escurre el 14.40% (46,128.56 m^3) del agua precipitada, en tanto que el -14.16% es el volumen que se infiltra al subsuelo, es decir -45,349.83 m^3 de agua, es decir, en este caso el resultado obtenido nos indica que no existe infiltración en la condición inicial o "sin proyecto". Tal como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 50. Balance hídrico sin proyecto (actual) en el área propuesta por el proyecto.

Balance hídrico	m^3/año	%
Volumen precipitado	320,244.59	100.00%
Volumen EVT	319,465.86	99.76%
Escurrimiento	46,128.56	14.40%
Infiltración	**-45,349.83**	-14.16%

Para llevar a cabo la estimación del volumen de agua que se dejaría de infiltrar, en el escenario de haberse realizado el proyecto, se tiene como premisa que el volumen de escurrimiento tiende a aumentar como consecuencia de la eliminación de la vegetación. Bajo estas nuevas condiciones, el escurrimiento crece a un 18.33% del agua de lluvia (58,707.90 m^3) en tanto que la infiltración al subsuelo disminuye a un -18.09% del volumen total precipitado, es decir, llega a -57,929.17 m^3, es decir, como en el caso anterior, también nos indica que no se verifica la infiltración después realizar el cambio de uso de suelo o "con proyecto", debido también a las altas precipitaciones que existen en esta zona y a que la evapotranspiración es muy alta. Los resultados obtenidos se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 51. Resumen del balance hídrico después de realizar el cambio de uso de suelo.

Balance hídrico	m^3/año	%
Volumen precipitado	320,244.59	100.00%
Volumen EVT	319,465.86	99.76%

Escurrimiento	58,707.90	18.33%
Infiltración	**-57,929.17**	-18.09%

Una vez revisados ambos escenarios (antes del proyecto y después de proyecto), procedemos a comparar los resultados encontrados:

Tabla 52. Diferencia entre el escurrimiento previo y posterior al cambio de uso de suelo.

Escurrimiento sin proyecto (m^3)	46,128.56
Escurrimiento con proyecto (m^3)	58,707.90
Diferencia entre el volumen previo y posterior al CUSTF (m^3)	12,579.34

Con el presente análisis, podemos demostrar que, en las condiciones específicas del área de estudio, como es un clima húmedo tropical con altas precipitaciones (1,559.5 mm/año), una muy alta evapotranspiración y en un predio con una muy baja altitud, prácticamente no se presenta escurrimiento sin proyecto (actual), ni tampoco después de implementado el proyecto. Si bien se estima una diferencia entre ambos es de 12,579.34 m^3 por año en las 20.5351 ha.

IV.3.3 Protección y recuperación del suelo

El suelo es una entidad natural, clave para el mantenimiento de la vida sobre la Tierra. Además de ser el principal soporte de la vegetación, la infraestructura y el hábitat de la biodiversidad, participa de manera esencial en el funcionamiento de cualquier ecosistema. Al igual que los bosques, el agua o los yacimientos minerales el suelo es un recurso finito que forma parte del capital estratégico natural de cualquier país. Se ha estimado que los suelos contienen mucho más carbono que el que se encuentra en la vegetación y cerca de dos veces más que el que se encuentra en la atmósfera.

Algunos cálculos ubican el reservorio de carbono en el suelo en el orden de 2,300 gigatoneladas en los primeros tres metros de profundidad, y con capacidad para permanecer retenido por cientos o miles de años, hasta que la propia actividad biológica o geológica lo libera en forma de CO2. El suelo tiene también un papel muy importante en el ciclo hidrológico; el agua almacenada en el suelo, llamada agua verde, representa cerca del 90% del agua utilizada por los cultivos. Otros servicios de regulación que se obtienen del suelo son la retención de compuestos tóxicos y el reciclaje y disponibilidad de nutrientes, ya que posibilita una amplia gama de reacciones químicas que neutralizan o reducen la toxicidad de los contaminantes o libran nutrientes para las plantas.

La erosión del suelo es un factor clave en el proceso de degradación de las tierras, ya que implica su pérdida de fertilidad y eventualmente la desertificación. Asimismo, también reduce la productividad de la pesca en los cursos inferiores de ríos y lagos, es decir, disminuye la capacidad de la tierra para proveer bienes y servicios ecosistémicos tanto en el sitio puntual de la afectación, como aguas abajo. De tal forma que podemos decir que degradación del suelo se define como "un grupo" de procesos que ocasionan el deterioro del recurso, los cuales provocan una disminución de la productividad biológica y la pérdida de la biodiversidad".

La eliminación de la vegetación es la principal causa de degradación del suelo y de la pérdida de su capacidad de tolerar la erosión. Y ocurre porque el suelo queda desnudo y sufre las consecuencias del impacto de las gotas de lluvia y del aumento de la escorrentía, produciéndose una pérdida neta de suelo y de su capacidad de mantener la vida. Cada suelo, en función de sus características, de su localización en el paisaje y del régimen climático, posee un umbral crítico de equilibrio entre la erosión que soporta y la vegetación que puede mantener. Si se sobrepasa, el sistema entra en una espiral de disminución de la cobertura vegetal y aumento de la erosión que puede conducirle a un estado irreversible de desertificación. Así las cosas, la erosión hídrica se puede considerar una fuerza ecológica que influye sobre la composición de la vegetación y su patrón espacial al producir el desarraigo de plantas y el arrastre de semillas y modificar las propiedades del suelo, en consecuencia, con la agudización de los procesos de erosión, la cobertura vegetal y la diversidad disminuyen.

Los síntomas de la degradación del suelo son numerosos y comprenden la disminución de la fertilidad, la acidificación, la salinización, la alcalinización, el deterioro de la estructura del suelo, una erosión eólica e hídrica acelerada y la pérdida de materia orgánica y biodiversidad. Las repercusiones socioeconómicas resultantes son, entre otras, que la productividad de la mano de obra agrícola y los ingresos generados por la agricultura están cayendo, la migración a las zonas urbanas está aumentando y la pobreza rural se está agravando.

En 2003 se publicó la Evaluación por pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana, escala 1: 1 000 000 (Semarnat y UACh, 2003. Los resultados de este trabajo muestran que el 42% de la superficie nacional, ha estado afectada por erosión hídrica, y que 17 entidades federativas presentarían este problema en más de 50% de su territorio, entre ellas Guerrero (79.3%), Puebla (76.6%), Morelos (75.2%). Oaxaca (74.6%) y Edo. México (73.7%). También las regiones montañosas de las Sierras Madre Oriental, Occidental y del Sur, así como vastas regiones de Chiapas y las entidades del centro del país, tendrían riesgo de presentar alta y muy alta pérdida de suelo por erosión hídrica.

Por otro lado, la erosión eólica afecta principalmente las regiones áridas, semiáridas y subhúmedas secas del país, aunque no es exclusiva de ellas. Su presencia está asociada a una insuficiente protección del suelo por la cubierta vegetal, a la destrucción de la estructura del suelo y a niveles bajos de humedad. A escala nacional, 18.12 millones de hectáreas (equivalentes al 9.5% del territorio) muestran evidencias de erosión eólica. Con respecto a los niveles de afectación, de la superficie nacional con erosión eólica, el 66.7% se encuentra en nivel moderado, 29.5% en ligero y 3.9% entre fuerte y extremo. Las entidades más afectadas por la erosión eólica, en proporción a su territorio, son Chihuahua (28.5%), Tlaxcala (26%), Nuevo León (18.9%) y Durango (17.9%); mientras que Baja California (0.3%), Veracruz (0.7%), Baja California Sur (1.2%) y Colima (2.8%) se encuentran entre las menos afectadas.

De esta forma, el servicio ambiental de control de la erosión puede definirse como un servicio ecosistémico que depende del mantenimiento y funcionamiento de la estructura y el capital natural del suelo (procesos físicos, químicos y biológicos inherentes a su formación), que posibilita la retención del suelo bajo los diferentes usos de la tierra y por lo tanto evita su degradación. De tal

forma que permite al ecosistema autorregulase y permanecer estable, proporcionando las condiciones necesarias para la prestación de otros servicios ambientales ecosistémicos, que pueden o no ser aprovechados directamente por el hombre.

Los esfuerzos encaminados a restablecer la productividad de los suelos erosionados, deben complementarse con otras medidas que afectan a las prácticas de aprovechamiento de la tierra, como es en particular la agricultura de conservación, las buenas prácticas agrícolas y la gestión del riego. Algunos estudios han demostrado que cuanto más se parece un sistema agrícola a un bosque o selva natural en su estructura de cubierta, espaciado de árboles y cubierta vegetal, menos posibilidades hay de erosión del suelo. Asimismo, la exclusión del ganado, el pastoreo rotativo o el pastoreo racional pueden ser necesarios para evitar la degradación del suelo y así promover su restauración.

La eliminación de la vegetación forestal afectará a este servicio ambiental de forma puntual en la superficie propuesta para el cambio de uso de suelo, lo que significa la remoción de la vegetación en 20.5351 hectáreas (205,350.81 m^2), originará una erosión no significativa con respecto a la erosión que se reconoce para la Península (44,875 km^2).

Asimismo, con la implementación del proyecto no se prevé la afectación significativa del predio por causa de la erosión. De esta forma, en la siguiente tabla se puede ver la comparación de la erosión que se presenta con proyecto y sin proyecto, que para su implementación, deberán aplicarse una serie de medidas de mitigación como es el rescate y reubicación de especies de flora y fauna, así como el triturado y elaboración de composta a partir del material vegetal producto del eventual retiro de la vegetación en el área del CUSTF, para que a su vez, sea reincorporado a las áreas verdes y de conservación del mismo proyecto.

De forma específica tenemos que la pérdida anual de suelo antes del proyecto y después del mismo en el caso de la erosión hídrica, dentro del área propuesta para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales, se presenta a continuación:

Tabla 53. Comparación de la erosión hídrica anual antes y después de proyecto.

Polígono	Antes del CUSTF		Después del CUSTF		Diferencia a mitigar (toneladas)
	Tasa de Erosión/Ha (toneladas)	Erosión Total (toneladas)	Tasa de Erosión/Ha (toneladas)	Erosión Total (toneladas)	
Erosión total del predio (20.5351 ha)	2.9669	60.9254	10.7887	221.5469	160.6215
		60.9254		**221.5469**	**160.6215**

De esta forma tenemos una diferencia que asciende a 160.6215 ton/año en 20.5351 ha, debido a que antes de proyecto se presenta una erosión de 60.9254 ton/año y después de proyecto la erosión se incrementa a 221.5469 ton anuales.

En el caso de la erosión eólica, podemos observar que la pérdida anual de suelo es la siguiente:

Tabla 54. Comparación de la erosión eólica anual con y sin proyecto

Erosión eólica sin proyecto		E. eólica total	Diferencia a mitigar
-0.6434	ton/ha/año	-13.2129	
Erosión eólica con proyecto		**E. eólica total**	
-1.2869	ton/ha/año	-26.4257	-13.2129

En la tabla anterior se puede observar que la erosión eólica total sin proyecto en las 20.5351 ha. es de -13.2129 ton/año y con proyecto en la misma superficie alcanza un total de -26.4257 ton/año, es decir, debido a la alta precipitación y evapotranspiración que se presenta en esta zona (1,559.5 mm/año), así como por la textura fina del suelo, puede afirmarse que NO se presenta erosión eólica en el área propuesta para la ejecución del proyecto. Por lo tanto, la pérdida neta anual (diferencia a mitigar) es también un valor negativo (-13.2129 ton) en las 20.5351 ha solicitadas para el CUSTF.

En total, la pérdida de suelo por año como resultado de las erosiones hídrica y eólica resultan ser de 160.6315 toneladas/año en la superficie propuesta para el cambio de uso de suelo (20.5351 ha); en tanto que las obras de mitigación (sistema zanja-bordo) tiene el potencial de retener 163.0160 toneladas/año. Por lo tanto, es posible contar con un residual positivo de 2.3945 toneladas/año en el área propuesta para el cambio de uso de suelo (CUSTF).

Tabla 55. Comparación de la erosión hídrica y eólica anuales, sin proyecto y con proyecto, en suelo Solonchak órtico.

Erosión		Erosión Sin Proyecto (Ton.)	Erosión Con Proyecto (Ton.)	Diferencia a mitigar (Ton.)	Diferencia total a mitigar (Ton.)	Aplicación de obras de mitigación (ton)	Residual (ton)
Hídrica	Erosión /Ha/Año	2.9669	10.7887	7.8218	**160.6215**	**163.0160**	**2.3945**
	Erosión /CUSTF/Año	60.9254	221.5469	**160.6215**			
Eólica	Erosión /Ha/Año	-0.6434	-1.2869	-0.6434			
	Erosión /CUSTF/Año	-13.2129	-26.4257	**-13.2129**			

Para efectos de tomar en cuenta su afectación económica, considerando que el proyecto en cuestión cumpliera con las características de elegibilidad para incorporarse al pago por conservación y restauración de suelos que otorga la CONAFOR en la modalidad B1.4, la cual tiene asignada un monto de apoyo por hectárea por año que equivale a $ 2,600.00/ha/año, entonces por las 20.5351 hectáreas que se pretenden afectar con la remoción de vegetación, se estaría dejando de percibir en términos económicos la cantidad de **$53,391.21** anuales que corresponde a la afectación en términos económicos por conservar y restaurar el suelo en el área propuesta para el CUSTF.

IV.3.4 Protección a la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida

Este servicio ambiental en general se considera que genera recursos materiales, productos y bienes tangibles para la humanidad, tales como; Alimentos, derivados de plantas, animales, hongos y en general los componentes de los biomas. así como como combustibles, en forma de leña, excretas de los animales, o Fibras y pieles, para vestimento, protección, como el algodón, el henequén, la lechuguilla, los productos de la cacería.

La biodiversidad comprende tanto la diversidad dentro de una especie o un ecosistema como la diversidad entre especies o ecosistemas. Es en este sentido, que a este servicio ambiental se le puede considerar como una trama de relaciones entre los seres vivos y su medio ambiente que permite la continuidad y evolución de los ecosistemas, comunidades, poblaciones, especies y sus "bancos de genes" que influyen en el suministro de otros servicios ecosistémicos que benefician directa o indirectamente a las sociedades humanas. Es decir, se trata de un capital natural, que brinda servicios y funciones ambientales para otros servicios ambientales ecosistémicos, tales como la degradación de desechos orgánicos, formación de suelos, control de la erosión, infiltración de agua, fijación de nitrógeno, variedad de recursos alimenticios, mantenimiento de las cosechas, control biológico de plagas, productos farmacéuticos y naturistas, turismo de bajo impacto, brindar áreas de refugio, alimentación y reproducción para las especies animales residentes y migratorias y fijación de bióxido de carbono entre muchas otras. Por lo tanto, la diversidad biológica por medio de sus procesos naturales genera servicios ecosistémicos que son indispensables para la sobrevivencia de los seres vivos, incluyendo a los humanos.

A través de estudios a diferentes escalas espaciales y temporales con grupos biológicos diversos se han demostrado que: a) la pérdida de biodiversidad afecta a las comunidades ecológicas al reducir su eficiencia en la captura recursos biológicamente esenciales como la producción de biomasa y el reciclaje de nutrientes, b) la biodiversidad incrementa la estabilidad de las funciones del ecosistema a través del tiempo, c) el efecto de la biodiversidad sobre los procesos de los ecosistemas no es lineal ni saturador, de modo que el cambio se acelera a medida que se incrementa la pérdida de biodiversidad, d) las comunidades diversas son más productivas porque contienen más especies clave, las cuales influyen sobre la productividad y por las diferencias en los rasgos funcionales entre organismos que incrementan la captura total de recursos, e) la pérdida de biodiversidad a través de niveles tróficos tiene el potencial de influir sobre las funciones de los ecosistemas incluso con mayor fuerza que la pérdida de biodiversidad dentro de niveles tróficos, f) los rasgos funcionales de los organismos tienen grandes impactos sobre la magnitud de las funciones de los ecosistemas (Cardinale et al. 2012).

Una de las medidas más efectivas para mantener la diversidad es la protección de los ecosistemas forestales existentes, de esta forma tenemos que las comunidades naturales poseen una propiedad o atributo emergente conocido con diversidad biológica, el cual se relaciona directamente con la variedad existente dentro de esas comunidades, dicho atributo es la expresión de dos componentes. El primero de ellos es el número de especies presentes en la comunidad, denominado riqueza de especies y el segundo componente es la equitabilidad, que se refiere a cómo la abundancia (e.g., el número de individuos, biomasa, cobertura, etc.) se distribuye entre las especies de la comunidad biológica; por lo tanto, es específica de cada localidad. Si bien el cálculo de índices de diversidad es relativamente sencillo, al ser utilizados, es fundamental considerar atentamente sus limitaciones y fortalezas para poder interpretar adecuadamente su significado en cada caso particular.

Asimismo, la diversidad biológica de un país y su uso sostenible representa un gran potencial para su desarrollo y la generación de beneficios para toda la población (Sarukhán et al. 2012). México es parte de un selecto grupo de 17 países reconocidos como megadiversos. Estos países albergan entre 60 y 70% de la diversidad biológica conocida del planeta (ESTRATEGIA NACIONAL 2016-2030). Por sus características, en nuestro país la biodiversidad no se distribuye de manera homogénea; existen regiones particularmente ricas en especies, como el Eje Neovolcánico Transversal, las Sierras Madre Oriental y Occidental y las zonas donde confluyen las regiones Néartica y Neotropical (Koleff et al., 2008) en SEMARNAT, 2022.

La biodiversidad mexicana también resalta por su alto índice de endemismos, es decir, por la presencia de especies que solamente se encuentran dentro del territorio mexicano. De tal forma que el total de vertebrados que habitan en nuestro territorio, 20% son endémicos; si se examina por grupos, el 46% de las especies de reptiles son endémicos (368 especies de 804 totales); 30% de los mamíferos (161 de 535), 48% de los anfibios (174 de 361) y 11% de las aves (125 de 1,096 especies). Por su parte, de las especies de plantas vasculares que se conocen en el país, se calcula que entre 50 y 60% son endémicas (Sarukhán, 2009), con algunas familias botánicas excepcionalmente ricas en endemismos, como las orquídeas y cactáceas, de las cuales alrededor del 60 y 50% de sus especies, respectivamente, sólo habitan nuestro país (SEMARNAT, 2022).



Figura 38. Riqueza de plantas vasculares por entidad federativa.

Tenemos que la Península de Yucatán es menos diversa que otras regiones de México, aunque presenta atributos taxonómicos y filogenéticos que la diferencian de otras zonas del país, Centro y Sur América. Por ejemplo, presenta pocas especies endémicas, baja riqueza de especies restringidas y un mayor número de especies con intervalos de distribución amplios, por lo que la probabilidad de que se registren las mismas especies en dos sitios es elevada (Arita y Vázquez-Domínguez 2003). La Península también se caracteriza por su baja diversidad beta (tasas de recambio de especies entre un hábitat y otro o entre un estado de uso y otro), lo cual ha sido explicado como resultado de la topografía homogénea, la falta de barreras geográficas y la baja heterogeneidad de hábitats (Vázquez-Domínguez y Arita 2010).

De esta forma el servicio ambiental de conservación de la biodiversidad, se refiere al papel que el ecosistema desarrolla para brindar áreas de refugio, alimentación y reproducción para las especies animales residentes y migratorias. Una de las medidas más efectivas para mantener la diversidad es la protección de los ecosistemas forestales existentes, de esta forma tenemos que las comunidades naturales poseen una propiedad o atributo emergente conocido con diversidad biológica, el cual se relaciona directamente con la variedad existente dentro de esas comunidades, dicho atributo es la expresión de dos componentes. El primero de ellos es el número de especies presentes en la comunidad, denominado "riqueza de especies". El segundo componente es la "equitatividad", que se refiere a cómo la abundancia (e.g., el número de individuos, biomasa, cobertura, etc.) se distribuye entre las especies de la comunidad biológica; por lo tanto, es específica de cada localidad. Si bien el cálculo de índices de diversidad es relativamente sencillo, al ser utilizados es fundamental considerar atentamente sus limitaciones para poder interpretar adecuadamente su significado en cada caso particular.

La biodiversidad es considerada como un servicio ambiental que proporciona muchos beneficios a la sociedad tales como la degradación de desechos orgánicos, formación de suelos, control de la erosión, infiltración de agua, fijación de nitrógeno, recursos alimenticios, mantenimiento de las cosechas, control biológico de plagas, productos farmacéuticos y naturistas, turismo de bajo impacto y fijación de bióxido de carbono entre muchas otras.

En este contexto, para analizar si la ejecución del cambio de uso del suelo ocasionará efectos significativos al servicio ambiental de protección a la biodiversidad de los ecosistemas, se realizaron las siguientes consideraciones.

En el área del proyecto existe un reducido número de especies con respecto al reconocido para toda la Península y el Estado, esto es reflejo de la relación especie-área. Por tal motivo, la valoración de que el cambio del uso de suelo dentro del predio del proyecto tendrá un efecto reducido sobre la riqueza de flora y fauna silvestres se motiva por su bajo número de especies registrado, pero también porque se documentó solo una especie endémica; no se presentan especies restringidas; todas las especies tienen intervalos de distribución amplios; las especies registradas también están presentes en otras muchas áreas de la Península de Yucatán, incluyendo diferentes tipos de vegetación e incluso en hábitats inducidos.

Para el caso que nos ocupa, el área destinada para cambio de uso del suelo alcanza los 100,000.00 m^2, la cual corresponde a vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, siendo

la característica "secundaria" aquella que se desarrolla después de un disturbio (natural o humano) como resultado del proceso de sucesión secundaria**.**

En este contexto, para analizar si la posible ejecución del cambio de uso del suelo ocasionará efectos significativos al servicio ambiental de protección a la biodiversidad de los ecosistemas, se realizaron las siguientes consideraciones.

El grado de afectación a este servicio ambiental se refiere al papel que el ecosistema desarrolla para brindar áreas de refugio, alimentación y reproducción para las especies animales residentes y migratorias, siendo que una de las razones más importantes para mantener la diversidad, es la protección de los ecosistemas forestales existentes.

En cuanto a la riqueza vegetal, el área del proyecto se clasifica como Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia. Las especies registradas en el área del CUSTF, fueron un total de 100; asimismo, el número estimado de individuos/ha y por estrato es de 888 en el estrato alto, 1,363 individuos en el estrato medio, obteniendo así un total de 2,251 registros de plantas leñosas y 1,820 individuos en el estrato bajo. En el predio se encontraron dos especies con algún grado de protección, las cuales son *Thrinax radiata*, *Coccothrinax readii* ambas enlistadas como amenazadas (A) de conformidad con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010**.** Del total de las especies presentes en el área propuesta para el proyecto (CUSTF), podemos observar que el 87.77% son nativas, el 6.47% endémicas y el 5.76% restante son exóticas.

Por tales razones, se considera que con el rescate y reubicación de las especies que así lo requieran, se mantendrán los índices de biodiversidad y equitatividad estimados para el área.

Con respecto a otros aspectos relativos a la biodiversidad, podemos decir lo siguiente:

Riqueza específica: No será afectada, esta es una aseveración derivada del análisis hecho con anterioridad y que se detalla en los apartados descriptivos de la vegetación y de la fauna. Aunado a que el proyecto contempla la remoción y reubicación de individuos, no así de poblaciones o comunidades completas, además de proveer alternativas para el manejo y resguardo de estos, ya sea mediante reubicación o reforestación.

Extensión: Es un factor importante para el desarrollo de las poblaciones y comunidades; entre más extenso es su hábitat mayor será la probabilidad de subsistencia, como consecuencia de la oportunidad de recursos. El CUSTF que se solicita podría ocasionar que se disminuya la extensión del hábitat, sin embargo, la remoción de 20.5351 ha representa una baja proporción de la extensión total de este tipo de vegetación por afectar en la cuenca o sistema ambiental.

Continuidad de hábitats y corredores biológicos: Se refiere a una condición del hábitat necesaria para el desarrollo de los organismos que está relacionada con la extensión de este. En ese sentido, con el CUSTF se prevé una mínima fragmentación del hábitat, por lo tanto, el impacto de fragmentación en este caso se presume que no generaría un efecto barrero que impida la comunicación y el flujo genético directo entre poblaciones, por motivo de la amplia extensión de estas a lo largo de la cuenca.

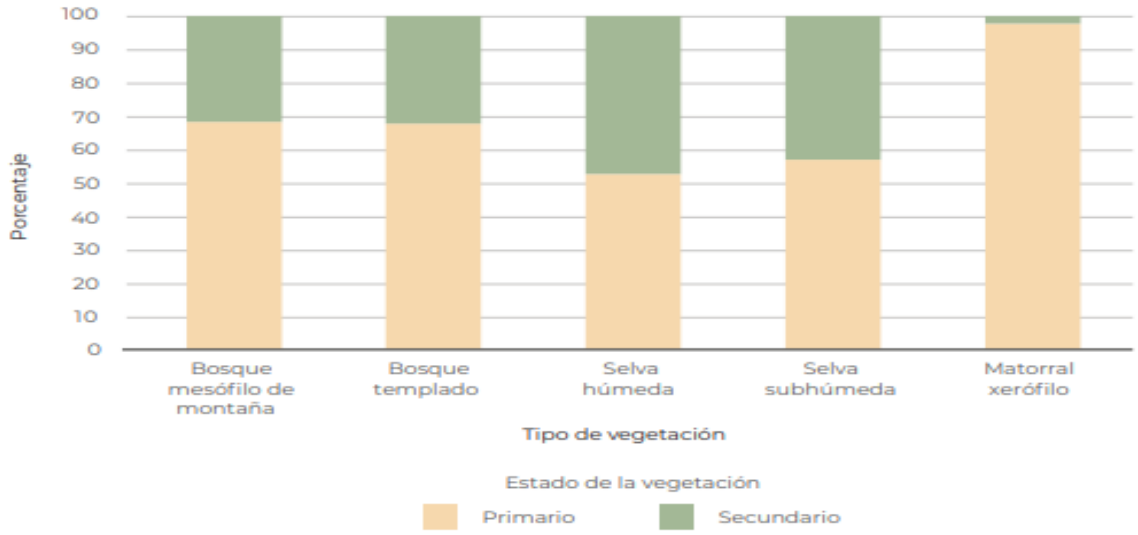


Figura 39. Estado de la vegetación en las áreas naturales protegidas federales en México, 2018.

Riesgo potencial de ingreso de especies exóticas: La posibilidad de la colonización por especies invasoras o exóticas, puede aumentar en relación con el efecto de factores de cambio (como las actividades económicas de la población en la zona) que incidan de manera radical en el incremento significativo de la apertura y liberación de hábitats, derivado del desplazamiento inducido de las especies nativas que ahí radican o por la remoción de la vegetación que conforma el estrato básico de los ecosistemas. En este sentido, el proyecto no manejará ni introducirá ningún tipo de individuo perteneciente a especies exóticas; de igual manera la incidencia sobre la cobertura vegetal no representará efectos que propicien la alteración radical de los hábitats.

Considerando que el presente proyecto cumpliera con las características de elegibilidad para incorporarse al pago por servicios ambientales de la CONAFOR en la modalidad B2.2 Conservación de la Biodiversidad, la cual tiene asignada un monto de apoyo por hectárea por año del orden de $550.00/ha, entonces en las 20.5351 hectáreas que se pretenden afectar con la remoción de vegetación, se estaría dejando de percibir en términos económicos la cantidad de $11,294.29 pesos anuales que corresponde a la afectación en términos económicos del servicio ambiental de conservación de la biodiversidad.

Finalmente, al realizar la estimación de pérdida anual del servicio de protección de la biodiversidad, nos encontramos con que, debido a sus características propias, este servicio ambiental ecosistémico ya no puede ser cuantificado una vez que se concreta el cambio de uso de suelo y se establece el proyecto propuesto. Si bien, dadas sus dimensiones, dichos trabajos se realizarán en poco tiempo y durante la vida útil del mismo ya no se establecerá vegetación natural. Sin embargo, es importante mencionar que la alta movilidad de la fauna silvestre registrada y la amplia distribución de la flora nativa documentada en el predio propuesto para el proyecto, con respecto a la Península de Yucatán, no pone en riesgo su continuidad en la zona.

IV.3.5 Amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales

México está expuesto a fenómenos hidrometeorológicos extremos y a una alta incidencia de incendios forestales que han tenido impactos socioeconómicos significativos en el pasado reciente. Estas perturbaciones forman parte integral de la dinámica de los ecosistemas y son fuerzas selectivas importantes y necesarias para la evolución y el mantenimiento de la biodiversidad. Los fenómenos naturales se convierten en desastres cuando afectan a las poblaciones humanas y sus condiciones de vida, su economía e infraestructura. Sin duda, los cambios de uso de suelo y el cambio climático están modificando los regímenes naturales de perturbación en México. El conocimiento de las complejas relaciones entre los regímenes de perturbación (naturales o antropogénicos) y la biodiversidad aún es insuficiente, pero constituye un aspecto fundamental para la conservación y manejo sustentable de los ecosistemas.

Así tenemos que el 35.4% del territorio nacional está expuesto a sequías extensas, siendo las ecorregiones de Baja California, el Desierto Chihuahuense y la Sierra Madre Occidental las zonas potencialmente más afectadas. Los incendios forestales, la mayoría de origen antropogénico, dañaron en promedio 220,986 hectáreas por año entre 1970 y 2007, con más incidencia de probables incendios en la superficie que ocupan la Planicie Occidental Yucateca, los Altos de Chiapas y la Sierra Madre del sur de Jalisco y Michoacán, así como los lomeríos y piedemontes del Pacífico Sur. Los resultados también indican una frecuencia de incendios mayor a la esperada en ecosistemas sensibles al fuego, como las selvas tropicales húmedas. Asimismo, encontramos evidencias de que la magnitud y frecuencia de huracanes está aumentando. Entre 1950 y 2004, 25% de la superficie del país fue afectada por 29 huracanes de niveles 3 a 5, siendo las ecorregiones adyacentes a las líneas de costa las más dañadas. A pesar de las enormes inundaciones que provocaron estos huracanes, no existen suficientes datos para realizar un estudio acerca de sus consecuencias en el ámbito nacional.

Si bien los resultados indican que varias de estas perturbaciones podrían interactuar de manera sinérgica entre sí y con el cambio climático, con efectos sobre la biodiversidad y la infraestructura humana más altos que lo esperado con base en análisis individuales de cada tipo de perturbación.

Es en este sentido que el servicio ambiental de amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales considera las funciones que cumple el ecosistema de manera intrínseca, cuando actúa como un regulador de las fluctuaciones y cambios ambientales que originan eventos tales como tormentas, inundaciones, sequías y huracanes entre otros, principalmente debido a la estructura que presenta la vegetación. Por tal razón, es importante señalar que dicho servicio ambiental depende en gran medida del buen estado de conservación de la vegetación y de la extensión de esta, ya que existe una relación directa entre la riqueza de especies y la complejidad de sus interacciones, al disminuir estos factores, disminuye la capacidad de resiliencia del ecosistema. Un sistema con mayor diversidad y número de funciones ecológicas será capaz de soportar de mejor manera una perturbación específica. Por lo tanto, es importante señalar que dicho servicio ambiental depende en gran medida del buen estado de conservación de la vegetación y de la extensión de esta.

Por ejemplo, la diversificación de cultivos agrícolas y el uso de razas de ganado resistentes a las sequías y al calor extremo, así como el ajuste hacia modelos de manejo agropecuario con cultivos más diversificados, no solo es una manera de reducir pérdidas, sino se trata de una estrategia de procurar excedentes en la producción que den viabilidad a una sociedad determinada. Es decir, los sistemas diversificados (sistemas agropecuarios y silvopastoriles mixtos) son más resistentes a los fenómenos extremos. Mediante el control de la vegetación, la ganadería también contribuye al control de incendios y avalanchas, mitigando así los efectos negativos de los fenómenos naturales en la vida de la población rural pobre.

Por otro lado, una buena cubierta forestal y una adecuada gestión de los bosques pueden reducir la incidencia y el alcance de inundaciones y desprendimientos de tierras en las zonas bajas de la cuenca. Asimismo, los manglares y sistemas de arrecifes de coral sanos constituyen elementos importantes para proteger a las poblaciones costeras de los fenómenos meteorológicos extremos tales como los huracanes y los tsunamis.

Es en este estudio que se recomienda la aplicación de instrumentos como el ordenamiento ecológico del territorio, la cuantificación y valoración de servicios ecosistémicos clave en la regulación de las perturbaciones naturales, así como el monitoreo en todo el país de los impactos antropogénicos sobre los ecosistemas que proporcionan dichos servicios, todo ello como elementos clave de una estrategia nacional para mitigar los riesgos de los desastres que surgen de las perturbaciones naturales.

El área donde se ubica el proyecto en comento, se encuentra en la zona de alto riesgo de huracanes y tormentas tropicales provenientes del Océano Atlántico y el Mar Caribe, eventos en los cuales se presenta una fuerte precipitación en periodos cortos de tiempo. Las trayectorias ciclónicas que tocan la Península de Yucatán, y que pudieran tocar dicha zona son variadas año con año. Si bien se presentan más comúnmente con dirección noroeste (50 por ciento), seguido de aquellos con dirección norte (23 por ciento) y este (21 por ciento).

IV.3.6 Modulación o regulación climática

El clima terrestre es producto de la constante y compleja interacción entre la atmósfera, los océanos, las capas de hielo y nieve, los continentes y, muy importante, la vida en el planeta, incluyendo los ecosistemas forestales.

La fuente de energía más importante para que funcione el sistema climático es el sol. La forma casi esférica de la Tierra hace que no llegue la misma energía del sol a todo el planeta. De este modo, hacia los polos, la energía que llega es mucho menor que en el ecuador. Esta característica es determinante para saber por qué hay diferentes climas en nuestro planeta. Además, como la Tierra tiene un movimiento de rotación, se presentan el día y la noche, con condiciones de temperatura claramente diferentes. Las variaciones de la distancia entre el planeta y el sol hacen que no todo el año se reciba la misma cantidad de energía proveniente del sol, de esta forma, la situación climática depende en gran medida del calentamiento de la tierra y los océanos, esta diferencia se explica en las regiones de clima monzónico donde el calentamiento de la tierra es determinante para la condensación y precipitación de los vientos húmedos provenientes de los océanos o la presencia de

huracanes para determinar la precipitación de otras regiones. El relieve y la temperatura también son determinantes y están directamente relacionados con el clima ya que de estos elementos depende la condensación de los vientos.

El clima de la Tierra ha cambiado muchas veces a lo largo de su historia. Esta variación se debe a cambios naturales como erupciones volcánicas, los cambios en la órbita, el ángulo del eje de la Tierra y las variaciones en la composición de la atmósfera. En los últimos 150 años, sobre todo a partir de la Revolución Industrial, la principal fuente de cambio en la composición atmosférica se asocia con las actividades humanas. Desde esa época hasta nuestros días, los procesos industriales se desarrollan básicamente quemando combustibles fósiles (petróleo, gas y sus derivados como la gasolina). Los gases producidos por estas actividades se liberan a la atmósfera y cambian su composición. Uno de los principales gases emitidos es el dióxido de carbono (CO_2) que ha aumentado en un 30%, en el último siglo. Otro proceso que se ha acelerado desde ese periodo es la pérdida de bosques y vegetación en regiones muy amplias del planeta con lo que se ha disminuido la capacidad de remover gases efecto invernadero de la atmósfera y amortiguar la alteración climática. El calentamiento de la Tierra o "calentamiento global", es la manifestación más evidente del cambio climático y es inequívoco, como evidencian ya los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo de nieves y hielos, y el aumento del promedio mundial del nivel del mar. En consecuencia, la combinación de estos dos procesos sugiere que se está produciendo un cambio en el clima planetario.

Los ecosistemas influyen en el clima local y la calidad del aire. Por ejemplo, los árboles proporcionan sombra mientras que los bosques influyen en las precipitaciones y en la disponibilidad de agua, tanto a escala local como regional.

Específicamente, los árboles urbanos pueden influir en la calidad del aire de la siguiente manera: i) convirtiendo el dióxido de carbono en oxígeno a través de la fotosíntesis; ii) interceptando partículas contaminantes (polvo, ceniza, polen y humo) y absorbiendo gases tóxicos como el ozono, el dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno; iii) emitiendo diversos compuestos orgánicos volátiles y contribuyendo así a la formación de ozono en las ciudades; iv) reduciendo la temperatura local del aire; v) reduciendo las temperaturas extremas de los edificios tanto en invierno como en verano, y reduciendo por lo tanto las emisiones contaminantes de las instalaciones de generación de energía.

Desde este punto de vista, y tal como puede ser apreciado en la figura siguiente, la tendencia del aumento de la temperatura al nivel global está claramente a la alza. En el caso de los fenómenos biológicos, tenemos que la captura de CO_2 a través de los organismos autótrofos como son las plantas, contribuyen a la disminución de la concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, lo cual ayuda a la conservación de la temperatura global y por consiguiente a la conservación del régimen climático. También debe considerarse la cantidad de CO_2 que se reintegrará a la atmósfera como producto de la descomposición del volumen de madera y residuos vegetales que se eliminen como resultado del cambio de uso del suelo. En consecuencia, el grado de afectación a la modulación o regulación climática se califica como bajo debido, por un lado, al porcentaje de la superficie de afectación que plantea el proyecto con respecto a la cuenca

hidrológico forestal; y por el otro a que en dicha área (20.5351 ha) el potencial de captura se estima en 365.1259 ton carbono/año.

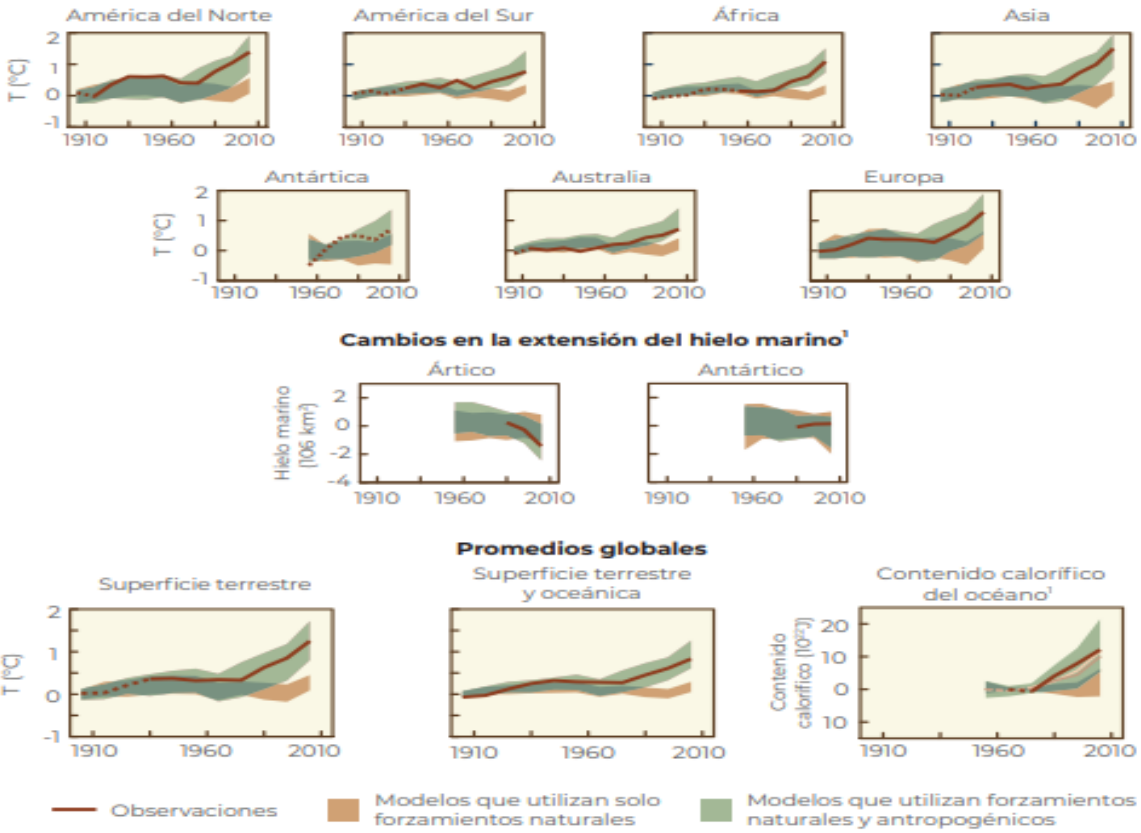


Figura 40. Cambios de temperatura en la superficie terrestre.

En resumen, La modulación o regulación climática, puede ser vista desde las siguientes escalas:

1. El clima global, que se entiende como la integración de los climas regionales en el planeta el cual actualmente se aborda a través de la preocupación por el efecto invernadero y cambio climático global, que implica el calentamiento generalizado del planeta causado por la modificación de los factores atmosféricos y biofísicos, principalmente de algunos gases que en la atmósfera regulan el clima y que causan el efecto invernadero, tales como el dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrógeno (NXOY) y metano (NH4), los cuales han sido acrecentados en la atmosfera a nivel global por las actividades humanas, tales como como el uso excesivo de combustibles fósiles como el gas, la gasolina y el diesel, la agricultura extensiva, la deforestación y la generación y liberación de estos gases en grandes cantidades (Magaña, 2005). En el caso del proyecto que nos ocupa, su aportación a este clima global es en extremo pequeño y queda plasmado en el presente documento en los cálculos y medidas de prevención y mitigación presentados.

2. El clima regional: es el resultado de la interacción de diferentes factores atmosféricos, biofísicos y geográficos que pueden cambiar en el tiempo y una región dada. Estos factores pueden ser la temperatura, presión atmosférica, viento, humedad y lluvia. Así mismo, algunos factores biofísicos

y geográficos como la latitud y la altitud, las masas de agua, la distancia al mar, el calor, las corrientes oceánicas, los ríos, etc. En el caso del proyecto que nos ocupa, su participación en el clima regional es en extremo pequeño, y al igual que con el clima global, si bien participa en el cambio de uso de suelo, debido a las bajas cantidades de CO_2 que se dejarían de capturar, no resulta significativo.

3. El microclima, para esta escala: El microclima se entiende como el conjunto de condiciones, radiación solar y terrestre, viento, temperatura y humedad del aire y precipitación, presentes en el espacio externo a pequeña escala (Brown & Gillespie, 1995) que se ven afectadas por las condicio nes del clima y la estación del año (Shashua-Bar, Tsiros & Hoffman, 2010; Rodríguez, 2017). El microclima se ve afectado en gran medida por la vegetación existente en el sitio, ya que esta mantiene los niveles de humedad, atrapa el polvo del ambiente (García y Fuentes, 2005, p.35) crea sombras en las calles y en las zonas residenciales que generan la disminución de la temperatura.

Los efectos de la vegetación en el medio urbano y los parámetros micro climáticos son:

- **Acción sobre la humedad ambiental:** Por su función fisiológica, liberan humedad al ambiente, del agua sustraída por sus raíces; un metro cuadrado de bosque aporta 500 kg de agua anuales (Higueras, 1998, p. 18).
- **Acción sobre la velocidad del aire:** Su discontinuidad de ramas, hojas etc. le confiere ventajas frente a otro tipo de barreras protectoras contra el viento, que generan efectos perjudiciales y grandes turbulencias en el entorno, ya que no desvían los vientos, sino que los absorben haciéndoles desaparecer. Su longitud de acción está entre 7 y 10 veces la altura de las especies (Higueras, 1998, p. 19). Produciendo efectos como obstrucción, filtración, deflexión y canalización (García y Fuentes, 2005, p. 38):
- **Acción sobre la radiación solar:** Sobre los excesos de radiación del suelo, edificios, espacios abiertos, etc., los árboles son una pantalla ideal. Esto permite un control sobre las temperaturas ambientales muy interesante para alcanzar el confort climático con recursos naturales (Higueras, 1998, p. 19).
- **Protección contra el ruido:** Las barreras vegetales atenúan el ruido en función de la diferencia del trayecto de las ondas sonoras, según el tipo de vegetación que la constituya (Higueras, 1998, p. 19).

En el caso específico del predio y del SAR, el proyecto que nos ocupa, utilizará únicamente el 32.41% para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales, permitiendo un área de conservación de 67.59% del total del predio, adicionalmente se cuidará y reforzará la vegetación nativa en las áreas verdes destinado a ello, lo que tendrá el efecto de conservar el microclima en el lote sin tener afectación en el área del SAR.

IV.3.7 Análisis del grado de afectación cualitativa

La importancia del servicio ambiental depende del grupo de población que a nivel de cuenca resulta beneficiado por el servicio ambiental y que presta dentro del área que se vería afectada por el cambio de uso del suelo en terrenos forestales; de tal forma que un servicio ambiental puede ser de beneficio generalizado para la población (como el servicio de captura y secuestro de dióxido de

carbono) o sólo de beneficio a grupos reducidos, como en el caso de los usos comerciales o porción extraíble como es el caso del alimento. Los diferentes ecosistemas proporcionan un conjunto particular de servicios ambientales y de igual forma, la calidad de los servicios que ofrece será diferencial dependiendo del ecosistema y sus características. Por lo cual, cada uno de los sistemas que afectará el proyecto será valorado en relación con el tipo de servicio ambiental que ofrece y a la calidad de este.

Por otra parte, el grado de afectación se plantea en función de la disminución del valor ambiental que podría darse como resultado de la ejecución del cambio de uso del suelo solicitado en una superficie de **20.5351 hectáreas**, en comparación con la disponibilidad del recurso forestal y los servicios ambientales asociados en el SAR.

Debe considerarse que la superficie donde se pretende el cambio de uso de suelo (CUSTF), corresponde a suelo forestal cubierto por vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia y que esta vegetación eventualmente sería removida para la ejecución del proyecto y los caminos de acceso al mismo.

Para hacer una valoración de los servicios ambientales generados en el área del proyecto, es necesario, entre otras cosas, un buen entendimiento de cuáles son los servicios ambientales que puede ofrecer, el tipo vegetación forestal con que se cuenta, quiénes se benefician de dichos servicios y bajo qué condiciones lo hacen, así como entender la manera en que cambian dichos servicios cuando se pierde la cubierta forestal. Por lo cual en el siguiente cuadro se hace una valoración de estos para identificar los servicios más significativos en el área del proyecto y la escala de estos.

La valoración cualitativa del CUSTF para definir el grado de afectación a los servicios ambientales que provee el ecosistema del área donde se pretende realizar el proyecto, puede ser determinado mediante la calificación a partir del análisis de criterios diferentes, tales como: abundancia o riqueza de especies, cobertura de copa, cobertura de suelo, tipo de especies y su función en el ecosistema, así como los tipos de suelos. Todos ellos considerados cualitativamente a partir de una autovaloración, estableciendo una escala entre 1 y 10 dividida en 5 categorías de nivel de riesgo, donde 1 a 2 corresponde a un nivel irrelevante y de 9 a 10 es un nivel de riesgo crítico, de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 56. Valoración cualitativa del CUSTF.

VALOR	NIVEL DE RIESGO
1 a 2	Irrelevante
3 a 4	Leve
5 a 6	Moderado
7 a 8	Severo
9 a 10	Crítico

La identificación de los servicios ambientales que proporciona el ecosistema es de suma importancia para determinar la afectación que pudiera generar el desarrollo del proyecto, el nivel de riesgo y su importancia a nivel del sistema ambiental regional (SAR), de esta manera se pueden generar medidas correctivas eficaces. La siguiente tabla muestra la función, descripción, niveles de afectación y riesgo por servicio ambiental.

Tabla 57. Evaluación del CUSTF con criterios cualitativos

Servicio ambiental	Valor
Regulación química atmosférica	2.0
Provisión de agua en cantidad	2.0
Protección y recuperación del suelo	5.0
Protección de la biodiversidad	5.0
Amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales	2.0
Modulación o regulación climática	2.0
Paisaje y recreación	6.0
	3.43

Por lo tanto, de forma cualitativa puede decirse que los servicios ambientales que proporciona este predio se consideran como leves, debido principalmente a la superficie del Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales propuesto (20.5351 ha).

IV.4 Diagnostico ambiental

El área específica del proyecto se encuentra en un nivel medio de conservación, ya que la vegetación a pesar de haber sido modificada por factores antropogénicos y ser de tipo secundaria, se encuentra en buen estado de conservación. Asimismo, la zona que se tiene prevista para el aprovechamiento de roca caliza por debajo del manto freático es la misma zona que fue autorizada para la explotación de material pétreo en seco a nivel estatal, por lo que no se espera desmontar otros predios con vegetación conservada, con alta calidad de servicios ambientales y que sirva como habitar de fauna silvestre. De lo expuesto, se prevé que sea una mejor opción aprovechar la misma zona ya autorizada para extracción de material pétreo y no aperturar nuevos bancos de materiales. El área solicitada para Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales es de:

En el banco de materiales se plantea corte roca superior de tipo caliza fosilífera que corresponde al horizonte superior de la caliza de la formación Felipe Carrillo Puerto, presenta alta permeabilidad entre los 2.5 y 3.8 m de profundidad, que vendrían siendo desde el nivel topográfico original a los 7.5 y 8.5 m de profundidad. Está formada por rocas calcáreas afectadas por un gran desarrollo de disolución (casticidad), que indica la existencia de permeabilidad alta y debido a la precipitación pluvial, la estratigrafía y la geomorfología de la cuenca, han permitido la existencia de un acuífero subterráneo de escurrimiento de tipo libre el cual y el nivel estático de la interfase salina se encuentra a 6.5 metros de profundidad. El sistema hidráulico presenta un gradiente de 0.0001 con dirección predominantemente perpendicular a la costa. La circulación de este tipo de acuíferos, la transmisibilidad y flujo hidráulico circula libremente tanto en sentido horizontal como vertical y no habiendo barreras geológicas o estructurales de importancia en la zona de interés, este acuífero

circula libremente hasta desembocar al mar. El nivel estático tiene un abatimiento medio anual de -0.15 m en promedio y con un espesor de 1 m que en algunos casos puede ser mucho mayor por la disolución de las calizas del subsuelo.

La zona de estudio no presenta un sistema geohidrológico de importancia por su pequeña extensión que guarda con respecto a las condiciones generales de todo el sistema geohidrológico superficial y subterráneo de la península, sin embargo la cercanía a la costa lo hace vulnerable con las extracciones que rompen el equilibrio hidrodinámico por lo que hay que considerar las características hidráulicas en cada punto de explotación para evitar la degradación del acuífero de agua dulce costero, así como verter los desechos residuales conforme a las normas establecidas.

Lo anterior se consigue con la aplicación de las medidas siguientes:

1. Explotar los recursos pétreos por encima de los 7 metros de profundidad (hasta el haloclina).
2. Reducir significativamente el consumo de agua subterránea.

En lo siguiente, se presentan la integración del SAR:

- La zona de estudio del proyecto corresponde a la Zona continental, definida por el POEL del Municipio de Benito Juárez como la sección del territorio localizado al oeste de la carretera federal, área de tierra firme con baja o nula influencia del mar.
- El área propuesta se encuentra regulada por la Unidad de Gestión Ambiental número 11 del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez.
- El proyecto pretende el uso de la misma área de un banco que ya tiene una autorización en impacto ambiental a nivel estatal para ahora hacer sobre la misma zona, pero el afloramiento del manto freático a una profundidad de 7 metros de columna de agua. Una vez terminado el aprovechamiento se prevén medidas de compensación para mitigar el impacto en el sitio.
- El predio no se encuentra en zona de humedales, manglares, lagunas, selvas medianas, etc.
- Dentro del área de estudio no se encuentran fallas ni fracturamientos que representen alguna influencia negativa a derrumbes o asentamientos.
- El área de estudio, se encuentra localizada en la Región Hidrológica 32 "Yucatán Norte", Cuenca Hidrológica 32A "Quintana Roo". No cuenta con algún cuerpo de agua en ella ni escorrentías superficiales que sirvan como un dren natural hacia partes bajas.
- En lo social, se esperan beneficios directos e indirectos al continuar generando empleos locales y contribuyendo a cubrir con los insumos básicos las necesidades de vivienda, equipamiento e infraestructura.

CAPÍTULO V:

IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.

ÍNDICE DE CONTENIDO

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL. 4

V.1 Identificación de impactos 4

V.1.1 Metodología para identificar y valoración de impactos ambientales 5

V.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS. 6

V.2.1 INDICADORES DE IMPACTO 7

V.3 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS 9

V.3.1 VALORACIÓN CUALITATIVA DEL IMPACTO AMBIENTAL 9

V.3.2 VALORACIÓN CUANTITATIVA DEL IMPACTO AMBIENTAL. 13

V.4 IMPACTOS RESIDUALES, ACUMULATIVOS Y SINERGICOS 17

V.5 CONCLUSIONES 32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación gráfica de las interacciones e impactos generados en la etapa de preparación del sitio. 11

Figura 2. Representación gráfica de las interacciones e impactos generados en la etapa de construcción y operación. 12

Figura 3. Gráfica de la composición de las interacción e impactos en los factores ambientales. 12

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores ambientales y sus indicadores respectivos para monitorear su estado. 7

Tabla 2. Listado de chequeo de posibles impactos que se prevén se generen por el desarrollo del Proyecto con sus respectivos indicadores. 8

Tabla 3. Matriz de interacciones entre impactos y actividades del proyecto, valoración cualitativa. 10

Tabla 4. Fórmula 1, con valores asignados a las características de cada impacto en una valoración cuantitativa. 14

Tabla 5. Clasificación del simple enjuiciamiento. 15

Tabla 6. Matriz de evaluación cuantitativa de los impactos ambientales. 16

Tabla 7. Descripción del impacto residual: Afloramiento del nivel freático por la extracción del material pétreo. 17

Tabla 8. Descripción del impacto residual: Alteración del acuífero por intrusión salina. 18

Tabla 9. Desbalance hidrológico en la unidad hidrológica. 18

Tabla 10. Modificación en el relieve natural. 19

Tabla 11. Disminución de la porosidad del suelo, compactación del suelo y permeabilidad. 19

Tabla 12. Pérdida del suelo y manto rocoso por extracción de roca caliza 20

Tabla 13. Desmonte (retiro de vegetación en 20.5350 has) y pérdida de captura de carbono..... 21

Tabla 14. Pérdida de hábitat flora. 22

Tabla 15. Alteración del hábitat 22

Tabla 16. Alteración de la calidad del agua subterránea por cambio en la concentración de sólidos disueltos. 24

Tabla 17. Desbalance hidrológico en la unidad hidrológica. 24

Tabla 18. Contaminación del suelo por fugas, derrames de combustibles, residuos sólidos urbanos 25

Tabla 19. Pérdida del suelo y manto rocoso por extracción de roca caliza 26

Tabla 20. Pérdida de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. 27

Tabla 21. Alteración del hábitat 27

Tabla 22. Alteración del acuífero por intrusión salina. 29

Tabla 23. Disminución de la porosidad del suelo, compactación del suelo y permeabilidad. 29

Tabla 24. Desmonte (retiro de vegetación en 20.5350 has) y pérdida de captura de carbono..... 30

Tabla 25. Alteración de hábitat 31

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.

V.1 Identificación de impactos

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) surge para la protección ambiental y fortalece la toma de decisiones para considerar la viabilidad de un proyecto. Es una herramienta preventiva que pretende evitar y/o minimizar los efectos ambientales producto de cualquier actividad humana sobre el medio natural, para que la sociedad y los seres vivos gocen de una calidad ambiental acorde con su grado de desarrollo y con las circunstancias económicas y sociales con que cuenta.

Los impactos ambientales se producen cuando acciones o actividades producen una alteración favorable o desfavorable, en el medio o con alguno de los componentes del medio; es decir, se produce una alteración en el sistema ecológico. Para evaluar los impactos ambientales producidos se utilizan metodologías para identificar, predecir, cuantificar y valorar las alteraciones generadas por las acciones y/o actividades del proyecto en las diferentes etapas con la finalidad de conocer las variables físicas, químicas y biológicas; así como los factores socioeconómicos, culturales y paisajísticos que pudieran ser afectados y establecer medidas para atenuarlos o minimizar los impactos negativos.

La EIA es un instrumento de la política ambiental, cuyo objetivo es prevenir, mitigar y restaurar los daños al ambiente, así como la regulación de obras o actividades para evitar o reducir sus efectos negativos en el ambiente (SEMARNAT, 2018a)[1]

De acuerdo con lo definido en la LGEEPA; la evaluación de impacto ambiental: es el procedimiento a través del cual se autoriza la procedencia ambiental de proyectos específicos, así como las condiciones a que se sujetarán los mismos para la realización de las obras o actividades, públicas o privadas, que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente, y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos; por lo que se desarrolla este capítulo.

Por otro lado, es un procedimiento de carácter preventivo, orientado a informar acerca de los efectos al ambiente que pueden generarse con las actividades a desarrollar. Es un elemento correctivo de los procesos de planificación y tiene como finalidad medular atenuar los efectos negativos del proyecto sobre el ambiente.

Actualmente, en muchos países este procedimiento es considerado como parte de las tareas de planeación, superando la concepción obsoleta que le asignó un papel posterior o casi último en el procedimiento de gestación de un proyecto que se cumplía como un simple trámite tendiente a cumplir las exigencias administrativas de la autoridad ambiental después de que se había tomado las decisiones clave de la actividad o del proyecto que se pretendía llevarse a la práctica. El objeto inmediato de la evaluación de los impactos es servir de ayuda en la toma de decisiones. Para ello, sus resultados se presentan con un orden lógico, de forma objetiva y fácilmente comprensible, de

[1] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2018a. Definición y Objetivo de la Evaluación de Impacto Ambiental. https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/definicion-y-objetivo-de-laevaluacion-del-impacto-ambiental

forma tal que los evaluadores que analicen este documento, encargados de sustentar la decisión de la autoridad, determinen la conveniencia del proyecto y se ponga en operación. Además de identificar, prevenir e interpretar los efectos que este proyecto puede tener en el ambiente, un objetivo fundamental es definir y proponer la adopción de un conjunto de medidas de mitigación que permitan atenuarlos, compensarlos para finalmente, y con base en una autoevaluación integral del siguiente proyecto, realizar un balance impacto desarrollo en el que se discutan los beneficios que podría generar el proyecto y su importancia en la modificación de los procesos naturales de los ecosistemas presentes.

En este contexto de la intervención propuesta en este DTU-BR se analizan los impactos ambientales que puedan causar las etapas del proyecto. Esta valoración del impacto ambiental, parte de la obtención de información que permite identificar, describir y minimizar los impactos ambientales que podrían ocurrir por los procesos del proyecto "APROVECHAMIENTO DE ROCA CALIZA POR DEBAJO DEL MANTO FREÁTICO EN LA PARCELA 1181-Z2-P1".

El resultado de esta sección es la construcción del escenario resultante al introducir el proyecto en la zona de estudio. En el escenario ambiental actual, se insertará el proyecto, lo que permitirá identificar las acciones que pudieran generar desequilibrios ecológicos (se propone utilizar algo de menor proporción como impactos negativos al ambiente) que por su magnitud e importancia provocarían daños permanentes al ambiente y/o contribuirían en la consolidación de los procesos biológicos naturales.

V.1.1 Metodología para identificar y valoración de impactos ambientales

De acuerdo con lo definido por Von Schiller et al. (2003)[2], los indicadores de impacto ambiental son una herramienta imprescindible para la política y gestión medioambiental, donde sociedad exige una respuesta eficaz frente a la degradación creciente del ambiente. Desde este punto de vista, los indicadores ambientales surgen con el fin de incorporar los criterios ambientales en la toma de decisiones, intentando dotarles de la misma categoría y valor que otros criterios, hasta ahora utilizados.

Los autores antes referidos definen como indicador ambiental a "la variable o suma de variables que proporcionan una información sintética sobre un fenómeno ambiental complejo, y permite conocer

y evaluar el estado y la variación de la calidad ambiental", el cual debe cumplir los criterios de: validez científica, disponibilidad y fiabilidad de datos, representatividad, sensibilidad a cambios, sencillez, relevancia y utilidad, comparabilidad y razonable relación costo/beneficio.

Los indicadores ambientales tienen como principal característica que representan intentos para reducir la complejidad, evitar mediciones demasiado complicadas y seleccionar métodos simples, que, sin embargo, pueden conducir a una representación satisfactoria de una relación compleja. Desde el punto de vista de la evaluación, estos sirven para determinar la situación y presiones a las que está sometido el ambiente, permiten el desarrollo de medidas y prioridades, y la identificación de alternativas y aspectos críticos. Asimismo, sirven para evaluar los efectos de las medidas

[2] Von Schiller D., E. Soler, J. Martínez, A. Delgado, M.L. Vivas, S. Fernández. 2003. Indicadores ambientales en el contexto europeo. El portal de la Biología y ciencias de la salud, Biología.org., La revista 12

ambientales aplicadas con el fin de prevenir, mitigar y/o compensar los impactos ambientales generados por la ejecución de una obra y/o actividad.

Para la identificación de los impactos se generó una matriz de interacciones basada en la matriz tipo Leopold (1971)[3], la cual permitió evaluar los posibles impactos que se pudiesen presentar a consecuencia de la elaboración del proyecto "APROVECHAMIENTO DE ROCA CALIZA POR DEBAJO DEL MANTO FREÁTICO EN LA PARCELA 1181-Z2-P1". Con esta matriz, se relacionaron los impactos con las acciones de la etapa de preparación, construcción y operación, además de proporcionar información sobre los aspectos técnicos de la predicción de los impactos y sobre los medios para evaluar y comparar los impactos de las alternativas. Para ello, se establecieron los indicadores de impacto e identifican las variables ambientales y sus respectivos componentes, no omitiendo el identificar los elementos socioeconómicos que pudieran ser afectados de manera positiva.

V.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS

Para caracterizar los impactos, se identificaron indicadores para ver, según la SEMARNAT (2002), una definición genéricamente utilizada del concepto "indicador" establece que éste es "un elemento del medio ambiente afectado, o potencialmente afectado, por un agente de cambio" (Ramos, 1987). Para analizar los impactos del proyecto se buscaron indicadores que fueran:

•Representativos: Se refiere al grado de información que posee el indicador respecto al impacto global de la obra.

•Relevantes: Se refiere a que la información que aporta es significativa sobre la magnitud e importancia del impacto.

•Excluyentes: Se refiere a que no exista superposición con otros indicadores.

•Cuantificables: Se refiere a que sea posible medirlo en términos cuantitativos para estimar la magnitud del impacto.

•De fácil identificación: Se refiere a que su definición sea clara y concisa.

Los indicadores de impacto se identifican al aplicar las interrelaciones existentes entre las acciones que son causa del impacto y los factores que reciben el impacto. Por otra parte, los impactos ambientales y las medidas de mitigación se explican según las acciones que se desarrollan en el proyecto. Para la identificación de los impactos ambientales que se generarán durante las diferentes etapas que comprende el proyecto, se utilizara la técnica de interacciones matriciales. En este método, la matriz de interacciones se integra identificando y marcando cada acción propuesta y su correspondiente efecto.

Se buscaron indicadores que reflejen impactos significativos, considerando las características y cualidades de los sistemas ambientales puntual y local. Dentro de cada uno de estos indicadores se consideraron las principales actividades y acciones que pudieran afectar dichos sistemas, para calificar e identificar adecuadamente el efecto del desarrollo del proyecto en los mismos.

[3] Leopold, L. B., F. E. Clark, B. B. Hanshaw y J.R. Balsey, 1971. A procedure for evaluating environmental impact. U.S. Geological Survey Circular, 645, Department of Interior. Washington, D.C.

Cada uno de estos elementos del ecosistema permitirá identificar la intensidad del cambio provocado por los impactos determinados por el proyecto. Los indicadores variaran según la etapa del proyecto, selección del sitio y a las características particulares del proyecto. Los indicadores que aquí se presentan son pensados en las características propias del proyecto y reflejo de un ejercicio de proyección de las diferentes actividades, así como la experiencia adquirida en proyectos sobre este tipo de terrenos.

Las actividades del proyecto en sus diferentes etapas son presentadas en matrices simples donde se identifican las interacciones entre proyecto, medio ambiente y los impactos ambientales que ocasionaría la ejecución del proyecto; esto se denomina lista de revisión (Garmendia, Salvador, Crespo, Garmendia, 2005).

V.2.1 INDICADORES DE IMPACTO

Con base en lo anterior, para la evaluación de los impactos ambientales fue necesario identificar, de acuerdo con el diagnóstico del SAR, cada uno de los factores del entorno que pudieran resultar afectados de manera significativa por las obras o actividades del Proyecto, tanto en el medio marino como en el terrestre.

Posteriormente se aplicaron las técnicas de análisis de impactos ambientales para identificar las interacciones entre los factores susceptibles y las acciones generadoras de impactos. De esta forma se prevé definir medidas de mitigación y compensación que fueran congruentes con los impactos ambientales detectados y con las condiciones del SAR para mitigarlos.

En lo siguiente, se enlistan los factores del entorno, divididos en componentes y factores. También se muestran las propiedades de cada factor que deberá medirse en todas sus etapas del Proyecto, ya que funcionan como INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL.

Tabla 1. Factores ambientales y sus indicadores respectivos para monitorear su estado.

COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	Indicador de evaluación
Abiótico	Suelo y subsuelo	Calidad del suelo
		Pérdida de suelo orgánico
		Presencia de erosión y modificación en la compactación
		Pérdida del manto rocoso
		Cambio en el relieve natural
		Presencia de fracturas y derrumbes en el subsuelo
	Atmósfera	Calidad del aire
		Incremento en el nivel de ruido
	Clima	Alteración del microclima
	Agua	Afloramiento del nivel freático
		Cambio en la concentración de sólidos disueltos
		Presencia de intrusión salina

		Alteración en el balance hidrológico
	Paisaje	Fragmentación del paisaje
		Calidad visual
Biótico	Flora	Deforestación, pérdida de biomasa forestal
		Pérdida de hábitat flora
		Pérdida captura de carbono
		Pérdida de especies enlistadas en la NOM-SEMARNAT-2010
	Fauna	Distribución, abundancia, riqueza, diversidad, presencia de especies enlistadas en la NOM-059.
Socioeconómico	Población y economía	Generación de empleos directos e indirectos, aumento de los servicios y atractivos turísticos de la zona.

Asimismo, se presenta la lista de los impactos ambientales por factor ambiental que se prevén se generen por el desarrollo del proyecto, con sus respectivos indicadores.

Tabla 2. Listado de chequeo de posibles impactos que se prevén se generen por el desarrollo del Proyecto con sus respectivos indicadores.

FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO GENERADO	INDICADOR O PROPIEDAD POR MONITOREAR
AGUA	Afloramiento del nivel freático por la extracción del material pétreo.	Presencia de laguna artificial
	Alteración de la calidad del agua subterránea por cambio en la concentración de sólidos disueltos.	Calidad de agua subterránea
	Alteración del acuífero por intrusión salina.	Calidad de agua dulce subterránea
	Desbalance hidrológico en la unidad hidrológica.	Balance de la cuenca hidrológica
AIRE	Suspensión y emisión de partículas en el aire por las actividades del proyecto.	Calidad
	Emisión de gases al aire por maquinaria y equipos.	Calidad
	Alteración en los niveles del ruido en el predio.	Cantidad
	Modificación en el relieve natural.	Alteración de la estructura
	Contaminación del suelo por fugas, derrames de combustibles, residuos sólidos urbanos.	Calidad
	Disminución de la porosidad del suelo, compactación del suelo y permeabilidad.	Alteración del suelo y
	Pérdida del suelo y manto rocoso por extracción	

SUELO	de roca caliza	subsuelo
	Fracturas y derrumbes en el subsuelo por extracción de roca caliza	
FLORA	Desmonte (retiro de vegetación en 20.5350 has) y pérdida de captura de carbono	Distribución, abundancia, riqueza y diversidad.
	Pérdida de hábitat flora.	
	Pérdida de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	
FAUNA	Pérdida y desplazamiento de ejemplares.	Distribución, abundancia, riqueza y diversidad, presencia de especies NOM-059
	Alteración del hábitat	Calidad
PAISAJE	Modificación de la cuenca paisajística	Estructura y configuración
SOCIOECONÓMICO	Demanda de mano de obra (empleo), insumos y servicios.	Número de generación de empleos directos e indirectos.

V.3 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS

V.3.1 VALORACIÓN CUALITATIVA DEL IMPACTO AMBIENTAL

La identificación y evaluación de los impactos ambientales cualitativamente que se producirán por las actividades del proyecto en la Etapa de preparación, construcción y operación son presentadas en matrices simples donde se identifican las interacciones entre proyecto y medio ambiente y los impactos ambientales que ocasionaría la ejecución del proyecto; esto se denomina lista de revisión (Garmendia, Salvador, Crespo, Garmendia, 2005).

Estas matrices tienen las siguientes características generales:

- Interacción existente entre las actividades del proyecto con los factores ambientales del medio ambiente (físico, biótico y socioeconómico).
- Valoración del impacto por medio de una matriz de impactos que sintetiza los efectos ambientales previstos en las condiciones reales estimadas del medio ambiente donde se ejecutará el proyecto.

Una vez definidas las interacciones ambientales y basadas en los criterios de evaluación utilizados en estudios ambientales realizados en el área del proyecto, el equipo interdisciplinario que desarrolla este proyecto evaluó los impactos potenciales para cada elemento del ambiente susceptible a modificaciones.

En lo siguiente, se presenta la matriz de interacciones:

Tabla 3. Matriz de interacciones entre impactos y actividades del proyecto, valoración cualitativa.

ACTIVIDAD /ACCIÓN			PREPARACIÓN DEL SITIO				CONSTUCCIÓN Y OPERACIÓN					TOTAL IMPACTOS NEGATIVOS	TOTAL IMPACTOS POSITIVOS
C	FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	Elaboración de estudios técnicos in situ, trámites, autorizaciones, capacitaciones	Delimitación topográfica	Desmonte CUSTF en 20.5350 has	Barrenación y voladuras	Extracción del material con draga de arrastre	Almacenamiento temporal de caliza	Carga y acarreo del material	Monitoreo de calidad de agua	Seguimiento ambiental		
ABIÓTICO	AGUA	Afloramiento del nivel freático por la extracción del material pétreo.				N	N					2	0
		Alteración de la calidad del agua subterránea por cambio en la concentración de sólidos disueltos.				N	N			P	P	2	2
		Alteración del acuífero por intrusión salina.				N	N			P	P	2	2
		Desbalance hidrológico en la unidad hidrológica.			N	N	N					3	0
	AIRE	Suspensión y emisión de partículas en el aire por las actividades del proyecto.		N	N	N	N	N	N			6	0
		Emisión de gases al aire por maquinaria y equipos.		N	N	N	N	N	N			6	0
		Alteración en los niveles del ruido			N	N	N	N	N		P	5	1
	SUELO	Modificación en el relieve natural.			N	N	N	N				4	0
		Contaminación del suelo por fugas, derrames de combustibles, residuos sólidos urbanos.		N		N	N	N	N			5	0
		Disminución de la porosidad del suelo, compactación del suelo y permeabilidad.			N		N					2	0
		Pérdida del suelo y manto rocoso por extracción de roca caliza			N		N					2	0
		Fracturas y derrumbes en el subsuelo por extracción de roca caliza				N	N				P	2	1
	PAISAJE	Modificación de la cuenca paisajística			N	N	N	N	N			5	0
BIÓTICO	FLORA	Desmonte (retiro de vegetación en 20.5350 has) y pérdida de captura de carbono			N						P	1	1
		Pérdida de hábitat flora.			N	N	N				P	3	1
		Pérdida de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.			N						P	1	1
	FAUNA	Pérdida y desplazamiento de ejemplares y enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2010			N			N	N		P	3	1
		Alteración temporal del hábitat			N	N	N	N	N		P	5	1
SE	SOCIOECONOMICO	Demanda de mano de obra (empleo), insumos y servicios.	P	P	P	P	P	P	P	P	P	0	9
TOTAL												59	20

En la lista de chequeo se presentó el análisis objetivo de los factores del entorno susceptibles de ser impactados y los tipos de impactos que podrán ser generados por cada actividad del proyecto. Esta lista es de gran certidumbre ya que en su realización se consideró el juicio de los expertos participantes en la evaluación de impacto ambiental de proyectos similares desarrollados en otros puntos del país.

Considerando que las listas de chequeo y matrices de interacción tienen como limitante principal la identificación y evaluación de impactos acumulativos y sinérgicos, estos tipos de impactos fueron identificados por el juicio de expertos e incorporados a dichas listas y matrices como factores de impacto ambiental a valorar. A continuación, se presenta el análisis de resultados para las obras y actividades derivadas del desarrollo del Proyecto.

Se generaron 79 interacciones, de las cuales 59 son negativos y 20 positivos. La etapa con más interacciones e impactos ambientales es la etapa de construcción y operación con 46 interacciones (30 negativos y 16 positivos), posteriormente la etapa de preparación del sitio con 33 interacciones (29 negativos y 4 positivos), y finalmente la etapa de operación y mantenimiento con 40 interacciones (30 negativas y 10 positivas). En cuanto a los factores ambientales el factor aire es el más afectado con 18 interacciones (17 negativas y 1 positivo), posteriormente el factor suelo con 16 interacciones (15 negativas y 1 positivo), enseguida continua el factor agua con 13 interacciones (9 negativos y 4 positivos), después el factor fauna con 10 interacciones (8 negativos y 2 positivos), consecuentemente el factor socioeconómico con 9 interacciones (0 negativos y 9 positivos), siguiendo el factor flora con 8 interacciones (5 negativos y 3 positivos), siguiendo el factor paisaje con 5 interacciones (5 negativos y 0 positivos).

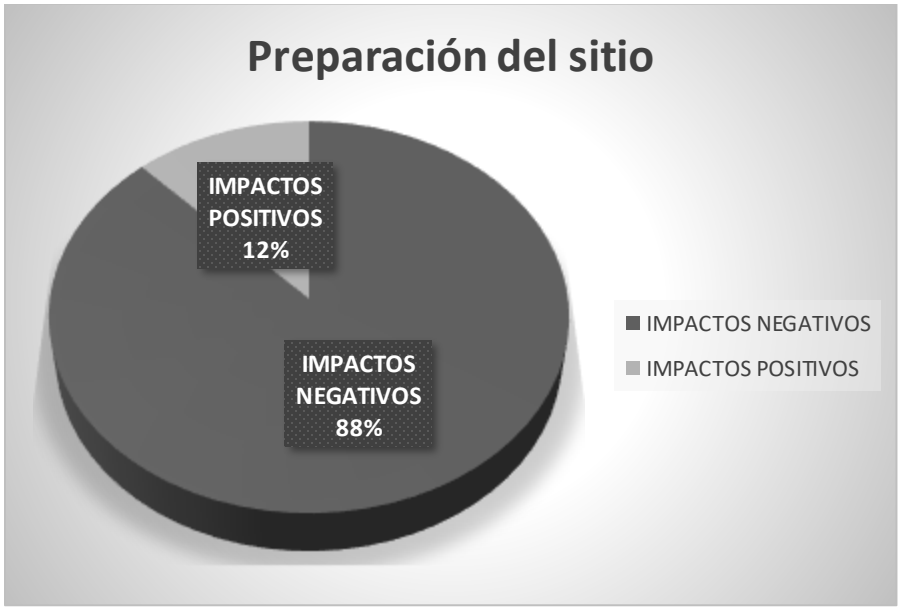


Figura 1. Representación gráfica de las interacciones e impactos generados en la etapa de preparación del sitio.

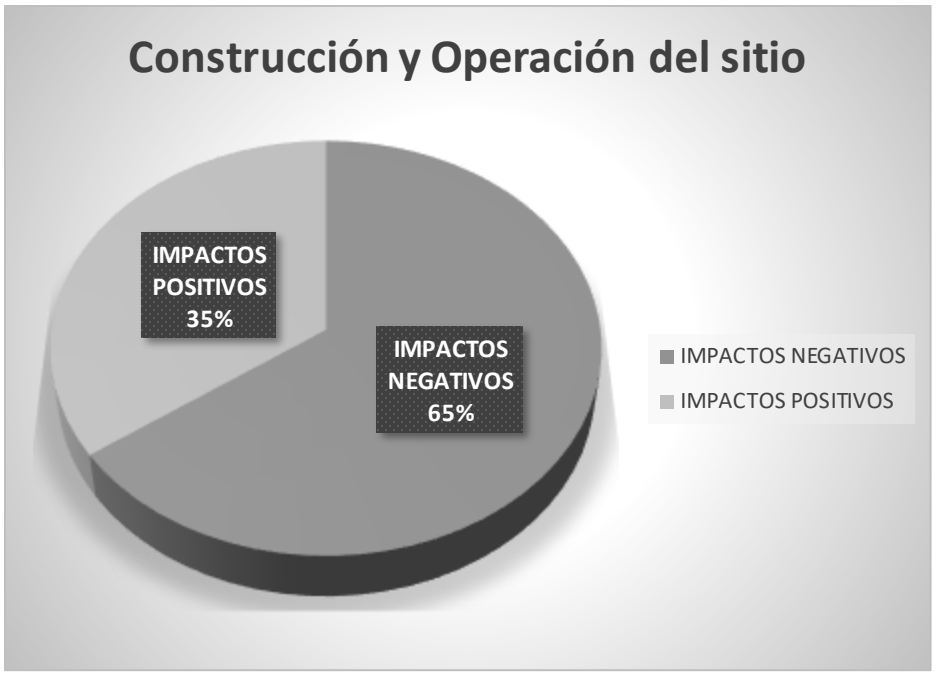


Figura 2. Representación gráfica de las interacciones e impactos generados en la etapa de construcción y operación.

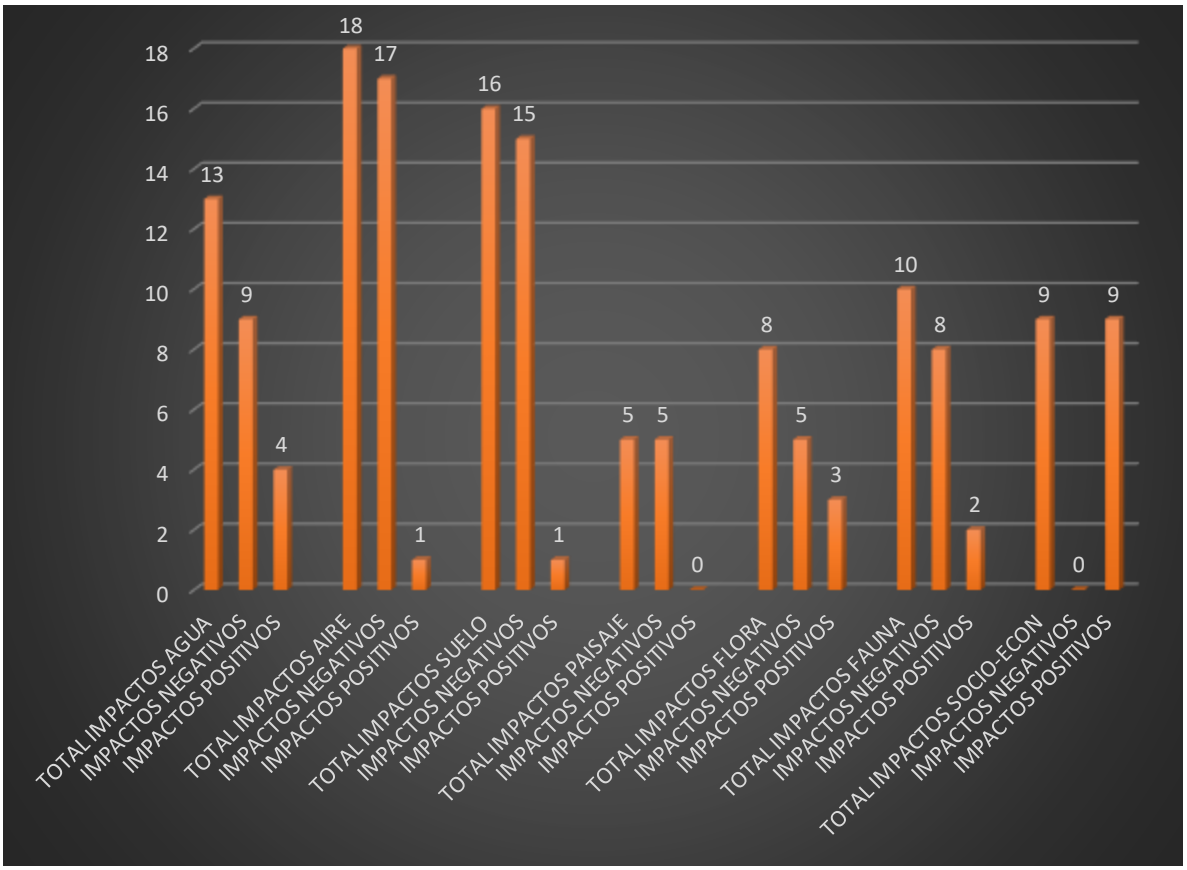


Figura 3. Gráfica de la composición de las interacción e impactos en los factores ambientales.

V.3.2 VALORACIÓN CUANTITATIVA DEL IMPACTO AMBIENTAL

La valoración cuantitativa, será la importancia que tiene el impacto; se recogerá todo lo necesario para realizar la valoración cualitativa, la fórmula elegida, la fórmula normalizada, y todos los atributos que se van a tener en cuenta en esta valoración, así como el valor que les asigna a cada uno de ellos que en este caso será 6 como mínimo y 25 como máximo; el signo, si es simple, acumulativo, o sinérgico (A), la intensidad (In), la extensión (E), la persistencia (P), la reversibilidad (Rv) y la recuperabilidad (Rc).

La fórmula de cálculo propuesta es:

$$lm = \pm(A + E + In + P + Rv + Rc)$$

Solo el resultado obtenido, no es posible analizar si éste es bajo o elevado. Para contrastar los resultados de las distintas alternativas y para comparar con los obtenidos con otros impactos, usualmente se normaliza la fórmula. La expresión de normalización utilizada será 0-1 en donde el primero será el mínimo y el segundo el máximo. Se utilizará la siguiente fórmula.

$$lN1 = \pm(|lm| - Mínimo)/\,(Máximo - Mínimo)$$

En donde mínimo es el mínimo valor, en valor absoluto, que se puede alcanzar con la formula y máximo es también el máximo valor en valor absoluto.

Para obtener valores entre 1 y 10 se usará la fórmula normalizada 2:

$$lN2 = \pm((b - a)\,(|lm| - Mínimo)/\,(Máximo - Mínimo)) + a$$

Para el análisis cualitativo se usan variables para la caracterización de impactos que se utilizan son descritas a continuación:

1.Naturaleza:

•Impacto positivo: mejora la calidad de un factor o elemento del ambiente.

•Impacto negativo: reduce la calidad de un factor o elemento del ambiente.

2.Acumulación: se refiere a la distinción entre efectos simples, acumulativos o sinérgicos según la forma de interaccionar con otros efectos.

3.Intensidad: se refiere al grado de afectación que un impacto genera sobre un factor o elemento del ambiente. El grado de intensidad puede ser grave o leve.

4.Extensión: se refiere al alcance que el impacto tiene respecto a una extensión superficial, en este caso si el impacto solo presenta efectos sobre el ambiente que se encuentra dentro del área de influencia delimitada, se considera como en el sitio, de lo contrario se evalúa como fuera del sitio.

5.Persistencia: expresa en términos de tiempo, la permanencia de la alteración desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retorna a las condiciones originales como consecuencia del impacto o acción. Si una vez que la actividad impactante deja de existir y el impacto sobre el ambiente continúa, se considera como permanente, de lo contrario se clasifica como temporal.

6.Reversibilidad: se refiere al comportamiento de los procesos naturales y de medio plazo. Es decir, que, de forma natural, al cesar la acción, el medio sea capaz de eliminar el efecto antes de cinco años.

A cada uno de los criterios anteriores, se le asignará un valor numérico, de forma tal que se pueda cuantificar posteriormente el impacto, según se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 4. Fórmula 1, con valores asignados a las características de cada impacto en una valoracióncuantitativa.

VALORACIÓN CUALITATIVA 1			
SIGNO		**ACUMULACIÓN (*A*)**	
Impacto beneficioso	+	Simple	1
Impacto perjudicial	−	Acumulativo	3
		Sinérgico	5
EXTENSIÓN (*E*) **Área de influencia**		**INTENSIDAD (*In*)** **Grado de destrucción**	
Puntual	1	Baja	1
Parcial	2	Media	4
Extenso	3	Alta	8
PERSISTENCIA (*P*) **Permanencia del efecto**		**REVERSIBILIDAD (*Rv*)** **Medios naturales**	
Temporal	1	Reversible	1
Permanente	3	Irreversible	3
RECUPERABILIDAD (*Rc*) **Medios humanos**			
Recuperable	1		
Irrecuperable	3		

El signo del impacto se asigna siempre al final. Por ello, en la fórmula normalizada es conveniente utilizar siempre el valor absoluto de la importancia para realizar los cálculos y únicamente al final del cálculo poner el signo positivo o negativo.

SIMPLE ENJUICIAMIENTO

El enjuiciamiento es necesario por ley. De cada impacto se debe decir si es compatible, moderado, severo o crítico. Esta valoración puede hacerse de forma cuantitativa, cualitativa o por simple enjuiciamiento. Por simple enjuiciamiento se entiende tener un primer contacto, y separar aquellos impactos poco significativos que ya no requieran un estudio más profundo y distinguir entre efectos notables o impactos y efectos mínimos. Una vez identificados todos los posibles efectos ambientales, mediante una matriz de causa-efecto, el siguiente paso es cribar los efectos mínimos, aquellos poco

significativos, y valorar los efectos notables que se denominan impactos ambientales. En muchos casos las diferencias entre un efecto notable y uno mínimo dependen de pequeños detalles en la forma de realizar el proyecto, por lo que, como indica la legislación, se requiere «demostrar que no es notable», por lo que siempre que exista la posibilidad de que un efecto ambiental sea notable, habrá que incluirlo en la valoración. Los impactos notables se clasifican en compatibles, moderados, severos y críticos.

•Impacto ambiental compatible (-6 a -9): Aquél cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa prácticas protectoras o correctoras.

•Impacto ambiental moderado (-10 a -14): Aquél cuya recuperación no precisa prácticas protectoras o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo.

•Impacto ambiental severo (-15 a -19): Aquél en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras, y en el que, aun con esas medidas, aquella recuperación precisa un período de tiempo dilatado.

•Impacto ambiental crítico (-20 a -25): Aquél cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras.

Tabla 5. Clasificación del simple enjuiciamiento.

CLASIFICACIÓN	COLOR
6-9	Compatible
10-14	Moderado
15-19	Severo
20-25	Crítico

A continuación, se presenta la valoración cuantitativa simple:

Tabla 6. Matriz de evaluación cuantitativa de los impactos ambientales.

VALORACIÓN CUANTITATIVA a=1 b=10			SIGNO	Acumulación (A)	Extensión (E)	Intensidad (I)	Persistencia (P)	Reversibilidad (Rv)	Recuperabilidad (Rc)	Valoración de importancia	Importancia normalizada: II	Importancia normalizada: I
C	FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL										
ABIÓTICO	AGUA	Afloramiento del nivel freático por la extracción del material pétreo.	-	1	1	8	3	3	3	-19	-0.68	-7.1579
		Alteración de la calidad del agua subterránea por cambio en la concentración de sólidos disueltos.	-	3	1	4	1	1	1	-11	-0.26316	-3.3684
		Alteración del acuífero por intrusión salina.	-	5	2	8	3	3	3	-24	-0.95	-9.5263
		Desbalance hidrológico en la unidad hidrológica.	-	3	3	4	3	3	3	-19	-0.68421	-7.1579
	AIRE	Suspensión y emisión de partículas en el aire por las actividades del proyecto.	-	1	1	4	1	3	1	-11	-0.26316	-3.3684
		Emisión de gases al aire por maquinaria y equipos.	-	1	1	4	1	3	1	-11	-0.26316	-3.3684
		Alteración en los niveles del ruido	-	1	1	4	1	1	1	-9	-0.15789	-2.4211
	SUELO	Modificación en el relieve natural.	-	1	1	8	3	3	3	-19	-0.68421	-7.1579
		Contaminación del suelo por fugas, derrames de combustibles, residuos sólidos urbanos.	-	3	1	4	1	1	1	-11	-0.26316	-3.3684
		Disminución de la porosidad del suelo, compactación del suelo y permeabilidad.	-	5	1	8	3	3	3	-23	-0.89	-9.0526
		Pérdida del suelo y manto rocoso por extracción de roca caliza		3	1	8	3	3	3	-21	-0.79	-8.1053
	PAISAJE	Modificación de la cuenca paisajística	-	1	1	4	3	3	1	-13	-0.36842	-4.3158
BIÓTICO	FLORA	Desmonte (retiro de vegetación en 20.5350 has) y pérdida de captura de carbono	-	5	1	8	3	3	3	-23	-0.89	-9.0526
		Pérdida de hábitat flora.	-	5	1	8	3	3	3	-23	-0.89	-9.0526
		Pérdida de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	-	3	2	8	1	1	1	-16	-0.52632	-5.7368
	FAUNA	Pérdida y desplazamiento de ejemplares y enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2010	-	3	2	8	1	1	1	-16	-0.52632	-5.7368
		Alteración del hábitat	-	3	1	4	3	3	3	-17	-0.57895	-6.2105
SE	SOCIOECONOMICO	Demanda de mano de obra (empleo), insumos y servicios.	+	5	2	8	3	3	3	24	0.95	9.5263

De la valoración cuantitativa se tiene que en 1 atributo ambiental es compatible, 5 atributos ambientales los impactos que en ellos afectaran son de importancia moderada y 6 de carácter severo y 6 de carácter crítico.

V.4 IMPACTOS RESIDUALES, ACUMULATIVOS Y SINERGICOS.

IMPACTOS RESIDUALES

De acuerdo a la fracción V del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se deberán identificar, evaluar y describir los impactos residuales, entendidos como aquellos que persisten después de la implementación de medidas de mitigación (Art. 3 Fracción X del mismo reglamento).

La identificación de estos impactos se llevó a cabo en función al atributo de la recuperabilidad, el cual se entiende como la capacidad de los ecosistemas de recobrar su funcionalidad ambiental. Los impactos con calificación de 3 implican efectos considerables como residuales. Los impactos con valores menores a 3 se consideraron recuperables siempre que se implementen las medidas de compensación y/o mitigación que se presentan en este documento.

Dichos impactos representan el efecto inevitable y permanente del Proyecto sobre el ambiente y a partir de ellos se determina el "costo ambiental" del Proyecto, es decir la disminución real y permanente en calidad y/o cantidad de los bienes y servicios ambientales en el SAR. En lo siguiente, se presenta la descripción de dichos impactos:

1. Afloramiento del nivel freático por la extracción del material pétreo.
2. Alteración del acuífero por intrusión salina.
3. Desbalance hidrológico en la unidad hidrológica.
4. Modificación en el relieve natural.
5. Disminución de la porosidad del suelo, compactación del suelo y permeabilidad.
6. Pérdida del suelo y manto rocoso por extracción de roca caliza
7. Desmonte (retiro de vegetación en 20.5350 has) y pérdida de captura de carbono
8. Pérdida de hábitat flora.
9. Alteración del hábitat
10. Demanda de mano de obra (empleo), insumos y servicios.

Tabla 7. Descripción del impacto residual: Afloramiento del nivel freático por la extracción del material pétreo.

Impacto:	**Afloramiento del nivel freático por la extracción del material pétreo.**		
Signo:	**Negativo**	**Factor afectado:**	**Agua**
Enjuiciamiento:	**Crítico**		
Acciones que generadoras del impacto	**Barrenación y voladuras** **Extracción del material con draga de arrastre**		
El impacto de afloramiento del nivel freático se verá reflejado en el predio por la presencia de lagunas artificiales, una vez que la voladura ha ocurrido, la roca se fractura si es necesario se rompe aún más, posteriormente, se extrae. La extracción de material por arriba del nivel freático no tiene efectos relevantes al entorno, por debajo del manto del nivel freático los efectos son evidentes, puesto que una vez que ésta se ha extraído, se forman lagunas artificiales. Para mantener las características originales del agua es muy importante evitar la introducción de			

material orgánico, nitrógeno, fósforo e hidrocarburos o algún otro elemento proveniente de actividades antropogénicas o asociadas a éstas. Esto independientemente del uso o disposición final que se proponga para tales lagunas o formaciones artificiales.

Tabla 8. Descripción del impacto residual: Alteración del acuífero por intrusión salina.

Impacto:	**Descripción del impacto residual: Alteración del acuífero por intrusión salina.**		
Signo:	**Negativo**	**Factor afectado:**	**Agua**
Enjuiciamiento:	**Moderado**		
Acciones que generadoras del impacto	**Barrenación y voladuras** **Extracción del material con draga de arrastre**		
Modificación del fenómeno natural de intrusión salina y zona de mezcla de agua dulce agua salada. La intrusión salina es la entrada de agua de mar, de forma subterránea, al continente y es un fenómeno que de manera natural ocurre en zonas cercanas a la costa. En la península de Yucatán se ha detectado intrusión salina a más de 100 km de la costa. Su comportamiento (espesor y profundidad) está relacionados con el régimen de mareas y la temporada de secas o de lluvias y puede verse incrementada por el esfuerzo de succión que se efectúa cuando se extrae agua del subsuelo. La presencia de agua de mar o intrusión salina se puede determinar *in situ* midiendo la conductividad eléctrica del agua aflorada. Este es un impacto que se va a prevenir con la implementación de distintas medidas y de la aplicación del Programa de Vigilancia Ambiental y el Programa de Calidad del Agua. Se considera como un impacto con potencial de ser residual, toda vez que, en caso de presentarse no podrá ser reversible.			

Tabla 9. Desbalance hidrológico en la unidad hidrológica.

Impacto:	**Desbalance hidrológico en la unidad hidrológica**		
Signo:	**Negativo**	**Factor afectado:**	**Agua**
Enjuiciamiento:	**Severo**		
Acciones que generadoras del impacto	**Desmonte CUSTF en 20.5350 has** **Barrenación y voladuras** **Extracción del material con draga de arrastre**		
El problema más serio que se generará sobre el sistema hidrológico local, en la fase de operación se deriva del constante uso de agua para el lavado, ya que el consumo de agua perturba el balance hidrológico -natural, provocando que los niveles de agua disminuyan y que la dirección del flujo			

cambien. De igual forma el consumo de agua constante reduce el espesor de la lente de agua y en aquellos lugares en donde el agua subterránea encuentra salida al mar, el bombeo intensivo provoca la inversión de la dirección del flujo y atrae una cuña de agua salada, es decir, se acentúa la intrusión salina.

De lo anterior, se prevé que de no implementarse medidas adecuadas el impacto generado sería residual, no recuperable y acumulativo.

Tabla 10. Modificación en el relieve natural.

Impacto:	**Modificación en el relieve natural**		
Signo:	**Negativo**	**Factor afectado:**	**Suelo**
Enjuiciamiento:	**Severo**		
Acciones que generadoras del impacto	**Desmonte CUSTF en 20.5350 has** **Barrenación y voladuras** **Extracción del material con draga de arrastre** **Almacenamiento temporal de caliza**		
La modificación al relieve natural se iniciará con el desmonte y despalme de las 20.5351 ha, y proseguirá con el aprovechamiento de la roca caliza por excavación y uso de la draga para la extracción del material. Ambas modificaciones se consideran residuales, ya que permanecerán y posteriormente se indicará el uso del lago artificial que se genere por el proyecto.			

Tabla 11. Disminución de la porosidad del suelo, compactación del suelo y permeabilidad.

Impacto:	**Disminución de la porosidad del suelo, compactación del suelo y permeabilidad**		
Signo:	**Negativo**	**Factor afectado:**	**Suelo**
Enjuiciamiento:	**Crítico**		
Acciones que generadoras del impacto	**Desmonte CUSTF en 20.5350 has** **Extracción del material con draga de arrastre**		
La compactación del suelo es el proceso por el cual el aire sale por los poros de entre los granos del suelo, causando una densificación del suelo e impidiendo la penetración de agua y aire. Además, este proceso produce una pérdida de volumen en la masa del suelo, que puede afectar a la producción de los cultivos, así como a las propiedades físico- químicas de dicho suelo.			

Este proceso de compactación ocurre debido a fuerzas externas que actúan sobre el suelo, en este caso, la maquinaría que se empleé durante las actividades generadoras del impacto, perdida de vegetación y extracción del material.

Podemos decir que la estructura de suelo ideal se compone de un 50% de **suelo**, un 25% de espacio de **agua** y un 25% del espacio con **aire**. Esta estructura responde a la necesidad de las **raíces** de contar con agua y oxígeno, para su desarrollo, y un espacio poroso adecuado entre las partículas del suelo, para poder crecer.

El aumento de la densidad del suelo, causado por la compactación, disminuye la porosidad total y macroporosidad (porosidad de aireación) del suelo.

Tabla 12. Pérdida del suelo y manto rocoso por extracción de roca caliza

Impacto:	**Pérdida del suelo y manto rocoso por extracción de roca caliza**		
Signo:	**Negativo**	**Factor afectado:**	**Suelo**
Enjuiciamiento:	**Crítico**		
Acciones que generadoras del impacto	**Desmonte CUSTF en 20.5350 has** **Extracción del material con draga de arrastre**		

La definición de suelo depende del área de interés que se involucra con él. Desde una visión geotécnica, es el material sin consolidar que se encuentra sobre el lecho rocoso. Para la ingeniería civil es el material sobre el que se construye y excava, siendo sus propiedades determinantes para el tipo y características de la obra a construirse. Desde el punto de vista agrícola, el suelo es la capa de material fértil que recubre la superficie de la Tierra y que es explotada por las raíces de las plantas y a partir de la cual obtienen sostén, nutrimentos y agua. Desde una perspectiva ambiental, existen varias definiciones que incorporan su papel fundamental en los procesos ecosistémicos, debido a las funciones y servicios que realiza tales como la regulación y la distribución del flujo de agua o como amortiguador de los efectos de diversos contaminantes. El proceso de formación del suelo comienza con la desintegración de la roca madre que está expuesta en la superficie de la corteza terrestre a partir del rompimiento físico y químico ocasionado por las lluvias, el viento, la exposición al sol y la actividad mecánicobiológica de las raíces de las plantas.

Aunque el suelo está en constante formación, el proceso es sumamente lento. Se calcula que para tener un centímetro de suelo en la capa superficial son necesarios entre 100 y 400 años, por lo cual se considera que el suelo es un recurso natural no renovable en la escala de tiempo humana.

El suelo es una parte fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas; en él se realizan funciones tan importantes como los ciclos biogeoquímicos y la captura de agua. Cuando se habla de la degradación del suelo se hace referencia a los procesos inducidos por las actividades humanas que provocan la disminución de su productividad biológica o de su biodiversidad, así como de la capacidad actual y/o futura para sostener la vida humana.

Tabla 13. Desmonte (retiro de vegetación en 20.5350 has) y pérdida de captura de carbono.

Impacto:	**Desmonte (retiro de vegetación en 20.5350 has) y pérdida de captura de carbono**		
Signo:	**Negativo**	**Factor afectado:**	**Flora**
Enjuiciamiento:	**Crítico**		
Acciones que generadoras del impacto	**Eliminación de la vegetación**		

El cambio de uso del suelo es uno de los temas de mayor interés en la actualidad para las ciencias ambientales y la ecología, ya que este fenómeno constituye uno de los factores involucrados en el calentamiento global al alterar los ciclos biogeoquímicos, como el del agua o el del carbono (Diouf y Lambin, 2001). No hay que olvidar que el suelo contiene las reservas más importantes de carbono en los continentes. La masa total del C orgánico en los suelos se ha estimado en 30×10^{-14} kg, similar al promedio de todos los otros reservorios de C en la superficie terrestre, el cual asciende a 21×10^{-14} kg (Shugang y Akiyama, 2005). El cambio de uso del suelo también es una de las causas más importantes de la disminución de la biodiversidad.

Al perder los suelos su cobertura natural se presenta, en seguida, una serie de cambios que repercuten de manera negativa en la fertilidad y la productividad natural del suelo; se ha demostrado la importancia de la cubierta vegetal en la conservación de los suelos (Albaladejo *et al.*, 1998). El remplazo de la vegetación para introducir cultivos altera el equilibrio natural, deja la superficie del suelo expuesta a los agentes erosivos e interrumpe el aporte de restos vegetales al suelo. Por otra parte, en las tierras secas, el abandono agrícola y la falta de prácticas adecuadas de manejo han desencadenado fuertes procesos erosivos, los cuales, aunados a la baja fertilidad del suelo tras largos periodos de cultivo, impiden la colonización vegetal o hacen que ésta avance con mucha lentitud, lo que acelera la pérdida del suelo durante los primeros años de abandono (Aveyard, 1988; Porta *et al.,* 2003).

La pérdida de la cubierta vegetal es el primer paso del proceso de deterioro del suelo; si éste no se controla a tiempo, provocará que el paisaje se desertifique (Stocking y Murnaghan, 2003). La degradación del suelo es un término difícil de visualizar y entender. La mejor forma de saber si un suelo se está degradando es conociendo la dinámica de sus propiedades; esto significa que es necesario realizar monitoreos periódicos de indicadores (Van Lynden y Kuhlman, 2002). Sin embargo, los monitoreos son poco utilizados y no son bien vistos por las agencias de financiamiento gubernamental o privado porque no muestran resultados a corto plazo, son caros y difíciles de ejecutar, y no se ajustan a los tiempos de tomadores de decisiones. No obstante, hay que considerar que muchos procesos naturales son lentos y graduales; en particular, los cambios en las propiedades de los suelos sólo se manifiestan en décadas o, inclusive, en centurias o milenios. Por lo tanto, sólo a través de mediciones científicas periódicas se podrá contar con información confiable y obtener conclusiones válidas que permitan tomar decisiones correctas (Dregne, 2002; Hana y Jauffret, 2008).

Tabla 14. Pérdida de hábitat flora.

Impacto:	**Pérdida de hábitat flora.**		
Signo:	**Negativo**	**Factor afectado:**	**Flora**
Enjuiciamiento:	**Crítico**		
Acciones que generadoras del impacto	**Desmonte CUSTF en 20.5350 has** **Extracción del material con draga de arrastre**		

La pérdida y deterioro de los hábitats es la principal causa de pérdida de biodiversidad. Al transformar selvas, bosques, matorrales, pastizales, manglares, lagunas, y arrecifes en campos agrícolas, ganaderos, granjas camaroneras, presas, carreteras y zonas urbanas destruimos el hábitat de miles de especies. Muchas veces la transformación no es completa, pero existe deterioro de la composición, estructura o función de los ecosistemas que impacta a las especies y a los bienes y servicios que obtenemos de la naturaleza.

Las últimas estimaciones señalan que en México se ha perdido alrededor del 50% de los ecosistemas naturales. Las principales transformaciones se han llevado a cabo en las selvas húmedas y secas, los pastizales, los bosques nublados y los manglares y en menor grado en matorrales y bosques templados. Los ecosistemas más accesibles, productivos, con mejores suelos y en lugares planos han sido los más transformados. Los principales remanentes se encuentran en lugares poco accesibles o poco productivos.

La pérdida de hábitat sucede por el "cambio de uso del suelo" de ecosistemas naturales (bosques, selvas, pastizales, etc.) a actividades agrícolas, ganaderos, industriales, turísticas, petroleras, mineras, etc., todas ellas contempladas en las evaluaciones de impacto ambiental de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEGEPA, Sección V, 2013) y normas y reglamentos asociados.

Tabla 15. Alteración del hábitat

Impacto:	**Alteración del hábitat**		
Signo:	**Negativo**	**Factor afectado:**	**Fauna**
Enjuiciamiento:	**Moderado**		
Acciones que generadoras del impacto	**Desmonte CUSTF en 20.5350 has** **Barrenación y voladuras** **Extracción del material con draga de arrastre** **Almacenamiento temporal de caliza** **Carga y acarreo del material**		

Con la fragmentación y destrucción de un hábitat se produce un cambio progresivo que puede definirse adecuadamente mediante las tendencias de cinco variables paisajísticas que cambian simultáneamente y que tienen, en conjunto, una incidencia perniciosa sobre la supervivencia de las especies afectadas (Saunders et al., 1991; Andrén, 1994; Fahrig, 2003; Fig. 1 y 2):

● Una pérdida regional en la cantidad de hábitat, con la consiguiente reducción del tamaño de las poblaciones de los organismos afectados. Como consecuencia, disminuye la densidad regional de las especies (número de individuos por unidad de superficie en toda la región considerada), un buen índice de su capacidad para restañar extinciones puntuales mediante el aporte de individuos desde sectores menos alterados.

● Una disminución del tamaño medio y un aumento del número de los fragmentos de hábitat resultantes. Esta tendencia reduce progresivamente el tamaño de las poblaciones mantenidas por cada uno de los fragmentos, aumentando así el riesgo de que alcancen un umbral por debajo del cual son inviables.

● Un aumento de la distancia entre fragmentos, con la consiguiente dificultad para el intercambio de individuos entre las poblaciones aisladas, así como para reponerse, por recolonización, de una eventual extinción.

● Por último, se produce un aumento de la relación perímetro/superficie y, por consiguiente, una mayor exposición del hábitat fragmentado a múltiples interferencias procedentes de los hábitats periféricos. Se da así un creciente efecto de borde que origina un deterioro de la calidad del hábitat en regresión, afectando a la supervivencia de las poblaciones acantonadas en los fragmentos.

IMPACTOS ACUMULATIVOS

De acuerdo a la fracción V del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se deberán identificar, evaluar y describir los impactos acumulativos, entendidos como aquellos que resultan del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.

El análisis de los impactos ambientales de este tipo se basó en la determinación de las desviaciones de la "línea base o cero" originadas por efectos aditivos. Por ello fue importante identificar los cambios ocasionados en el ambiente que se están generando o que ocurrieron como resultado de otras actividades humanas en la región y que pueden tener un efecto aditivo o acumulativo sobre los mismos componentes ambientales con los que el Proyecto interactúa.

La identificación de los impactos acumulativos se realizó a partir de los resultados de la matriz de valoración cuantitativa. De acuerdo a lo anterior, se desprende que el Proyecto generará un total de 7 impactos acumulativos;

1. Alteración de la calidad del agua subterránea por cambio en la concentración de sólidos disueltos.
2. Desbalance hidrológico en la unidad hidrológica.
3. Contaminación del suelo por fugas, derrames de combustibles, residuos sólidos urbanos.
4. Pérdida del suelo y manto rocoso por extracción de roca caliza
5. Pérdida de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
6. Pérdida y desplazamiento de ejemplares y enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2010
7. Alteración del hábitat

Tabla 16. Alteración de la calidad del agua subterránea por cambio en la concentración de sólidos disueltos.

Impacto:	**Alteración de la calidad del agua subterránea por cambio en la concentración de sólidos disueltos.**		
Signo:	**Negativo**	**Factor afectado:**	**Agua**
Enjuiciamiento:	**Moderado**		
Acciones que generadoras del impacto	**Barrenación y voladuras** **Extracción del material con draga de arrastre**		
la profundidad de la voladura, extracción y dragado son tales que pueden alcanzar el agua de mar, (agua con altas concentraciones de sólidos disueltos 35,000 mg/l) y el movimiento o turbulencia que esto genera favorece el incremento de sólidos en todo el sistema, el dragado ascendente y las pilas de secado también pueden contribuir. Sin embargo, ninguna de estas actividades puede incrementar tanto la concentración de sólidos disueltos como el hecho simple de favorecer la mezcla de agua salada con agua dulce, por fenómenos o causas naturales la tendencia del sistema es recuperar el equilibrio por lo que el agua salada permanecerá en el fondo y no habrá un incremento de sólidos disueltos en el acuífero mayor que aquel que se produce por influencia de agua de mar y por actividades de la población. Considerando la clasificación que reporta DETENAL para el total de sólidos disueltos (concentraciones menores de 52.5 mg/1 es agua dulce; entre 525 y 1 400 mg/1 agua tolerable, y más de 1,400 mg/1 se considera agua salada).			

Tabla 17. Desbalance hidrológico en la unidad hidrológica.

Impacto:	**Desbalance hidrológico en la unidad hidrológica**		
Signo:	**Negativo**	**Factor afectado:**	**Agua**
Enjuiciamiento:	**Severo**		
Acciones que generadoras del impacto	**Desmonte CUSTF en 20.5350 has**		

	Barrenación y voladuras **Extracción del material con draga de arrastre**

El problema más serio que se generará sobre el sistema hidrológico local, en la fase de operación se deriva del constante uso de agua para el lavado, ya que el consumo de agua perturba el balance hidrológico -natural, provocando que los niveles de agua disminuyan y que la dirección del flujo cambien**.** De igual forma el consumo de agua constante reduce el espesor de la lente de agua y en aquellos lugares en donde el agua subterránea encuentra salida al mar, el bombeo intensivo provoca la inversión de la dirección del flujo y atrae una cuña de agua salada, es decir, se acentúa la intrusión salina.

De lo anterior, se prevé que de no implementarse medidas adecuadas el impacto generado sería residual, no recuperable y acumulativo.

Tabla 18. Contaminación del suelo por fugas, derrames de combustibles, residuos sólidos urbanos

Impacto:	**Contaminación del suelo por fugas, derrames de combustibles, residuos sólidos urbanos**		
Signo:	**Negativo**	**Factor afectado:**	**Agua**
Enjuiciamiento:	**Moderado**		
Acciones que generadoras del impacto	**Barrenación y voladuras** **Extracción del material con draga de arrastre** **Almacenamiento temporal de caliza** **Carga y acarreo del material**		

Fenómenos como la erosión, la pérdida de carbono orgánico, la salinización, la compactación, la acidificación y la contaminación química son los principales responsables del deterioro actual del suelo. Además, la FAO diferencia entre estos dos tipos de contaminación edáfica:

Contaminación puntual: se debe a razones concretas, tiene lugar en áreas reducidas y sus causas son fáciles de identificar. Esta contaminación terrestre es habitual en las ciudades, los emplazamientos de antiguas fábricas, los alrededores de las carreteras, los vertederos ilegales y las depuradoras.

Contaminación difusa: abarca territorios muy amplios y sus causas son diversas o difíciles de identificar. Este suceso implica la dispersión de contaminantes a través de sistemas aire-suelo-agua y tiene un impacto importante sobre la salud humana y el medio ambiente.

Entre las causas antropogénicas más habituales de la contaminación del suelo, la FAO destaca la industria, la minería, las actividades militares, la gestión de desechos —aquí entra la basura

tecnológica— y aguas residuales, la agricultura, la ganadería y la construcción de infraestructuras urbanas y de transportes.

Las sustancias tóxicas que se depositan en la superficie terrestre perjudican nuestra salud y bienestar, así como la calidad de los alimentos, el agua y el aire.

Tabla 19. Pérdida del suelo y manto rocoso por extracción de roca caliza

Impacto:	**Pérdida del suelo y manto rocoso por extracción de roca caliza**		
Signo:	**Negativo**	**Factor afectado:**	**Suelo**
Enjuiciamiento:	**Crítico**		
Acciones que generadoras del impacto	**Desmonte CUSTF en 20.5350 has** **Extracción del material con draga de arrastre**		

La definición de suelo depende del área de interés que se involucra con él. Desde una visión geotécnica, es el material sin consolidar que se encuentra sobre el lecho rocoso. Para la ingeniería civil es el material sobre el que se construye y excava, siendo sus propiedades determinantes para el tipo y características de la obra a construirse. Desde el punto de vista agrícola, el suelo es la capa de material fértil que recubre la superficie de la Tierra y que es explotada por las raíces de las plantas y a partir de la cual obtienen sostén, nutrimentos y agua. Desde una perspectiva ambiental, existen varias definiciones que incorporan su papel fundamental en los procesos ecosistémicos, debido a las funciones y servicios que realiza tales como la regulación y la distribución del flujo de agua o como amortiguador de los efectos de diversos contaminantes. El proceso de formación del suelo comienza con la desintegración de la roca madre que está expuesta en la superficie de la corteza terrestre a partir del rompimiento físico y químico ocasionado por las lluvias, el viento, la exposición al sol y la actividad mecánicobiológica de las raíces de las plantas.

Aunque el suelo está en constante formación, el proceso es sumamente lento. Se calcula que para tener un centímetro de suelo en la capa superficial son necesarios entre 100 y 400 años, por lo cual se considera que el suelo es un recurso natural no renovable en la escala de tiempo humana.

El suelo es una parte fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas; en él se realizan funciones tan importantes como los ciclos biogeoquímicos y la captura de agua. Cuando se habla de la degradación del suelo se hace referencia a los procesos inducidos por las actividades humanas que provocan la disminución de su productividad biológica o de su biodiversidad, así como de la capacidad actual y/o futura para sostener la vida humana.

Tabla 20. Pérdida de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Impacto:	**Pérdida de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010**		
Signo:	**Negativo**	**Factor afectado:**	**Suelo**
Enjuiciamiento:	**Crítico**		
Acciones que generadoras del impacto	**Desmonte CUSTF en 20.5350 has** **Extracción del material con draga de arrastre**		

La Norma Oficial Mexicana 059 (NOM-059) es el instrumento normativo que identifica las especies o poblaciones de México en riesgo mediante la aplicación del Método de Evaluación de Riesgo de Extinción de Especies Silvestres de México (MER). Desde su primera publicación en 1994 la Norma ha sido usada como referencia para evaluar el estado de conservación y como herramienta en las políticas ambientales nacionales; sin embargo, ha sido fuertemente cuestionada por la aparente falta de criterios científicos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la pertinencia del uso de la NOM-059 como referencia del estado de conservación de las especies nativas de México utilizando a los mamíferos como caso de estudio. Más del 40% de los mamíferos nativos de México están incluidos, pero solo el 10% del total de especies listadas se han evaluado con el MER; solo estas especies cuentan con soporte técnico que justifique su inclusión. En la mayoría de los casos los criterios empleados para determinar la inclusión se desconocen, pero en algunos casos son incluso contradictorios a los objetivos y metodología establecidos en la misma Norma. Los resultados sugieren que los mamíferos no endémicos están sobrerrepresentados en la NOM-059, mientras que el riesgo de extinción de los mamíferos endémicos está subestimado. La evidencia pone de manifiesto que en su forma actual la NOM-059 no es la herramienta adecuada para evaluar el estado de conservación. Finalmente, presentamos una serie de recomendaciones que consideramos contribuyen a mejorar la NOM-059 y así fortalecer los esfuerzos de conservación del país.

Tabla 21. Alteración del hábitat

Impacto:	**Alteración del hábitat**		
Signo:	**Negativo**	**Factor afectado:**	**Fauna**
Enjuiciamiento:	**Moderado**		
Acciones que generadoras del impacto	**Desmonte CUSTF en 20.5350 has** **Barrenación y voladuras** **Extracción del material con draga de arrastre** **Almacenamiento temporal de caliza** **Carga y acarreo del material**		

Con la fragmentación y destrucción de un hábitat se produce un cambio progresivo que puede definirse adecuadamente mediante las tendencias de cinco variables paisajísticas que cambian simultáneamente y que tienen, en conjunto, una incidencia perniciosa sobre la supervivencia de las especies afectadas (Saunders et al., 1991; Andrén, 1994; Fahrig, 2003; Fig. 1 y 2):

● Una pérdida regional en la cantidad de hábitat, con la consiguiente reducción del tamaño de las poblaciones de los organismos afectados. Como consecuencia, disminuye la densidad regional de las especies (número de individuos por unidad de superficie en toda la región considerada), un buen índice de su capacidad para restañar extinciones puntuales mediante el aporte de individuos desde sectores menos alterados.

● Una disminución del tamaño medio y un aumento del número de los fragmentos de hábitat resultantes. Esta tendencia reduce progresivamente el tamaño de las poblaciones mantenidas por cada uno de los fragmentos, aumentando así el riesgo de que alcancen un umbral por debajo del cual son inviables.

● Un aumento de la distancia entre fragmentos, con la consiguiente dificultad para el intercambio de individuos entre las poblaciones aisladas, así como para reponerse, por recolonización, de una eventual extinción.

● Por último, se produce un aumento de la relación perímetro/superficie y, por consiguiente, una mayor exposición del hábitat fragmentado a múltiples interferencias procedentes de los hábitats periféricos. Se da así un creciente efecto de borde que origina un deterioro de la calidad del hábitat en regresión, afectando a la supervivencia de las poblaciones acantonadas en los fragmentos.

IMPACTOS SINERGICOS

De acuerdo a la fracción V del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se deberán identificar, evaluar y describir los impactos sinérgicos, entendidos como aquellos que se producen cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.

La identificación de los impactos sinérgicos se realizó a partir de los resultados de la matriz de valoración cuantitativa. Del total de impactos residuales son 1 positivo, y otros 4 como negativos.

1. Alteración del acuífero por intrusión salina.
2. Disminución de la porosidad del suelo, compactación del suelo y permeabilidad.
3. Desmonte (retiro de vegetación en 20.5350 has) y pérdida de captura de carbono
4. Pérdida de hábitat flora.
5. Demanda de mano de obra (empleo), insumos y servicios.

Tabla 22. Alteración del acuífero por intrusión salina.

Impacto:	**Descripción del impacto residual: Alteración del acuífero por intrusión salina.**		
Signo:	**Negativo**	**Factor afectado:**	**Agua**
Enjuiciamiento:	**Moderado**		
Acciones que generadoras del impacto	**Barrenación y voladuras** **Extracción del material con draga de arrastre**		
Modificación del fenómeno natural de intrusión salina y zona de mezcla de agua dulce agua salada. La intrusión salina es la entrada de agua de mar, de forma subterránea, al continente y es un fenómeno que de manera natural ocurre en zonas cercanas a la costa. En la península de Yucatán se ha detectado intrusión salina a más de 100 km de la costa. Su comportamiento (espesor y profundidad) está relacionados con el régimen de mareas y la temporada de secas o de lluvias y puede verse incrementada por el esfuerzo de succión que se efectúa cuando se extrae agua del subsuelo. La presencia de agua de mar o intrusión salina se puede determinar *in situ* midiendo la conductividad eléctrica del agua aflorada. Este es un impacto que se va a prevenir con la implementación de distintas medidas y de la aplicación del Programa de Vigilancia Ambiental y el Programa de Calidad del Agua. Se considera como un impacto con potencial de ser residual, toda vez que, en caso de presentarse no podrá ser reversible.			

Tabla 23. Disminución de la porosidad del suelo, compactación del suelo y permeabilidad.

Impacto:	**Disminución de la porosidad del suelo, compactación del suelo y permeabilidad**		
Signo:	**Negativo**	**Factor afectado:**	**Suelo**
Enjuiciamiento:	**Crítico**		
Acciones que generadoras del impacto	**Desmonte CUSTF en 20.5350 has** **Extracción del material con draga de arrastre**		
La compactación del suelo es el proceso por el cual el aire sale por los poros de entre los granos del suelo, causando una densificación del suelo e impidiendo la penetración de agua y aire. Además, este proceso produce una pérdida de volumen en la masa del suelo, que puede afectar a la producción de los cultivos, así como a las propiedades físico- químicas de dicho suelo.			

Este proceso de compactación ocurre debido a fuerzas externas que actúan sobre el suelo, en este caso, la maquinaría que se empleé durante las actividades generadoras del impacto, perdida de vegetación y extracción del material.

Podemos decir que la estructura de suelo ideal se compone de un 50% de **suelo**, un 25% de espacio de **agua** y un 25% del espacio con **aire**. Esta estructura responde a la necesidad de las **raíces** de contar con agua y oxígeno, para su desarrollo, y un espacio poroso adecuado entre las partículas del suelo, para poder crecer.

El aumento de la densidad del suelo, causado por la compactación, disminuye la porosidad total y macroporosidad (porosidad de aireación) del suelo.

Tabla 24. Desmonte (retiro de vegetación en 20.5350 has) y pérdida de captura de carbono.

Impacto:	**Desmonte (retiro de vegetación en 20.5350 has) y pérdida de captura de carbono**		
Signo:	**Negativo**	**Factor afectado:**	**Flora**
Enjuiciamiento:	**Crítico**		
Acciones que generadoras del impacto	**Eliminación de la vegetación**		

El cambio de uso del suelo es uno de los temas de mayor interés en la actualidad para las ciencias ambientales y la ecología, ya que este fenómeno constituye uno de los factores involucrados en el calentamiento global al alterar los ciclos biogeoquímicos, como el del agua o el del carbono (Diouf y Lambin, 2001). No hay que olvidar que el suelo contiene las reservas más importantes de carbono en los continentes. La masa total del C orgánico en los suelos se ha estimado en 30×10^{-14} kg, similar al promedio de todos los otros reservorios de C en la superficie terrestre, el cual asciende a 21×10^{-14} kg (Shugang y Akiyama, 2005). El cambio de uso del suelo también es una de las causas más importantes de la disminución de la biodiversidad.

Al perder los suelos su cobertura natural se presenta, en seguida, una serie de cambios que repercuten de manera negativa en la fertilidad y la productividad natural del suelo; se ha demostrado la importancia de la cubierta vegetal en la conservación de los suelos (Albaladejo *et al.*, 1998). El remplazo de la vegetación para introducir cultivos altera el equilibrio natural, deja la superficie del suelo expuesta a los agentes erosivos e interrumpe el aporte de restos vegetales al suelo. Por otra parte, en las tierras secas, el abandono agrícola y la falta de prácticas adecuadas de manejo han desencadenado fuertes procesos erosivos, los cuales, aunados a la baja fertilidad del suelo tras largos periodos de cultivo, impiden la colonización vegetal o hacen que ésta avance con mucha lentitud, lo que acelera la pérdida del suelo durante los primeros años de abandono (Aveyard, 1988; Porta *et al.,* 2003).

La pérdida de la cubierta vegetal es el primer paso del proceso de deterioro del suelo; si éste no se controla a tiempo, provocará que el paisaje se desertifique (Stocking y Murnaghan, 2003). La degradación del suelo es un término difícil de visualizar y entender. La mejor forma de saber si un

suelo se está degradando es conociendo la dinámica de sus propiedades; esto significa que es necesario realizar monitoreos periódicos de indicadores (Van Lynden y Kuhlman, 2002). Sin embargo, los monitoreos son poco utilizados y no son bien vistos por las agencias de financiamiento gubernamental o privado porque no muestran resultados a corto plazo, son caros y difíciles de ejecutar, y no se ajustan a los tiempos de tomadores de decisiones. No obstante, hay que considerar que muchos procesos naturales son lentos y graduales; en particular, los cambios en las propiedades de los suelos sólo se manifiestan en décadas o, inclusive, en centurias o milenios. Por lo tanto, sólo a través de mediciones científicas periódicas se podrá contar con información confiable y obtener conclusiones válidas que permitan tomar decisiones correctas (Dregne, 2002; Hana y Jauffret, 2008).

Tabla 25. Alteración de hábitat

Impacto:	**Alteración de hábitat flora.**		
Signo:	**Negativo**	**Factor afectado:**	**Flora**
Enjuiciamiento:	**Crítico**		
Acciones que generadoras del impacto	**Desmonte CUSTF en 20.5350 has** **Extracción del material con draga de arrastre**		

La pérdida y deterioro de los hábitats es la principal causa de pérdida de biodiversidad. Al transformar selvas, bosques, matorrales, pastizales, manglares, lagunas, y arrecifes en campos agrícolas, ganaderos, granjas camaroneras, presas, carreteras y zonas urbanas destruimos el hábitat de miles de especies. Muchas veces la transformación no es completa, pero existe deterioro de la composición, estructura o función de los ecosistemas que impacta a las especies y a los bienes y servicios que obtenemos de la naturaleza.

Las últimas estimaciones señalan que en México se ha perdido alrededor del 50% de los ecosistemas naturales. Las principales transformaciones se han llevado a cabo en las selvas húmedas y secas, los pastizales, los bosques nublados y los manglares y en menor grado en matorrales y bosques templados. Los ecosistemas más accesibles, productivos, con mejores suelos y en lugares planos han sido los más transformados. Los principales remanentes se encuentran en lugares poco accesibles o poco productivos.

La pérdida de hábitat sucede por el "cambio de uso del suelo" de ecosistemas naturales (bosques, selvas, pastizales, etc.) a actividades agrícolas, ganaderos, industriales, turísticas, petroleras, mineras, etc., todas ellas contempladas en las evaluaciones de impacto ambiental de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEGEPA, Sección V, 2013) y normas y reglamentos asociados.

V.5 CONCLUSIONES

A través de la identificación de impactos ambientales y valoración a lo largo del presente capítulo fue posible identificar, evaluar y describir los impactos ambientales potenciales que pudieran generarse por el desarrollo del Proyecto en caso de resultar autorizado. De este modo se concluye que el Proyecto cumple con lo establecido en el artículo 35 de la LGEEPA, en términos de que los posibles efectos de las actividades del Proyecto, no pondrán en riesgo la estructura y función de los ecosistemas descritos en el Proyecto y el SAR. De igual forma, se concluye que:

- Se prevén 79 interacciones, de los cuales 59 son negativos y 20 positivos.
- La etapa con más interacciones e impactos ambientales es la etapa de construcción y operación con 46 interacciones (30 negativos y 16 positivos), posteriormente la etapa de preparación del sitio con 33 interacciones (29 negativos y 4 positivos), y finalmente la etapa de operación y mantenimiento con 40 interacciones (30 negativas y 10 positivas). En cuanto a los factores ambientales el factor aire es el más afectado con 18 interacciones (17 negativas y 1 positivo), posteriormente el factor suelo con 16 interacciones (15 negativas y 1 positivo), enseguida continua el factor agua con 13 interacciones (9 negativos y 4 positivos), después el factor fauna con 10 interacciones (8 negativos y 2 positivos), consecuentemente el factor socioeconómico con 9 interacciones (0 negativos y 9 positivos), siguiendo el factor flora con 8 interacciones (5 negativos y 3 positivos), siguiendo el factor paisaje con 5 interacciones (5 negativos y 0 positivos).
- El proyecto generará 10 impactos residuales, 7 impactos acumulativos y 5 sinérgicos.

CAPÍTULO VI:

JUSTIFICACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y SOCIAL QUE MOTIVE LA AUTORIZACIÓN EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE USO DE SUELO.

ÍNDICE DE CONTENIDO

VI. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y SOCIAL QUE MOTIVE LA AUTORIZACIÓN EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE USO DE SUELO 5

VI.1 Justificación técnica 5

VI.1.1 Que no se comprometa la biodiversidad 6

VI.1.1.1 Análisis de la biodiversidad de la vegetación 6

VI.1.1.2 Análisis de la biodiversidad de la fauna 21

VI.1.2 Que no se provocará la erosión de los suelos 32

VI.1.2.1 Cálculo de erosión hídrica 32

VI.1.2.2 Estimación del potencial de captura de suelo en las obras propuestas 36

VI.1.3 Que no se provocará el deterioro de la cantidad del agua o la disminución en su captación 44

VI.1.3.1 Cálculo del balance hídrico 44

VI.1.3.1.1 Cálculo de la infiltración una vez ejecutado el CUSTF (con proyecto) 49

VI.1.3.1.2 Cálculo potencial de infiltración de las obras de conservación de suelo propuestas 50

VI.1.4 Que no se comprometa la captura de carbono 51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relaciones poblacionales de las aves en el SAR en los parámetros estimados. 25

Figura 2. Relaciones poblacionales de los mamíferos en el SAR 26

Figura 3. Relaciones poblacionales de los Reptiles en el SAR 27

Figura 4. Relaciones poblacionales de las aves en el predio de la parcela. 29

Figura 5. Relaciones poblacionales de los mamíferos en el predio de la parcela. 30

Figura 6. Relaciones poblacionales de los reptiles en el predio de la parcela. 31

Figura 7. Ejemplo de obra de conservación de suelo. 37

Figura 8. Porcentaje de la precipitación infiltrada por tipo de obra y clima para obras en ladera (2007 y años anteriores). Fuente: colegio de postgraduados. Evaluación externa de los apoyos de suelos forestales 2007 39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. IVI del estrato arbóreo..... 7
Tabla 2. Índice de Shannon- Wiener del estrato arbóreo del SAR. 10
Tabla 3. Comparación del IVI del estrato arbustivo. 12
Tabla 4. Índice de diversidad de Shannon- Wiener del estrato arbustivo..... 15
Tabla 5. Comparación del IVI en el estrato bajo. 16
Tabla 6. Índice de diversidad de Shannon- Wiener del estrato bajo..... 18
Tabla 7. Especies a reubicar 19
Tabla 8.Especies a reforestar. 20
Tabla 9. Biodiversidad de Aves en el SAR 24
Tabla 10. Parámetros poblacionales calculados para Mamíferos registrados en el SAR 26
Tabla 11. Parámetros poblacionales calculados para los Reptiles registrados en el SAR 27
Tabla 12.Parámetros poblacionales calculados para aves registradas en el predio 28
Tabla 13. Parámetros poblacionales calculados para Mamíferos registrados en el SAR 29
Tabla 14. Parámetros poblacionales calculados para Reptiles registrados en el SAR 30
Tabla 15. Índices de heterogeneidad, diversidad y equitatividad en el predio y en el SAR. 31
Tabla 16. Reclasificación de la edafología para el cálculo del coeficiente de erodabilidad. 33
Tabla 17. Textura y fase del suelo para el cálculo de la variable CATEX. 34
Tabla 18. Valores de la pendiente para el cálculo de la variable catop. 34
Tabla 19. Valores causo a partir de los usos del suelo. 34
Tabla 20. Estimación de la erosión con suelo solonchak. 35
Tabla 21. Comparación de la erosión hídrica antes y después del CUSTF. 36
Tabla 22. Estimación del potencial de potencial de infiltración de las obras de conservación de suelo propuesta 38
Tabla 23. Resumen del potencial de infiltración de las obras de conservación de suelo. 39
Tabla 24. Textura y fase del suelo para el cálculo de la variable CATEX. 40
Tabla 25. Valores generales del causo a partir de los usos del suelo. 41
Tabla 26. Descripción del parámetro K. 42
Tabla 27. Erosión eólica con y sin proyecto. 43
Tabla 28. Erosión hídrica, eólica, mitigación y residual. 43

Tabla 29. Desglose de los coeficientes de escurrimiento. 46
Tabla 30. Resumen del balance hídrico sin proyecto (actual) en el área sujeta al CUSTF. 48
Tabla 31. Resumen del balance hídrico después de realizar el CUSTF. 49
Tabla 32. Diferencia entre escurrimiento previo y posterior al CUSTF. 49
Tabla 33. Medidas de mitigación 50
Tabla 34. Resumen de los tres escenarios. 50
Tabla 35. Retención de biomasa y carbono /ha y en la superficie del CUSTF en el estrato alto. 53
Tabla 36. Retención de biomasa y carbono /ha y en la superficie del CUSTF en el estrato medio. 55
Tabla 37. Especies de interés registradas en el sitio, susceptibles de ser rescatadas y reubicadas. . 58
Tabla 38. Especies de interés registradas en el sitio, susceptibles de ser reproducidas y reforestadas. 59

VI. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y SOCIAL QUE MOTIVE LA AUTORIZACIÓN EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE USO DE SUELO

VI.1 Justificación técnica

Wilson (1988) refiere que la biodiversidad o riqueza biótica es patrimonio de la humanidad, ya que tiene como característica su singularidad e irrepetibilidad en cada lugar, región o continente y, en última instancia, de todo el planeta. Si aceptamos que la biodiversidad es una propiedad de los seres vivos y, por tanto, algo más que el número de especies en un tiempo y lugar, hemos de plantearnos cómo medirla para averiguar cuál es el estado de los procesos ecológicos que tienen lugar y si es posible la aplicación de medidas que permitan detener y corregir los procesos de deterioro a que estén sometidas, hasta lograr la restauración de las interrelaciones funcionales originales.

Para aproximarse a la valoración de la conservación de la biodiversidad, es necesario realizarlo mediante la estimación de la diversidad real (H) y la máxima posible (H'max) de una comunidad hipotética con el mismo número de especies mediante el índice de biodiversidad de Shannon-Wiener.

Para estimar la diversidad biológica, éste índice se basa en la teoría de la información y asume, que el muestreo de los individuos fue aleatorio a partir de una población indefinidamente grande y que todas las especies están representadas en la muestra. La fórmula para determinar este índice es:

$$H = -\sum pi \ln pi$$

Donde:

pi representa la abundancia proporcional de la especie **i**, es decir, el número de individuos de la especie **i.**

Debemos tener en cuenta que Shannon Wiener da más peso a las especies menos abundantes y poco comunes o raras, por lo que tiene la tendencia intrínseca a sobrevalorar este tipo de especies.

En nuestro caso es deseable que los índices de diversidad biológica de Shannon-Wiener por estrato tanto en el sitio del proyecto (CUSTF), así como en el SAR de referencia, indiquen que la diversidad real calculada en cada uno de los estratos, está razonablemente cercana a la máxima hipotética, lo que implica que en ambos casos serían sitios que representan prácticamente la misma diversidad.

El área sujeta a cambio de uso de suelo en terrenos forestales sugiere la afectación de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, a fin de presentar argumentos detallados para determinar que no se compromete la biodiversidad del área de interés, se hace una comparación con parámetros cuantitativos de biodiversidad entre el predio donde se propone el proyecto (CUSTF) y el sistema ambiental o sistema ambiental regional (SAR); dicho en otras palabras, se realiza la comparación CUSTF vs SAR, a fin de tener un punto de referencia entre el componente biológico del área propuesta para el proyecto en cuestión y el componente biológico propio de las áreas circundantes al mismo.

En este sentido, es importante mencionar que la riqueza específica es una forma sencilla de medir la riqueza biológica, porque a partir de ella se obtienen los índices de biodiversidad, que junto con

el valor de importancia de las mismas, nos proporciona una visión completa de este componente ambiental y así es posible demostrar la relación existente entre la composición florística observada en el área propuesta para el cambio de uso de suelo (CUSTF) en comparación con las áreas muestreadas en el SAR.

En el área propuesta para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, se requiere demostrar que no se compromete su diversidad biológica, ya que solo tendrá repercusiones negativas menores y temporales sobre la diversidad biológica local, debido a que se presentan estrategias y métodos de conservación para su recuperación, mismas que se presentan más adelante.

Se realizará rescate de las especies seleccionadas para su reubicación, siendo de modo preferente, aquellas que se encuentren en la norma oficial mexicana **NOM 059- SEMARNAT – 2010**, y después el resto de las especies que así lo ameriten.

En el predio se contará con áreas de donación en el 13.53% de la superficie total (20.5351 ha), donde no se afectará a la vegetación original.

Se realizará la restauración de las áreas afectadas, mediante el uso de estrategias de reforestación, para una rápida recuperación de los sitios afectados en el predio.

Comparando la vegetación del predio (CUSTF) con el Sistema Ambiental Regional (SAR) se encontró una composición florística casi idéntica en ambas áreas. Sin embargo, existen diferencias entre las especies presentes en el área del CUSTF con respecto a las que se encuentran en el SAR. Por lo que es necesaria realizar algunas medidas de mitigación para garantizar la permanencia y distribución de las especies registradas en el predio, de acuerdo con los siguientes resultados.

VI.1.1 Que no se comprometa la biodiversidad

VI.1.1.1 Análisis de la biodiversidad de la vegetación

ESTRATO ALTO:

En el estrato alto podemos observar que la riqueza en el área del SAR es de 95 especies, lo que la hace similar con respecto del área propuesta para el proyecto (CUSTF), donde fueron documentadas 100 especies. Al comparar el IVI de ambas áreas, nos encontramos con que en el CUSTF es solo una especie la que presenta valores de importancia con cierta notiriedad, siendo *Metopium brownei* que apenas llega al 32.57%, del IVI en el CUSTF; siendo la abundancia relativa el parámetro de importancia ecológica con mayor importancia. En tanto que en el área del SAR también se observa que *Metopium brownei* sobresale un poco del resto con solo el 36.43%; también es la abundancia relativa el parámetro de importancia ecológica más notable.

Tabla 1. IVI del estrato arbóreo

ESTRATO ALTO		AR		FR		DR		IVI	
FAMILIA	NOMBRE CIENTIFÍCO	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR
FABACEAE	*Acacia dolichostachya*		0.24%		0.66%		0.81%		1.71%
FABACEAE	*Acaca glomerosa*	0.16%		1.09%		0.65%		1.90%	
ANNONACEAE	*Annona glabra*		2.90%		0.66%		2.04%		5.60%
FABACEAE	*Bauhinia divaricata*	1.37%		2.17%		2.12%		5.66%	
MORACEAE	*Brosimum alicastrum*		0.24%		0.66%		0.62%		1.52%
BURSERACEAE	*Bursera simaruba*	10.14%	7.49%	5.43%	6.58%	1.56%	1.43%	17.13%	15.50%
MALPIGHIACEAE	*Byrsonima bucidaefolia*	1.69%	0.24%	3.80%	0.66%	1.85%	1.27%	7.34%	2.17%
FABACEAE	*Caesalpinia gaumeri*	0.24%	0.48%	1.63%	1.32%	2.01%	0.81%	3.88%	2.61%
FLACOURTIACEAE	*Cascabella thevetia*	0.48%	3.62%	2.17%	4.61%	3.94%	4.41%	6.60%	12.64%
APOCYNACEAE	*Casearia corymbosa*	2.57%	0.24%	4.35%	0.66%	2.39%	4.11%	9.31%	5.00%
RUTACEAE	*Casimiroa tetrameria*	0.32%		1.09%		2.44%		3.85%	
MALVACEAE	*Ceiba schottii*	0.32%	0.24%	1.09%	0.66%	0.97%	3.24%	2.38%	4.14%
SAPOTACEAE	*Chryosophyllum mexicanum*		0.24%		0.66%		1.82%		2.72%
SAPOTACEAE	*Chrysophyllum cainito*	0.08%		0.54%		0.84%		1.46%	
POLYGONACEAE	*Coccoloba acapulcensis*		0.72%		1.97%		3.84%		6.53%
POLYGONACEAE	*Coccoloba diversifolia*	0.48%		1.63%		2.04%		4.15%	
POLYGONACEAE	*Coccoloba itzaeus*	0.48%	0.97%	2.17%	2.63%	2.04%	0.62%	4.69%	4.22%
POLYGONACEAE	*Coccoloba spicata*	0.88%	1.21%	3.26%	3.29%	2.79%	2.18%	6.94%	6.68%
POLYGONACEAE	*Coccothrinax readii*	0.08%		0.54%		1.31%		1.93%	
BORAGINACEAE	*Cordia alliodora*	0.16%	0.24%	0.54%	0.66%	2.20%	0.46%	2.91%	1.36%
BORAGINACEAE	*Cordia dodecandra*	0.48%		1.09%		0.87%		2.44%	
ARALICEAE	*Dendropanax arborea*	2.01%	2.90%	3.26%	2.63%	1.25%	3.48%	6.52%	9.01%
EBENACEAE	*Diospyros albens*	0.48%	1.21%	1.63%	3.29%	3.04%	0.68%	5.15%	5.18%
EBENACEAE	*Diospyros cuneata*	0.40%	0.97%	1.63%	1.32%	1.82%	2.22%	3.85%	4.50%

EUPHORBIACEAE	*Dryapetes brownii*	0.16%	0.24%	1.09%	0.66%	3.40%	4.11%	4.64%	5.00%
MYRTACEAE	*Eugenia capuli*		0.24%		0.66%		0.46%		1.36%
SAPINDACEAE	*Exothea diphylla*	0.40%	0.24%	1.09%	0.66%	2.12%	0.20%	3.61%	1.10%
MORACEAE	*Ficus cotinifolia*	5.87%	3.14%	5.43%	4.61%	2.05%	2.89%	13.36%	10.64%
MORACEAE	*Ficus padifolia*		0.24%		0.66%		5.07%		5.97%
MORACEAE	*Ficus pertusa*	0.24%		0.54%		2.70%		3.49%	
MORACEAE	*Ficus yucatanensis*	0.48%	2.42%	0.54%	2.63%	2.58%	1.82%	3.60%	6.87%
RUBIACEAE	*Guettarda combsii*		1.21%		2.63%		1.12%		4.96%
POLYGONACEAE	*Gymnopodium flobundum*	2.49%	0.97%	1.63%	1.97%	2.27%	1.71%	6.40%	4.65%
FABACEAE	*Haematoxylum campechianum*	0.08%		0.54%		1.31%		1.93%	
MALVACEAE	*Hampe trilobata*	0.08%		0.54%		0.84%		1.46%	
HIPPOCRATACEAE	*Hippocratea excelsa*	0.08%		0.54%		0.21%		0.83%	
EUPHORBIACEAE	*Jatropha gaumeri*	0.16%		0.54%		4.18%		4.88%	
RHAMNACEAE	*Krugiodendron ferreum*	0.08%		0.54%		2.56%		3.18%	
FABACEAE	*Lonchocarpus rugosus*	2.57%	2.90%	3.80%	4.61%	1.70%	2.31%	8.07%	9.81%
FABACEAE	*Lonchocarpus yucatanensis*		0.48%		0.66%		0.73%		1.88%
FABACEAE	*Lysiloma latisiliquum*	13.44%	9.90%	5.43%	5.26%	5.11%	6.15%	23.98%	21.32%
SAPOTACEAE	*Manilkara achras*	13.11%	10.63%	5.43%	6.58%	4.43%	5.04%	22.97%	22.25%
ANACARDIACEAE	*Metopium brownei*	25.02%	25.85%	5.43%	7.89%	2.12%	2.69%	32.57%	36.43%
MYRTACEAE	*Myrcianthes fragans*	1.45%	4.11%	3.80%	5.26%	1.68%	2.01%	6.93%	11.38%
NYCTAGINACEAE	*Neea psychotrioides*		0.97%		1.97%		2.39%		5.33%
LAURACEAE	*Nectandra coriacea*	0.08%		0.54%		0.47%		1.09%	
ANNONACEAE	*Oxandra lanceolata*	3.06%	1.45%	5.43%	1.97%	2.38%	1.91%	10.88%	5.33%
FABACEAE	*Piscidia piscipula*	0.40%	0.48%	1.63%	1.32%	1.71%	0.51%	3.75%	2.31%

FABACEAE	*Platymiscium yucatanum*	0.08%		0.54%		0.84%		1.46%	
APOCYNACEAE	*Plumeria obtusa*		0.24%		0.66%		0.20%		1.10%
SAPOTACEAE	*Pouteria campechianum*	1.61%	0.48%	2.72%	1.32%	1.80%	4.89%	6.12%	6.69%
ARECACEAE	*Sabal japa*	0.08%		0.54%		1.31%		1.93%	
SAPOTACEAE	*Sideroxylon foetidissimum*		0.24%		0.66%		0.81%		1.71%
SAPOTACEAE	*Sideroxylon salicifolium*	1.85%	2.17%	3.80%	2.63%	2.54%	2.21%	8.19%	7.01%
FABACEAE	*Swartzia cubensis*	0.48%	1.93%	1.63%	3.29%	4.05%	2.73%	6.16%	7.95%
SAPINDACEAE	*Talisia olivaeformis*	0.08%	0.48%	0.54%	1.32%	1.31%	2.94%	1.93%	4.74%
SAPINDACEAE	*Thouinia paucidenta*	0.32%	0.72%	1.09%	1.32%	1.55%	2.40%	2.96%	4.44%
ARECACEAE	*Thrinax radiata*	0.08%	0.24%	0.54%	0.66%	2.56%	0.81%	3.18%	1.71%
MELIACEAE	*Trichilia havanensis*	0.08%	3.62%	0.54%	4.61%	1.31%	2.78%	1.93%	11.01%
VERBENACEAE	*Vitex gaumeri*	3.22%		4.35%		2.82%		10.38%	
SALICACEAE	*Zuelania guidonia*		0.24%		0.66%		5.07%		5.97%
TOTALES		**100.00%**	**100.00%**	**100.00%**	**100.00%**	**100.00%**	**100.00%**	**300.00%**	**300.00%**

Por otro lado, es importante mencionar que 16 de las especies presentes en el CUSTF están ausentes en el área del SAR, por lo tanto, será necesario realizar trabajos reubicación en las áreas del SAR en las siguientes especies: *Acacia glomerosa, Bauhinia divaricata, Casimiroa tetrameria, Chrysophyllum caimito, Coccoloba diversifolia, Coccothrinax readii, Cordia dodecandra, Ficus pertusa, Haematoxylum campechianum, Hampea trilobata, Hippccratea excelsa, Jatropha gaumeri, Krugiodendron ferreum, Platimiscium yucatanum, Sabal japa* y *Thrinax radiata*.

Por otro lado, al considerar su abundancia, tenemos que 24 de las especies presentes en el CUSTF se encuentran en una mayor cantidad en dicha área comparándola con el SAR. Las cuales son *Bursera simaruba, Byrsonima bucidaefolia, Caesalpinia gaumeri, Casearia corymbosa, Ceiba schottii, Coccoloba itzaeus, Coccoloba spicata, Cordia alliodora, Dendropanax arborea, Diospyros albens, Diospyros cuneata, Dryapetes brownii, Exothea diphylla, Ficus cotinifolia, Gymnopodium floribundum, Lonchocarpus rugosus, Lysiloma latisiliquum, Manilkara achras, Motopium brownei, Oxandra lanceolata, Piscidia piscipula, Pouteria campechianum, Sideroxylon salicifolium y Vitex gaumeri*. En consecuencia, será necesario implementar un amplio programa de reforestación; de esta forma, nos aseguramos de que este grupo de especies se encuentren al menos en las mismas cantidades en ambas áreas.

Tabla 2. Índice de Shannon- Wiener del estrato arbóreo del SAR.

ESTRATO ALTO	Índice de Shannon-Wiener (H)	Máxima diversidad H' max =	Equitatividad (J)
CUSTF	**2.67**	**3.81**	**0.70**
SAR	2.87	**3.78**	**0.76**

Por otro lado, tenemos que la diversidad biológica de Shannon-Wiener en el área del CUSTF puede considerarse como intermedio, debido a que la diferencia del índice de Shannon-Wiener (H) con relación a la máxima diversidad (H´) es del 29.86% lo que se considera un valor moderado. Además de que el índice de equitatividad (J) es de 0.70, lo cual significa que la abundancia de las especies presentes es suficientemente equitativa.

En el caso del SAR, la diferencia entre H y H´ menor (24.22%), por lo cual, puede considerarse que el índice de diversidad es intermedio tendiente a ser alto, lo cual es ratificado por un índice de equitatividad (J) de 0.76; esto nos indica que la abundancia de las especies presentes en el SAR, un poco más equitativa que en el CUSTF.

ESTRATO MEDIO:

Índice de Valor de Importancia:

En el estrato arbustivo, la comparación entre el IVI del sistema ambiental (SAR) y el IVI del área propuesta para el proyecto (CUSTF), muestra en primera instancia que la riqueza en el área del CUSTF y el SAR es de 17 especies para cada una. Por otro lado, en el área del CUSTF pueden observarse que tres especies con la mayor importancia en dicho estrato, las cuales son *Zygia stevensonii* con el 60.31% (es la abundancia relativa el parámetro de interés ecológico dominante), *Thrinax radiata* con 41.43% (la dominancia relativa es el factor más importante) y *Coccothrinax readii* con un 35.35% (también es la dominancia relativa el parámetro dominante); las cuales en conjunto representan el

137.09% del IVI total. Para el caso del SAR, también pueden observarse tres especies, nos referimos a *Coccothrinax readii* con 91.19% (es nuevamente la dominancia relativa el parámetro de interés ecológico principal)*, Zygia stevensonii* con el 67.99% del IVI en el SAR (ahora es la abundancia relativa el factor de mayor interés) y *Randia aculeata* con un 57.61% (es también la abundancia relativa el parámetro de más interés). En conjunto estas tres especies representan el 216.78% del IVI total en el SAR.

Tabla 3. Comparación del IVI del estrato arbustivo.

ESTRATO MEDIO		AR		FR		DR		IVI	
FAMILIA	NOMBRE CIENTIFÍCO	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR
FABACEAE	*Acacia cedilloi*		1.95%		3.42%		1.53%		6.90%
FABACEAE	*Acacia cornigera*	0.98%	0.24%	2.97%	0.85%	0.60%	0.32%	4.54%	1.42%
SAPINDACEAE	*Allophylus cominia*	0.73%	0.24%	1.98%	0.85%	26.63%	2.91%	29.35%	4.01%
LYTHRACEAE	*Ammannia latifolia*		0.24%		0.85%		0.22%		1.32%
RUTACEAE	*Amyris sylvatica*		0.24%		0.85%		0.22%		1.32%
FABACEAE	*Bauhinia divaricata*	0.49%	0.24%	0.99%	0.85%	0.28%	0.73%	1.76%	1.83%
FABACEAE	*Bauhinia jenningsii*	1.22%	0.98%	2.97%	3.42%	0.26%	0.59%	4.45%	4.99%
BROMELIACEAE	*Bromelia pinguin*		0.24%		0.85%		0.22%		1.32%
MALPIGHIACEAE	*Buchosia glandulosa*	1.22%		1.98%		5.63%		8.84%	
VERBENACEAE	*Callicarpa acuminata*	0.98%		1.98%		0.35%		3.31%	
APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	0.73%		0.99%		22.65%		24.37%	
ARECACEAE	*Chamaedorea zeifrizii*		1.46%		3.42%		4.63%		9.52%
RUBIACEAE	*Chiococca alba*	1.22%	0.73%	0.99%	1.71%	0.30%	1.02%	2.51%	3.46%
RUBIACEAE	*Chiococca coriacea*		0.49%		1.71%		1.87%		4.06%
ARECACEAE	*Coccothri-nax readii*	22.00%	23.90%	9.90%	9.40%	0.76%	3.29%	32.67%	36.59%
CELASTRACEAE	*Crossope-talum latifolium*		0.73%		2.56%		1.19%		4.49%
EUPHORBIACEAE	*Croton humilis*	0.24%	0.49%	0.99%	0.85%	3.70%	0.40%	4.93%	1.74%
EUPHORBIACEAE	*Croton lundellii*		0.24%		0.85%		0.57%		1.67%
EUPHORBIACEAE	*Croton malvavis-ciifolia*	1.22%	0.73%	2.97%	0.85%	0.57%	0.48%	4.77%	2.07%

EUPHORBIACEAE	*Croton reflexy-folius*		1.71%		1.71%		1.13%		4.54%
EUPHORBIACEAE	*Dryapetes brownii*		1.95%		0.85%		1.83%		4.63%
MYRTACEAE	*Eugenia laevis*		0.24%		0.85%		3.59%		4.69%
MYRTACEAE	*Eugenia mayana*	0.24%		0.99%		0.84%		2.07%	
ASTERACEAE	*Euphatorium albicaule*	0.73%		0.99%		0.24%		1.97%	
POLYGONACEAE	*Gymnopodium flobundum*	0.24%		0.99%		0.54%		1.77%	
MALVACEAE	*Hampea trilobata*		0.73%		1.71%		3.03%		5.47%
MENISPERMACEAE	*Hyperbaena winzerlingii*	0.24%	0.24%	0.99%	0.85%	0.84%	2.44%	2.07%	3.54%
TEOPHRASTACEAE	*Jaquinia macrocarpa*	0.24%	0.98%	0.99%	1.71%	0.10%	2.82%	1.34%	5.51%
EUPHORBIACEAE	*Jatropha gaumeri*	0.49%	0.24%	1.98%	0.85%	0.12%	10.07%	2.59%	11.17%
LAURACEAE	*Licaria peckii*	0.49%		0.99%		0.14%		1.62%	
ANNONACEAE	*Malmea depressa*	0.73%	1.46%	0.99%	2.56%	0.32%	1.32%	2.05%	5.35%
MALVACEAE	*Malvaviscus arboreus*	14.18%	12.20%	9.90%	8.55%	0.79%	1.40%	24.87%	22.15%
SAPOTACEAE	*Manilkara achras*	1.22%		1.98%		11.41%		14.61%	
MYRTACEAE	*Myrcianthes fragans*	1.47%		1.98%		3.25%		6.70%	
MYRTACEAE	*Myrciaria floribunda*	6.36%	2.44%	5.94%	5.13%	0.32%	0.90%	12.62%	8.47%
LAURACEAE	*Nectandra coriacea*	6.60%	5.85%	6.93%	5.98%	3.21%	1.29%	16.74%	13.13%
ANNONACEAE	*Oxandra lanceolata*	0.24%		0.99%		0.84%		2.07%	
MYRSINACEAE	*Parathesis cubana*	0.98%	1.46%	1.98%	3.42%	1.56%	3.18%	4.52%	8.06%
PIPERACEAE	*Piper gaumeri*	0.49%		0.99%		2.10%		3.58%	

FABACEAE	*Platymiscium yucatanum*	0.24%		0.99%		0.30%		1.54%	
BURSERACEAE	*Protium copal*	0.24%		0.99%		0.13%		1.37%	
RUBIACEAE	*Psychotria nervosa*	0.73%	4.39%	2.97%	5.13%	3.36%	0.99%	7.06%	10.51%
RUBIACEAE	*Psychotria pubescens*	0.49%		0.99%		0.26%		1.73%	
RUBIACEAE	*Randia aculeata*	21.27%	20.24%	8.91%	10.26%	1.96%	1.38%	32.14%	31.88%
ARECACEAE	*Sabal japa*	0.24%	0.73%	0.99%	2.56%	1.89%	13.60%	3.12%	16.90%
ARECACEAE	*Thrinax radiata*	8.56%	8.29%	9.90%	7.69%	2.28%	18.92%	20.74%	34.90%
ANACARDIACEAE	*Toxicoden-dron radicans*	0.24%	0.73%	0.99%	1.71%	0.30%	2.64%	1.54%	5.08%
MELIACEAE	*Trichilia glabra*		1.46%		2.56%		2.28%		6.31%
MELIACEAE	*Trichilia havanensis*	0.49%		0.99%		0.29%		1.77%	
MELIACEAE	*Trichilia hirta*	0.24%		0.99%		0.41%		1.65%	
RUTACEAE	*Zanthoxylum fagara*		0.73%		0.85%		0.58%		2.17%
FABACEAE	*Zygia stevensonii*	0.98%	0.73%	1.98%	1.71%	0.24%	6.40%	3.20%	8.84%
FLACOURTIACEAE	*Casearia corymbosa*	0.24%		0.99%		0.21%		1.44%	
Total general		**100.00%**	**100.00%**	**100.00%**	**100.00%**	**100.00%**	**100.00%**	**300.00%**	**300.00%**

En relación con la presencia de las diversas especies en ambas áreas, nos encontramos con que en el estrato medio existen 17 especies que solo fueron documentadas en el área propuesta para el cambio de uso del suelo (CUSTF). Por lo tanto, será necesario realizar trabajos de reubicación en el Sistema Ambiental Regional (SAR) de las siguientes especies: *Buchosia glandulosa, Callicarpa acumintata, Cascabella thevetia, Casearia corymbosa, Eugenia mayana, Euphatorium albicaule, Gymnopodium floribundum, Licaria peckii, Manilkara achras, Myrcianthes fragans, Oxandra lanceolata, Piper gaumeri, Platymiscium yucatanum, Protium copal, Psychotia pubescens, Trichilia havanensis* y *Trichilia hirta* debido a que presenta tallas grandes y medianas.

Por otro lado, existen 12 especies que estando presentes en ambas áreas, se encuentran en mayor cantidad en el CUSTF que en SAR, las cuales son *Acacia cornígera, Allophyllus cominia, Buahinia divaricata, Bauhinia jenningsii, Chiococca alba, Croton malvavisciifolia, Jatropha gaumeri, Malvaviscus arboreus, Myrciaria floribunda, Nectandra coriácea, Randia aculeata, Thrinax radiata* y *Zygia stevensonii*; por lo cual se deberá implementar un Programa de Reforestación, ya que de esta manera nos aseguramos que dichas especies se encuentren al menos en las mismas cantidades en ambas áreas.

Índice de diversidad de Shannon-Wiener:

Tabla 4. Índice de diversidad de Shannon- Wiener del estrato arbustivo.

ESTRATO MEDIO	Índice de Shannon-Wiener (H)	Máxima diversidad H' max =	Equitatividad (J)
CUSTF	1.51	3.66	0.41
SAR	2.57	3.58	0.72

Con relación al estrato medio del área propuesta para el cambio de uso de suelo (CUSTF), tenemos que la diferencia entre el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H) y la máxima diversidad (H´) es del 58.86%, la cual es muy notable, por lo que puede afirmarse que la diversidad biológica es muy baja. Esto se confirma con un valor de 0.41 del índice de equitatividad que indica una bajísima homogeneidad en la abundancia que presentan las especies registradas en el CUSTF y por lo tanto, la predominancia de un pequeño grupo de especies. En el caso del SAR, la diferencia entre H y H´ es del 28.29% la cual es un valor moderado; entonces se puede decir que la diversidad es intermedia; de tal forma que con un índice de equitatividad (J) de 0.72 resulta claro que la abundancia registrada entre las especies presentes en el estrato medio del SAR es medianamente homogénea.

ESTRATO BAJO:

Índice de Valor de Importancia:

La comparación entre el IVI del estrato bajo del predio, nos indica que la riqueza en el área del CUSTF es de 42 especies, en tanto que en el área del SAR es de 45 especies. Asimismo, podemos decir que en el área propuesta para el cambio de uso de suelo (CUSTF), no existe ninguna especie que ostente alguna importancia notoria. Con relación al SAR, se observa solo a *Coccothrinax readii* con un valor de importancia del 57.87% del IVI.

Tabla 5. Comparación del IVI en el estrato bajo

ESTRATO BAJO		AR		FR		DR		IVI	
FAMILIA	NOMBRE CIENTIFÍCO	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR	CUSTF	SAR
FABACEAE	*Acacia cornigera*	0.56%		1.96%		1.45%		3.97%	
POACEAE	*Andropogon bicornis*	0.56%		1.96%		0.82%		3.33%	
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea floribunda*	1.67%	0.48%	3.92%	1.67%	11.11%	7.02%	16.70%	9.17%
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea patellifera*	0.56%		1.96%		0.25%		2.77%	
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea podopogon*		0.96%		3.33%		27.97%		32.27%
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea pubescens*	2.22%	4.33%	3.92%	8.33%	2.38%	1.79%	8.52%	14.45%
BROMELIACEAE	*Bromelia pinguin*	3.33%	0.96%	5.88%	1.67%	6.93%	8.15%	16.15%	10.78%
ARACEAE	*Caladium bicolor*	3.89%	13.94%	5.88%	10.00%	1.99%	2.66%	11.76%	26.60%
APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	1.11%		1.96%		0.66%		3.73%	
ARECACEAE	*Chamaedorea zeifrizii*	1.11%		1.96%		0.81%		3.88%	
BIGNONIACEAE	*Cydista potosina*	0.56%		1.96%		1.45%		3.97%	
POACEAE	*Digitaria bicornis*	0.56%		1.96%		0.49%		3.01%	
DIOSCORECEAE	*Dioscorea convolvu-lacea*	0.56%	2.88%	1.96%	6.67%	0.65%	2.23%	3.16%	11.79%
EBENACEAE	*Diospyros albens*	0.56%		1.96%		0.16%		2.68%	
POACEAE	*Echinochloa colonum*	1.11%		1.96%		1.40%		4.47%	
APOCYNACEAE	*Echites yucata-nensis*		0.48%		1.67%		2.09%		4.24%

ASTERACEAE	*Euphatorium odoratum*	1.11%	0.48%	1.96%	1.67%	2.43%	0.93%	5.50%	3.08%
FABACEAE	*Galactica striata*	2.22%		1.96%		3.22%		7.40%	
MALVACEAE	*Hampea trilobata*	0.56%		1.96%		0.16%		2.68%	
EUPHORBIA-CEAE	*Jatropha gaumeri*		0.48%		1.67%		0.93%		3.08%
POACEAE	*Lasiacis divaricata*	0.56%	0.48%	1.96%	1.67%	0.65%	1.45%	3.16%	3.60%
CONVOL-VULACEAE	*Merremia aegyptia*		1.92%		6.67%		1.03%		9.62%
CUCURBI-TACEAE	*Momordica charantia*	0.56%		1.96%		0.16%		2.68%	
RUBIACEAE	*Morinda yucata-nensis*	1.11%	2.88%	1.96%	3.33%	0.57%	25.74%	3.64%	31.96%
POACEAE	*Olyra glaberrima*	57.22%	48.56%	19.61%	18.33%	49.49%	2.15%	126.32%	69.04%
ORCHIDACEAE	*Oncidium sphace-llatum*		2.88%		1.67%		2.53%		7.08%
POACEAE	*Paspalum nutatum*	1.11%		1.96%		0.53%		3.60%	
SAPINDACEAE	*Paulinia cururu*	4.44%	8.17%	5.88%	11.67%	0.79%	3.84%	11.12%	23.68%
POACEAE	*Phragmites australis*	0.56%		1.96%		0.16%		2.68%	
FABACEAE	*Rhynchosia minima*	0.56%		1.96%		0.25%		2.77%	
CYPERACEAE	*Scleria lithosperma*	8.89%	0.96%	7.84%	1.67%	1.09%	3.23%	17.82%	5.86%
SAPINDACEAE	*Serjania adiantoides*	1.11%	6.73%	3.92%	13.33%	1.07%	4.85%	6.11%	24.92%
SMILACACEAE	*Smilax mollis*	0.56%	2.40%	1.96%	5.00%	6.83%	1.40%	9.34%	8.80%
ORCHIDACEAE	*Spiranthes torta*	0.56%		1.96%		1.22%		3.74%	
PASSIFLORA-CEAE	*Turnera diffusa*	0.56%		1.96%		0.82%		3.33%	
Total general		**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**300%**	**300%**

Con relación a la presencia de las diversas especies en ambas áreas, nos encontramos con que en el estrato bajo existen 17 especies que solo fueron documentadas en el área propuesta para el proyecto (CUSTF), las cuales son *Acacia cornígera, Andropogon bicornis, Arrabidaea petellifera, Cascabella thevetia, Chamaedorea zeifrizii, Cydista potosina, Digitaria bicornis, Diospyros albens, Echinochloa colonum, Galactica striata, Hampea trilobata, Olyra glaberrima, Paspalum nutatum, Phragmites australis, Rhynchosia minima, Spiranthes torta* y *Turnera diffusa*. Por lo tanto, deberán realizarse trabajos de reubicación de estas especies hacia las mejores áreas del sistema ambiental o SAR.

Por otro lado, existen cuatro especies que, estando presentes tanto en ambas áreas, se encuentran en mayor cantidad en el CUSTF, las cuales son *Arrabidaea floribunda, Bromelia pinguin, Euphatorium odoratum y Scleria lithosperma*; por lo tanto, será necesario implementar un Programa de Reforestación para asegurar que dichas especies se encuentren en cantidades similares en ambas áreas.

Índice de diversidad de Shannon-Wiener:

Tabla 6. Índice de diversidad de Shannon- Wiener del estrato bajo

ESTRATO BAJO	Índice de Shannon-Wiener (H)	Máxima diversidad H' max =	Equitatividad (J)
CUSTF	1.93	3.40	0.57
SAR	1.88	2.89	0.65

En el estrato herbáceo del área del CUSTF, el índice de Shannon-Wiener (H) comparado con la máxima diversidad (H´), presentan una diferencia del 43.17% que puede considerarse como claramente baja, por lo cual, la diversidad biológica es baja; condición que puede ser corroborada un valor de 0.57 del índice de equitatividad (J), el cual nos dice que la abundancia de las especies presentes en dicha área es muy poco equitativa. Con relación a los valores en el SA de H y H´, la diferencia entre ambos es del 34.87%, lo que implica una diversidad biológica que puede considerase apenas regular y esto es corroborado con un índice de equitatividad (J) de 0.65, que nos indica que la abundancia de las especies presentes en el estrato bajo del SAR es medianamente equitativa.

Habiendo realizado el análisis comparativo de las especies de flora presentes tanto en el área del CUSTF, así como en el SAR (Sistema Ambiental) para los tres estratos (alto, medio y bajo), podemos observar que la vegetación presente en los estratos alto y medio del CUSTF presenta tendencias similares que aquellos documentados en el SAR; en tanto que, en el estrato bajo, las tendencias difieren. En base a estas consideraciones, deberán realizarse una serie de acciones de reubicación y reforestación para garantizar que no se verá afectada la diversidad biológica de la vegetación presente en el área del proyecto (CUSTF), para lo cual, se cuenta con el respaldo en el sistema ambiental (SAR).

Los trabajos correspondientes a la reubicación y reforestación de especies en el SAR, se presentan en los siguientes cuadros.

De acuerdo con la **NOM-059-SEMARNAT-2010,** existen dos especies susceptibles a ser reubicadas, las cuales son *Coccothrinax readii* y *Thrinax radiata,* ambas ellas enlistadas como ***amenazadas (A)***. En total se requiere realizar trabajos de reubicación desde el CUSTF hacia el SAR de las siguientes 34 especies.

Tabla 7. Especies a reubicar

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	CANTIDAD
FABACEAE	*Acaca glomerosa*	137
POACEAE	*Andropogon bicornis*	68
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea patellifera*	68
MALPIGHIACEAE	*Buchosia glandulosa*	342
VERBENACEAE	*Callicarpa acuminata*	274
RUTACEAE	*Casimiroa tetrameria*	274
SAPOTACEAE	*Chrysophyllum cainito*	68
POLYGONACEAE	*Coccoloba diversifolia*	411
ARECACEAE	*Coccothrinax readii*	6,229
BORAGINACEAE	*Cordia dodecandra*	411
BIGNONIACEAE	*Cydista potosina*	68
EBENACEAE	*Didspyros cuneata*	205
POACEAE	*Digitaria bicornis*	68
POACEAE	*Echinochloa colonum*	137
MYRTACEAE	*Eugenia mayana*	68
ASTERACEAE	*Euphatorium albicaule*	205
MORACEAE	*Ficus pertusa*	205
FABACEAE	*Galactica striata*	274
FABACEAE	*Haematoxylum campechianum*	68
HIPPOCRATACEAE	*Hippocratea excelsa*	68
RHAMNACEAE	*Krugiodendron ferreum*	68
LAURACEAE	*Licaria peckii*	137
CUCURBITACEAE	*Momordica charantia*	68
POACEAE	*Paspalum nutatum*	137
POACEAE	*Phragmites australis*	68
PIPERACEAE	*Piper gaumeri*	137
FABACEAE	*Platymiscium yucatanum*	137
BURSERACEAE	*Protium copal*	68
RUBIACEAE	*Psychotria pubescens*	137
FABACEAE	*Rhynchosia minima*	68
ORCHIDACEAE	*Spiranthes torta*	68
ARECACEAE	*Thrinax radiata*	2,464
MELIACEAE	*Trichilia hirta*	68
PASSIFLORACEAE	*Turnera diffusa*	68

TOTALES	**13,348**

En cuanto a las especies que se encuentran presentes tanto en el SAR como en el CUSTF, pero que son más abundantes en el área propuesta para el proyecto (CUSTF), fueron observadas un total de 44. Cuyas cantidades a reforestar se presentan más abajo, con lo cual se garantiza que en ambas áreas se encuentren en condiciones similares. Si bien es conveniente mencionar que se incluyeron dos especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en calidad de amenazadas (A), las cuales son *Coccothrinax readii* y *Thrinax radiata*.

A continuación, se presentan las especies que estarían sujetas a un programa de reforestación.

Tabla 8.Especies a reforestar.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	CANTIDAD
FABACEAE	*Acacia cornigera*	274
SAPINDACEAE	*Allophylus cominia*	137
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea floribunda*	137
FABACEAE	*Bauhinia divaricata*	1,232
FABACEAE	*Bauhinia jenningsii*	68
BROMELIACEAE	*Bromelia pinguin*	205
BURSERACEAE	*Bursera simaruba*	6,503
MALPIGHIACEAE	*Byrsonima bucidaefolia*	1,369
FABACEAE	*Caesalpinia gaumeri*	68
FLACOURTIACEAE	*Casaeria corymbosa*	2,190
APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	137
MALVACEAE	*Ceiba schottii*	205
RUBIACEAE	*Chiococca alba*	137
POLYGONACEAE	*Coccoloba Itzeus*	137
POLYGONACEAE	*Coccoloba spicata*	411
ARECACEAE	*Coccothrinax readii*	479
BORAGINACEAE	*Cordia alliodora*	68
EUPHORBIACEAE	*Croton malvavisciifolia*	137
ARALICEAE	*Dendropanax arborea*	890
EBENACEAE	*Diospyros albens*	137
ASTERACEAE	*Euphatorium odoratum*	68
SAPINDACEAE	*Exothea diphylla*	274
MORACEAE	*Ficus cotinifolia*	4,107
POLYGONACEAE	*Gymnopodium flobundum*	1,917
EUPHORBIACEAE	*Jatropha gaumeri*	137
FABACEAE	*Lonchocarpus rugosus*	1,369
FABACEAE	*Lysiloma latisiliquum*	8,625
MALVACEAE	*Malvaviscus arboreus*	548
SAPOTACEAE	*Manilkara achras*	8,488

ANACARDIACEAE	*Metopium brownei*	13,964
MYRTACEAE	*Myrciaria floribunda*	1,095
LAURACEAE	*Nectandra coriacea*	205
POACEAE	*Olyra glaberrima*	137
ANNONACEAE	*Oxandra lanceolata*	2,259
FABACEAE	*Piscidia piscipula*	205
SAPOTACEAE	*Pouteria campechuianum*	1,232
RUBIACEAE	*Randia aculeata*	274
CYPERACEAE	*Scleria lithosperma*	958
SAPOTACEAE	*Sideroxylon salicifolium*	958
SAPINDACEAE	*Thouinia paucidenta*	68
ARECACEAE	*Thrinax radiata*	137
MELIACEAE	*Trichilia havanensis*	137
VERBENACEAE	*Vitex gaumeri*	1,711
FABACEAE	*Zygia stevensonii*	68
TOTALES		**63,864**

La planta a utilizarse para reforestar puede ser producida en uno o varios viveros que son factibles establecer al interior de predio o provenir de UMAs intensivas especializadas en la producción de planta nativa.

VI.1.1.2 Análisis de la biodiversidad de la fauna

Con la finalidad de contar con parámetros ecológicos de la fauna, se realizó el análisis mediante el Índice de Shannon – Wiener (H') para valorar la biodiversidad de las comunidades de grupos de vertebrados. Las fórmulas empleadas se indican a continuación:

Índice de Diversidad de Shannon – Wiener (H') empleando el índice de Equitatividad (E) como un indicador de la forma como se reparten los recursos del hábitat, bajo el supuesto que mientras más próximo a 1 sea el valor de E existe una distribución más homogénea de ellos. Las fórmulas que aplican son las siguientes:

$H' = -\sum_{i=1}^{s} pi \ln pi,$

Donde:

H= Índice de Shannon-Wiener

S = número total de especies.

Σi =1 = número total de individuos.

Pi = abundancia relativa de la especie i.

ln Pi = logaritmo decimal (base 10) de la abundancia relativa de la especie i. y

Equitatividad de Pielou (J´): mide cuán igual es numéricamente una comunidad y permite comparar con el índice de Shannon-Weaver, Este índice se define como:

E = J = H'/ (H máx.)

Dónde: H Max = Logaritmo de S

S = Número de especies

El índice de Simpson; se utiliza para medir la diversidad de una comunidad, esta toma en cuenta la cantidad de especies presentes en el hábitat, así como la abundancia de cada especie.

El índice de diversidad de Simpson es una medida de la diversidad que tiene en cuenta tanto la riqueza como la equitatividad.

$$D = \sum (n / N)^2$$

Índice de Simpson

$$D = \frac{\sum n\ (n\ -1)}{N(N-1)}$$

- D = índice de Simpson.
- n = número total de organismos de una especie.
- N = número total de organismos de todas las especies.

n = El número total de organismos de una especie en particular.

N = El número total de organismos de todas las especies.

El rango del índice de Simpson va de 0 a 1, de esta forma:

– Cuanto más se acerca el valor de D a 1, menor es la diversidad del hábitat.

– Cuanto más se acerca el valor de D a 0, mayor es la diversidad del hábitat.

Para hacer intuitivo el resultado se calcula el Índice de diversidad de Simpson que es la resta del valor de D (índice de Simpson) a 1 quedando 1-D.

En este caso

– Cuanto más se acerca el valor de D a 1, mayor es la diversidad del hábitat.

– Cuanto más se acerca el valor de D a 0, menor es la diversidad del hábitat.

Para ello se calcularon la abundancia, la densidad relativa y absoluta, así como la frecuencia relativa y absoluta mediante las siguientes fórmulas:

$Frecuencia\ absoluta\ (F)$

$$Abundancia\ relativa = \frac{Número\ de\ individuos\ de\ una\ Sp.}{Número\ de\ individuos\ de\ todas\ las\ Spp.} \times 100$$

Donde:

$$FR\ = \frac{Frecuencia\ absoluta\ por\ cada\ Sp.}{Frecuencia\ absoluta\ de\ todas\ las\ spp.} \times 100$$

Donde*:*

$$Frecuencia\ absoluta\ (F)\ = \frac{Intervalos\ o\ puntos\ donde\ aparece\ la\ Sp.}{Número\ total\ de\ parcelas\ o\ puntos\ muestreados}$$

Donde:

$$Densidad\ absoluta = \frac{Número\ de\ individuos\ de\ una\ Sp.}{Área\ muestreada}$$

Los resultados de estos índices aplicados a la fauna registrada en el SAR y el predio, se muestran en las tablas siguientes:

Tabla 9. Biodiversidad de Aves en el SAR

NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA RELATIVA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	DENSIDAD ABSOLUTA	DENSIDAD RELATIVA
Buteo plagiatus	1.290	0.5	1.3	0.135	1.29
Chaetura vauxi	3.226	1.3	3.2	0.338	3.23
Ardea alba	0.645	0.3	0.6	0.068	0.65
Piranga olivacea	1.935	0.8	1.9	0.203	1.94
Coragyps atratus	1.935	0.8	1.9	0.203	1.94
Cathartes aura	2.581	1.0	2.6	0.270	2.58
Patagioenas flavirostris	2.581	1.0	2.6	0.270	2.58
Zenaida asiatica	6.452	2.5	6.5	0.675	6.45
Columbina talpacoti	3.871	1.5	3.9	0.405	3.87
Cyanocorax yucatanicus	9.032	3.5	9.0	0.945	9.03
Ortalis vetula	6.452	2.5	6.5	0.675	6.45
Crotophaga sulcirostris	10.323	4.0	10.3	1.080	10.32
Icterus gularis	1.935	0.8	1.9	0.203	1.94
Amblycercus holosericeus	1.935	0.8	1.9	0.203	1.94
Icterus cucullatus	3.871	1.5	3.9	0.405	3.87
Quiscalus mexicanus	5.161	2.0	5.2	0.540	5.16
Mimus gilvus	5.161	2.0	5.2	0.540	5.16
Eumomota superciliosa	3.871	1.5	3.9	0.405	3.87
Setophaga citrina	3.226	1.3	3.2	0.338	3.23
Setophaga petechia	2.581	1.0	2.6	0.270	2.58
Eupsittula nana	8.387	3.3	8.4	0.878	8.39
Melanerpes pygmaeus	3.226	1.3	3.2	0.338	3.23
Vireo pallens	1.290	0.5	1.3	0.135	1.29
Saltator atriceps	1.935	0.8	1.9	0.203	1.94
Trogon melanocephalus	3.871	1.5	3.9	0.405	3.87
Tyrannus melancholicus	3.226	1.3	3.2	0.338	3.23
TOTAL	**100**	**39**	**100**	**10.467**	**100**

De acuerdo con los parámetros poblacionales estimados en aves, se observa que la especie con mayor presencia en los parámetros medidos es la chara yucateca, seguido por el garrapatero pijuy y posteriormente el perico pecho sucio, acaparando entre las 3 especies casi un 28%, quedando el restante 72 % para las restantes 26 especies, lo cual se muestra de forma gráfica.

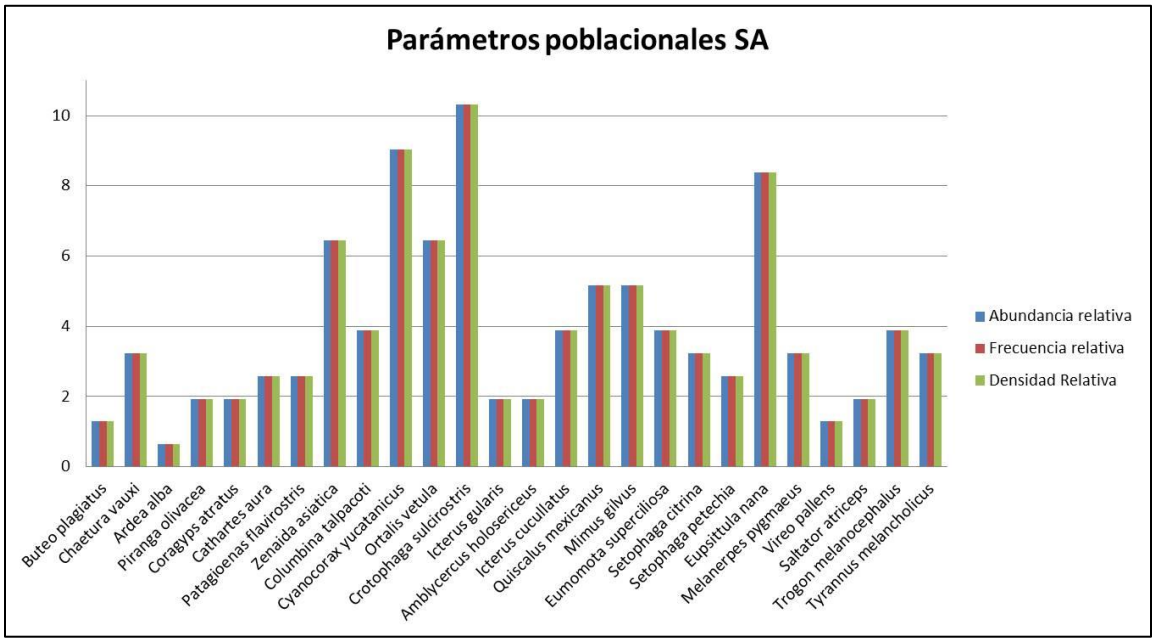


Figura 1. Relaciones poblacionales de las aves en el SAR en los parámetros estimados.

Biodiversidad de Mamíferos en el SAR

Tabla 10. Parámetros poblacionales calculados para Mamíferos registrados en el SAR

NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA RELATIVA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	DENSIDAD ABSOLUTA	DENSIDAD RELATIVA
Urocyon cinereoargenteus	5.714	0.5	5.714	0.001	5.714
Eira barbara	2.857	0.25	2.857	0.000	2.857
Dasypus novencintus	2.857	0.25	2.857	0.000	2.857
Dasyprocta punctata	25.714	2.25	25.714	0.002	25.714
Didelphis virginiana	2.857	0.25	2.857	0.000	2.857
Procyon lotor	8.571	0.75	8.571	0.001	8.571
Nasua narica	31.429	2.75	31.429	0.003	31.429
Sciurus yucatanensis	17.143	1.5	17.143	0.002	17.143
Odocoileus virginianus	2.857	0.25	2.857	0.000	2.857
TOTAL ORGANISMOS	**100**	**8.75**	**100**	**0.009**	**100**

La especie con mayor presencia entre los mamíferos en el SAR es el coati, (Nasua narica) y el sereque Dasyprocta punctata, que juntos conforman el 57.5%, mientras que el 42.5 restante corresponden a 7 especies restantes.

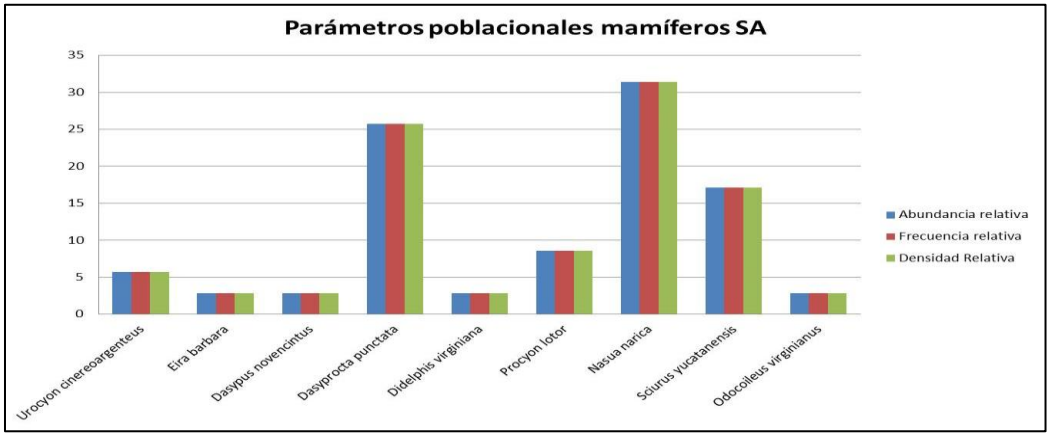


Figura 2. Relaciones poblacionales de los mamíferos en el SAR

Biodiversidad de Reptiles en el SAR

Tabla 11. Parámetros poblacionales calculados para los Reptiles registrados en el SAR

NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA RELATIVA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	DENSIDAD ABSOLUTA	DENSIDAD RELATIVA
Oxibelis fulgidus	7.143	0.5	7.143	0.001	7.143
Drimobius margaritiferus	3.571	0.25	3.571	0.000	3.571
Holcosus undulatus	10.714	0.75	10.714	0.001	10.714
Anolis sagrei	14.286	1	14.286	0.001	14.286
Basiliscus vittatus	21.429	1.5	21.429	0.002	21.429
Laemanctus serratus	21.429	1.5	21.429	0.002	21.429
Ctenosaura similis	17.857	1.25	17.857	0.001	17.857
Boa imperator	3.571	0.25	3.571	0.000	3.571
TOTAL ORGANISMOS	**100**	**7**	**100**	**0.007**	**100**

En el caso de los reptiles, las especies con mayor presencia corresponden al toloc coronado *Laemanctus serratus* y el toloc rayado *Basiliscus vittatus* ya que juntos conforman aproximadamente el 43% del total, mientras que las 6 especies restantes conforman el 57% de las especies encontradas en el SAR.

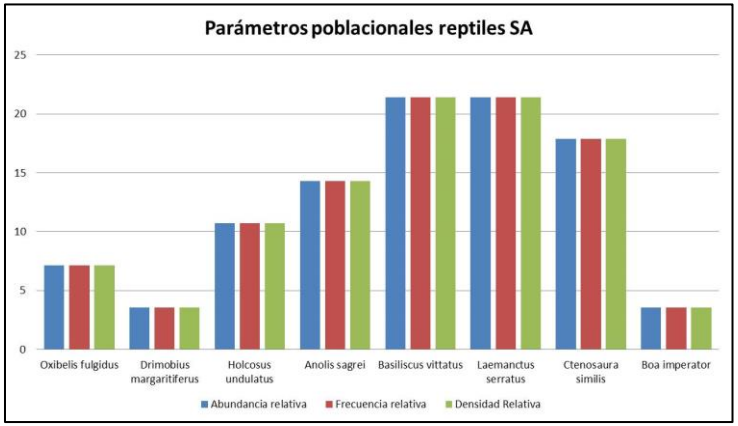


Figura 3. Relaciones poblacionales de los Reptiles en el SAR

En el caso de anfibios, su registro fue tan bajo que no es útil estimar parámetros poblacionales debido a la bajísima probabilidad de encuentro con estos organismos.

Biodiversidad de Aves en el Predio de la Parcela 1181-Z2-P1.

Tabla 12.Parámetros poblacionales calculados para aves registradas en el predio

Nombre científico	Abundancia relativa	Frecuencia Absoluta	Frecuencia relativa	Densidad Absoluta	Densidad Relativa
Patagioenas flavirostris	3.70	0.5	3.70	0.19	3.70
Zenaida asiatica	9.26	1.25	9.26	0.48	9.26
Cyanocorax yucatanicus	12.96	1.75	12.96	0.68	12.96
Psilorhinus morio	7.41	1	7.41	0.39	7.41
Icterus gularis	7.41	1	7.41	0.39	7.41
Amblycercus holosericeus	1.85	0.25	1.85	0.10	1.85
Icterus cucullatus	3.70	0.5	3.70	0.19	3.70
Quiscalus mexicanus	9.26	1.25	9.26	0.48	9.26
Mimus gilvus	5.56	0.75	5.56	0.29	5.56
Setophaga petechia	9.26	1.25	9.26	0.48	9.26
Eupsittula nana	12.96	1.75	12.96	0.68	12.96
Melanerpes pygmaeus	3.70	0.5	3.70	0.19	3.70
Vireo pallens	5.56	0.75	5.56	0.29	5.56
Saltator atricep	7.41	1	7.41	0.39	7.41
	100	**13.5**	**100**	**5.23**	**100**

De acuerdo con los parámetros poblacionales estimados en con las aves registradas en el predio, es evidente que la especie con mayor presencia en los parámetros medidos es la chara yucateca, seguido por las perico pecho sucio y posteriormente por la paloma alas blancas, el zanate y el chipe amarillo acaparando entre las 5 especies el 53.7% del espacio, quedando el restante 46.3% para las restantes 9 especies, lo cual se muestra de forma gráfica.

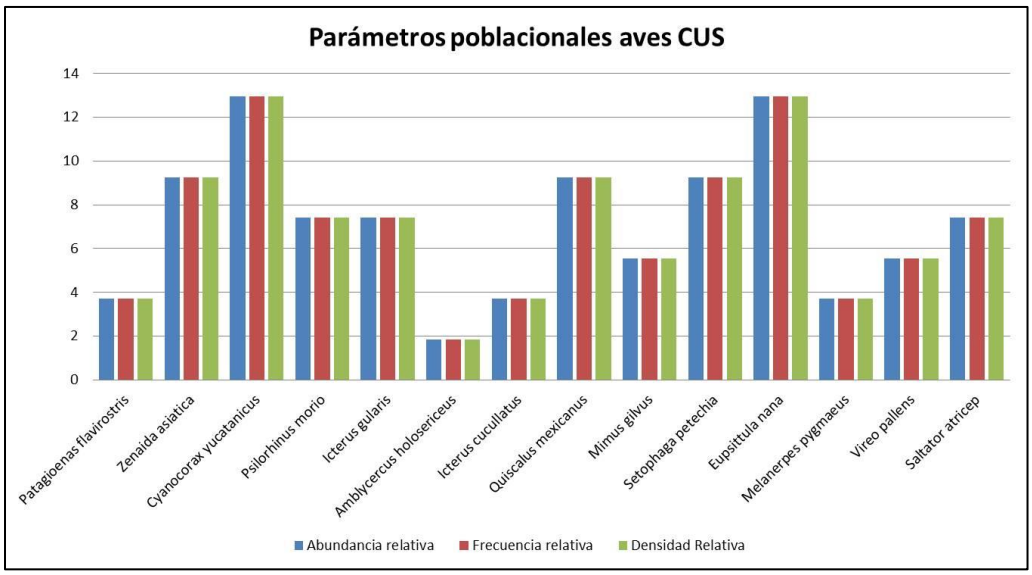


Figura 4. Relaciones poblacionales de las aves en el predio de la parcela.

Biodiversidad de Mamíferos en el Predio.

Tabla 13. Parámetros poblacionales calculados para Mamíferos registrados en el SAR

NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA RELATIVA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	DENSIDAD ABSOLUTA	DENSIDAD RELATIVA
Nasua narica	37.5	0.75	37.5	0.291	37.5
Sciurus yucatanensis	25.0	0.5	25	0.194	25
Dasyprocta punctata	25.0	0.5	25	0.194	25
Odocoileus virginianus	12.5	0.25	12.5	0.097	12.5
	100	2	100	0.775	100

La especie con mayor presencia entre los mamíferos en el predio es el Coatí de nariz blanca (Nasua narica), seguido por la ardilla yucateca (Sciurus yucatanensis), el sereque (Dasyprocta punctata) y finalmente el venado cola blanca (Odocoileus virginianus).

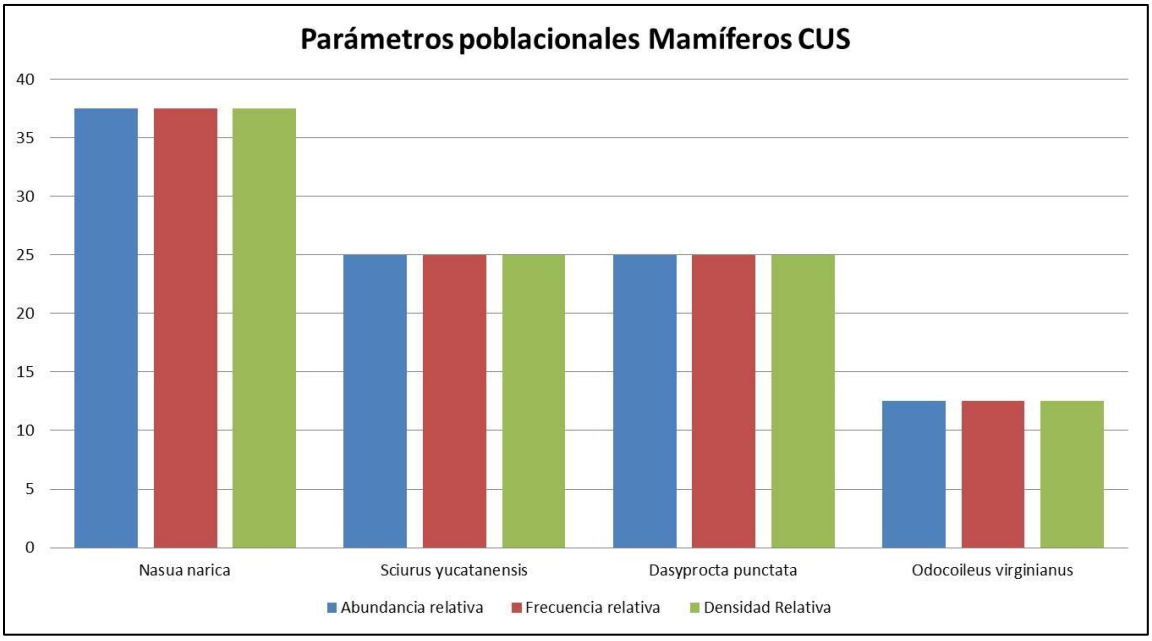


Figura 5. Relaciones poblacionales de los mamíferos en el predio de la parcela.

Biodiversidad de Reptiles en el Predio.

Tabla 14. Parámetros poblacionales calculados para Reptiles registrados en el SAR

NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA RELATIVA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	DENSIDAD ABSOLUTA	DENSIDAD RELATIVA
Anolis sagrei	33.33	0.75	33.33	0.291	33.33
Phrynonax poecilonotus	11.11	0.25	11.11	0.097	11.11
Kinosternon creaseri	11.11	0.25	11.11	0.097	11.11
Ctenosaura similis	44.44	1	44.44	0.388	44.44
TOTAL	100	2.25	100	0.872	100

En el caso de los reptiles en el predio, se localizaron cuatro especies, de cuatro familias de los cuales el más abundante fue la iguana rayada *Ctenosaura similis* con cuatro individuos, es probable que esta baja probabilidad de encuentro con los reptiles, se deba a la presencia de una alta cantidad de depredadores por la zona.

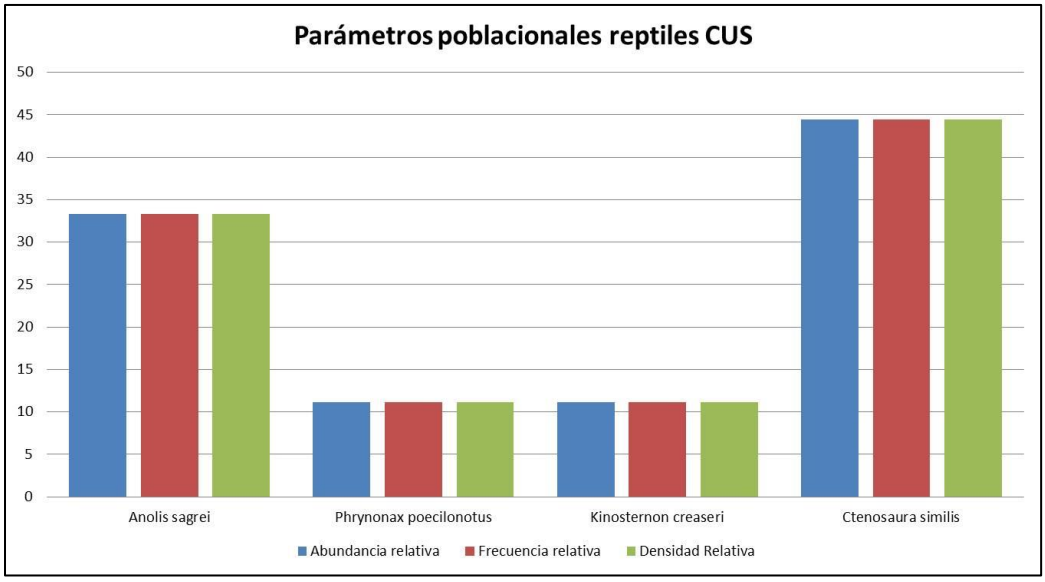


Figura 6. Relaciones poblacionales de los reptiles en el predio de la parcela.

El índice de Shannon, refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa y se interpreta que valores menores a 2 son ecosistemas con una diversidad de especies relativamente baja, mientras que los mayores a 3 son altos.

Un índice de homogeneidad asociado a esta medida de diversidad puede calcularse como el cociente H/Max=H/lnS, mientras que el Índice de Simpson es una medida de la diversidad que tiene en cuenta tanto la riqueza como la equitatividad y se interpreta como cuanto más se acerca el valor de D a 0, mayor es la diversidad del hábitat.

Como puede verse en la tabla siguiente, en todos los grupos excepto en las aves se encontró una diversidad media a baja, con una alta heterogeneidad, esto es de esperarse, debido al ecosistema de selva mediana en el cual se encuentra el predio y el SAR.

Tabla 15. Índices de heterogeneidad, diversidad y equitatividad en el predio y en el SAR.

INDICE	PREDIO			SAR			
	AVES	MAMIFEROS	REPTILES	AVES	MAMIFEROS	REPTILES	ANFIBIOS
H (Shannon)	2.53	1.321	1.215	3.075	1.796	1.912	1.090
D (índice de Simpson)	0.086	0.2813	0.3333	0.0539	0.2082	0.163	0.339
1-D (índice de diversidad de Simpson)	0.914	0.7188	0.6667	0.9461	0.7918	0.8367	0.6612
J´ (Pielou)	0.959	0.953	0.876	0.944	0.817	0.919	0.992

VI.1.2 Que no se provocará la erosión de los suelos

VI.1.2.1 Cálculo de erosión hídrica

La erosión es la remoción del suelo causada por la acción de los agentes físicos, como el agua o el viento, razón por la cual las capas superiores y más fértiles dan paso a las pedregosas y áridas.

Para determinar cuál es el grado de erosión existente en el área para el cual se solicita el CUSTF es preciso estimar en qué proporción ocurre, por lo tanto, se realiza el cálculo de la tasa de erosión en el presente estudio. En este caso se utilizó la fórmula universal de pérdida de suelo, la cual considera variables tales como pendiente, precipitación, cobertura de la vegetación y textura de suelo para estimar la tasa de erosión en un terreno determinado, expresado en m^3 o bien en toneladas.

La metodología es la siguiente:

$$\mathbf{Eh = IALLU \times CAERO \times CATEX \times CATOP \times CAUSO}$$

Dónde:

Eh= Erosión hídrica
IALLU: Índice de agresividad de la lluvia (variable dependiente de la precipitación media anual)
CAERO: Coeficiente de erodabilidad (variable dependiente del tipo de suelo)
CATEX: Calificación de textura y fase del suelo
CATOP: Calificación de la topografía (porcentaje de pendiente)
CAUSO: Calificación por uso del suelo (cobertura de vegetación)

El índice de agresividad de la lluvia por su parte (IALLU), se determina mediante la siguiente expresión:

$$\mathbf{IALLU = 1.1244 \times (PECRE) - 14.7875}$$

La variable PECRE se define como el número de días al año con disponibilidad de agua y temperatura favorable para el desarrollo de vegetación. Su estimación se hace con base a la expresión:

$$\mathbf{PECRE = 0.2408 \times (PREC) - 0.0000372 \times (PREC)^2 - 33.1019}$$

Dónde:
PREC = Precipitación media anual (mm)

La precipitación media anual es de 1,559.5 mm.
Determinación de la variable **PECRE**.

$$\mathbf{PECRE = 0.2408 \times (1{,}559.5) - 0.0000372 \times (1{,}559.5)^2 - 33.1019}$$
$$\mathbf{PECRE = 251.9538}$$

Para la variable **IALLU** el valor fue:

$$\mathbf{IALLU = 1.1244 \times (251.9538) - 14.7875}$$
$$\mathbf{IALLU = 268.5093}$$

Para el resto de las variables, los valores que les corresponden están en función de los siguientes parámetros, como se indica a continuación.

CAERO

Para esta variable existen los valores tabulados en la siguiente tabla considerando el tipo de suelo. Cabe señalar que para el área sujeta a cambio de uso de suelo fue observado un solo tipo de suelo, que es el Solonchak órtico, por lo que los resultados son los siguientes.

Tabla 16. Reclasificación de la edafología para el cálculo del coeficiente de erodabilidad.

CAERO	Unidades de suelo							
0.5	Af	An	Bf	Bh	Cg	Ch	Ck	Cl
	E	Fa	Fh	Fo	Fp	Fr	Fx	Gc
	Gh	Gm	Hc	Hg	Hh	Hl	Jc	Lf
	Nd	Nc	Nh	Od	Oe	Ox	Qa	Qc
	Qf	Q1	Rc	Th	Tm	U	Zm	
1	Ag	Ac	Bc	Bd	Be	Bg	Bk	Gd
	Ge	Gp	Jd	Je	Kh	Kk	Kl	Lc
	Lg	Lk	Lo	Ma	Hg	Ph	Pl	Rd
	Re	Sm	To	Tv	Wh	Wm	Zg	Zo
2	Ao	Ap	Bv	Bx	Dd	De	Dg	Gx
	I	Jt	La	Lp	Lv	Pf	Pg	Po
	Pp	Rx	Sg	Vc	Vp	Wd	We	Ws
	Wx	Xh	Xk	X1	Xy	Yh	Yk	Y1

El valor del CAERO para el suelo Leptosol o litosol (I) es de 2.0

CATEX:

El valor de esta variable está dado por el tipo de textura y fase de los suelos, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 17. Textura y fase del suelo para el cálculo de la variable CATEX.

CATEX	Textura y Fase
0.2	Gruesa
0.3	Media
0.1	Fina
0.5	Fase pedregosa o gravosa

Para el suelo leptosol, se observa una textura gruesa que tiene un valor **CATEX** de **0.1.**

CATOP:
Esta variable está influenciada por la pendiente, el valor que asume, es el que se muestra a continuación.

Tabla 18. Valores de la pendiente para el cálculo de la variable catop.

CATOP	CLASE DE PENDIENTE	RANGO (%)
0.35	A	0 – 8
3.5	B	8 – 30
11	C	Mayor del 30

Debido a que la pendiente de toda el área propuesta para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (leptosol) es en promedio de 4.5%, el valor de **CATOP** es de **0.35** ya que dicha pendiente está ubicada entre el rango 0–8%.

CAUSO:

Esta variable queda determinada a partir del uso de suelo y vegetación en el sitio.

Tabla 19. Valores causo a partir de los usos del suelo.

Uso de suelo y vegetación	CAUSO
Agricultura de riego	0.8
Agricultura de temporal	0.8
Asentamientos humanos	0
Bosque de encino	0.1
Bosque de encino secundario	0.11
Bosque de encino-pino	0.1
Bosque de galería	0.05
Bosque de pino-encino	0.1
Bosque de pino-encino secundario	0.11
Chaparral	0.11
Cuerpo de agua	0

Matorral desértico micrófilo	0.15
Matorral desértico rosetófilo	0.15
Mezquital	0.15
Pastizal halófilo	0.12
Pastizal inducido	0.12
Pastizal natural	0.12
Sin vegetación aparente	0.4
Vegetación de galería	0.1
Vegetación halófila	0.12
Zona urbana	0

La formación vegetal presente en el área del proyecto es vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, cuya fisonomía es similar al "bosque de encino secundario" presente en la tabla del CAUSO, cuyo valor es de 0.11.
Asimismo, cabe mencionar que para el escenario que tiene contemplada la implementación del proyecto, se considera que el CAUSO es "sin vegetación aparente", el cual alcanza un valor de 0.4.

Tomando los datos anteriores, se procedió a determinar la erosión hídrica por tipo de suelo en el área propuesta para el cambio de uso de suelo.

CALCULO EROSIÓN HÍDRICA EN SUELO SOLONCHAK ÓRTICO EN EL CUSTF

La totalidad del área propuesta para el cambio de uso de suelo alcanza los **205,350.81 m²,** o sea **20.5351 ha**.
A continuación, se presentan los cálculos correspondientes para dicho tipo de vegetación:
Cálculo de la erosión sin proyecto en el área.
Eh = 268.9053 x 2.0 x 0.1 x 0.35 x 0.11 = 2.0675
Eh (total) = 2.0675 x 20.5351 = 42.4567 m³ x 1.435 = 60.9254 ton en 20.5351 ha
Peso volumétrico del suelo (1.435 ton/m^3)

Cálculo de la erosión con proyecto en el área:
Eh = 268.9053 x 2.0 x 0.1 x 0.35 x 0.4 = 7.5183 m^3/ha
Eh (total) = 7.5183 x 20.5351 = 154.3881 m³ x 1.435 = 221.5469 ton en 205351 ha.

Peso volumétrico del suelo (1.435 ton/m^3)

Tabla 20. Estimación de la erosión con suelo solonchak.

Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia, Leptosol		
Variable	Estimación sin proyecto	Estimación con proyecto
	Valor	Valor
PECRE	251.9538	251.9538
IALLU	268.5093	268.5093
CAERO	2	2
CATEX	0.1	0.1

CATOP	0.35	0.35
CAUSO	0.11	0.4
Tasa de erosión m^3/ha	2.0675	7.5183
Erosión Total del predio en m^3 (20.5351 ha)	42.4567	154.3881

En la siguiente tabla se presenta el resumen de la estimación de la erosión por tipo de vegetación antes del proyecto y también después del mismo, en el área propuesta para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF).

Incremento de la erosión hídrica = 221.5469 – 60.9254 = 160.6215

Tabla 21. Comparación de la erosión hídrica antes y después del CUSTF.

Polígono	Antes del CUSTF		Después del CUSTF		Diferencia a mitigar (toneladas)
	Tasa de Erosión/Ha (toneladas)	Erosión Total (toneladas)	Tasa de Erosión/Ha (toneladas)	Erosión Total (toneladas)	
Erosión total del predio (20.5351 ha)	2.9669	60.9254	10.7887	221.5469	160.6215
		60.9254		**221.5469**	**160.6215**

Al realizar el comparativo entre la tasa erosiva total antes del CUSTF, tenemos una diferencia de **160.6215 toneladas** en 20.5351 ha. Esta cantidad refleja lo que deberá mitigarse o compensarse con la propuesta de medidas de conservación al componente suelo, para así dar atención al precepto de excepción del artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable que señala que el proyecto no genera erosión del suelo. Este apartado se desarrolla a continuación:

VI.1.2.2 Estimación del potencial de captura de suelo en las obras propuestas

Los tipos de obras a construir como medidas de mitigación por el desarrollo del CUSTF se tomaron en base a las características del terreno: clima, topografía, suelo, etc., así como la disponibilidad de material en el terreno para su elaboración.
Para definir de la cantidad de obras a construir, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- Su capacidad de retención de sedimentos
- La cantidad de suelo que debe mitigarse son **160.6215 toneladas**, de acuerdo con las estimaciones presentadas en el apartado anterior.
- El Colegio de Posgraduados por ejemplo, señala que para calcular la capacidad de retención de suelo (m^3 o ton) de las obras es mediante la determinación del volumen de los sedimentos retenidos aguas arriba a través de la cubicación de estos según su geometría. El

resultado se expresa primero en volumen y luego de acuerdo con el peso específico de los sedimentos, se calcula el peso expresado en toneladas (CONAFOR-CP-SEMARNAT, 2008).

A continuación, se desarrollan los cálculos que indican la capacidad de retención de sedimentos de dos obras propuestas como medida de mitigación del proyecto en cuestión.

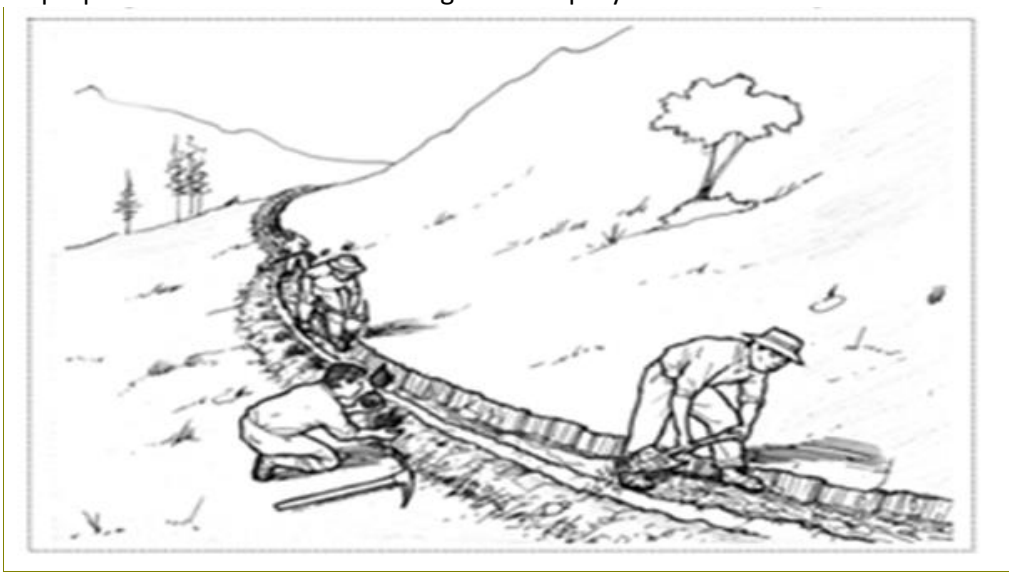


Figura 7. Ejemplo de obra de conservación de suelo.

Se definió que los sedimentos retenidos pendiente arriba de las obras de conservación de suelo tienden a formar un prisma rectangular en el área de la zanja que se excava. De acuerdo con las siguientes fórmulas:

Con esta forma geométrica, se procede a determinar el volumen de la zanja con la siguiente expresión:

$$V = a * b * l$$

Dónde:
V = volumen del cuerpo prismático rectangular
a = ancho de la obra de conservación
b = profundidad de la obra de conservación
l = largo de la obra

En el caso del tipo de vegetación presente en el área de estudio, al sustituir los valores en la ecuación de cada prisma rectangular, tenemos que:
V = 0.40 * 0.40 * 355
V= 56.80 m³
V = volumen del cuerpo prismático rectangular
a = ancho de la obra de conservación = 0.40 m
b = profundidad de la obra de conservación = 0.40
l = largo de la obra = 355 m

Determinado el volumen del cuerpo prismático rectangular que se formaría, se procedió a estimar la cantidad de suelo retenido en toneladas, utilizando el peso volumétrico del suelo con la siguiente expresión:

$$SR = V \times Pv$$

Dónde:
SR = suelo retenido
V = volumen del prisma rectangular (m^3)
Pv = Peso volumétrico del suelo (1.435 ton/m^3)
Al sustituir los valores, se tiene que la cantidad de suelo del tipo leptosol retenido por el sistema zanja-bordo es de:
SR = 56.80 X 1.435 = 81.5080 ton
Número de obras propuestas**: DOS Sistemas de Zanja bordo**, las cuales tienen el potencial de retener **163.0160** toneladas de suelo leptosol en 20.5351 ha.

Por otro lado, el incremento o diferencia en toneladas de la erosión total del suelo que deberá mitigarse con las obras de conservación de suelos es de **160.6215 ton**, para lo cual se propone construir de manera temporal (al menos durante el tiempo que dure la etapa de construcción) dos obras de restauración del tipo conocido como sistema zanja bordo con 355 m de longitud cada una, segmentada en 18 tramos de 20 m de largo cada obra, y separados por pequeños diques (sin excavar) de 1m de longitud; de tal manera que en forma conjunta nos ayudará a retener dicha pérdida de suelo durante al menos el periodo de tiempo en que la superficie del mismo se encontrará expuesto. El potencial total de retención de los dos sistemas de zanja bordo que se proponen construir es de **163.0160 toneladas**, cantidad que supera por **2.3945 toneladas**, al peso de los sedimentos que se estima deberán mitigarse con la eventual ejecución del CUSTF.

Tabla 22. Estimación del potencial de potencial de infiltración de las obras de conservación de suelo propuesta

Diferencia de la erosión a mitigar (toneladas)	160.6215
Retención de las obras de restauración (toneladas)	163.0160
Excedente de retención de las obras de restauración (toneladas)	2.3945

Para el cálculo de la infiltración con las obras de conservación de suelo se manejaron parámetros del potencial de infiltración para el sistema de zanja bordo publicadas en el estudio **"Evaluación externa de los apoyos de restauración de suelos 2007"** de la CONAFOR, donde el sistema de zanja bordo infiltra el 49.16% de la precipitación en clima húmedo.

Tipo de obra	2007			Años anteriores (2004-2006)			General		
	Ppt. (mm)	Infil. (mm)	Ppt. infiltrada (%)	Ppt. (mm)	Infil. (mm)	Ppt. infiltrada (%)	Ppt. (mm)	Infil. (mm)	Ppt. infiltrada (%)
Clima húmedo	**840.60**	**345.41**	**37.26**	**982.87**	**485.14**	**49.10**	**888.02**	**391.99**	**41.21**
Acomodo de material vegetativo muerto	----	----	----	903.73	415.09	45.93	903.73	415.09	45.93
Barreras de piedra en curvas a nivel	717.35	233.85	32.60	----	----	----	717.35	233.85	32.60
Roturación	368.27	94.95	25.78	----	----	----	368.27	94.95	25.78
Sistema de zanja bordo	1410.53	693.44	49.16	----	----	----	1410.53	693.44	49.16
Terrazas individuales	866.25	359.40	41.49	1062.02	555.19	52.28	964.13	457.29	46.88
Clima seco	**354.89**	**121.15**	**32.04**	**438.45**	**161.56**	**34.88**	**382.74**	**134.62**	**32.99**
Barreras de piedra en curvas a nivel	559.25	218.40	35.70	439.53	156.23	33.20	469.46	171.77	33.83
Bordos en curvas a nivel	280.96	109.97	35.01	491.09	274.82	55.93	310.98	133.52	38.00
Roturación	299.84	40.67	11.57	----	----	----	299.84	40.67	11.57
Sistema de zanja bordo	376.84	126.21	31.59	----	----	----	376.84	126.21	31.59
Terrazas de formación sucesiva	344.29	112.61	34.45	367.16	92.67	25.24	348.86	108.62	32.61
Terrazas individuales	410.53	140.50	33.40	387.77	131.56	31.78	402.95	137.52	32.86
Zanjas trincheras (tinas ciegas)	463.95	151.42	32.64	470.90	160.44	32.89	469.74	158.93	32.85
Clima templado	**606.09**	**221.86**	**36.43**	**611.61**	**243.70**	**39.28**	**608.41**	**231.06**	**37.63**
Acomodo de material vegetativo muerto	648.16	225.45	34.78	----	----	----	648.16	225.45	34.78
Barreras de piedra en curvas a nivel	534.30	114.29	18.60	332.86	144.38	43.16	433.58	129.34	30.88
Sistema de zanja bordo	625.01	229.25	37.67	808.29	283.71	35.31	703.56	252.59	36.66
Terrazas individuales	622.56	260.06	41.76	607.33	253.16	38.74	616.70	257.40	40.60
Zanjas trincheras (tinas ciegas)	590.95	204.22	34.96	609.74	248.91	40.42	599.62	224.85	37.48
General	**475.36**	**171.36**	**33.93**	**545.65**	**216.04**	**37.63**	**501.18**	**187.77**	**35.29**

Figura 8. Porcentaje de la precipitación infiltrada por tipo de obra y clima para obras en ladera (2007 y años anteriores). Fuente: colegio de postgraduados. Evaluación externa de los apoyos de suelos forestales 2007.

Para realizar el cálculo de las obras de conservación de suelos, tenemos con que cada uno de los dos sistemas de zanja bordo que se proponen, tienen las siguientes dimensiones: 355 m de largo por 0.4 m de ancho y 0.4 m de profundidad con forma de un prisma rectangular.

Tabla 23. Resumen del potencial de infiltración de las obras de conservación de suelo.

Obra de Restauración	CONAFOR	PROYECTO	
	Precipitación infiltrada (%)	Precipitación (mm)	Potencial de infiltración de DOS obras de conservación de suelo (m^3)
Sistema Zanja bordo	49.16	1,559.50	157,432.24

Esto significa que con una precipitación media de 1,559.50 mm anuales (1.5595 m) y una superficie de total de 205,350.81 m^2 (20.5351 ha) que corresponde al área propuesta para el cambio de uso del suelo; con la construcción de DOS sistemas de zanja bordo de las dimensiones ya mencionadas, en el área del proyecto se tiene una precipitación anual de 320,244.59 m^3, si bien con las obras propuestas y de acuerdo con la información proporcionada por CONAFOR, en climas húmedos, se tiene la capacidad de retener el 49.16% de la precipitación anual que se presenta en el área del CUSTF. Por lo tanto, el potencial de infiltración total alcanza un volumen de **157,432.24 m^3.**

Cálculo de la erosión eólica

De acuerdo con Wilson (1984), citado por Becerra, M. A. (2005) la erosión eólica es "el proceso por el cual el viento recoge y trasporta el material del suelo, y las partículas por él llevadas desgastan la superficie del terreno". Así mismo, Becerra, M. A. (2005) señala que el viento causará erosión sólo si el suelo ya está "suelto" o si lleva partículas en suspensión, pero difícilmente lo hará sin estas condiciones.

Dicho autor indica que este proceso erosivo ha sido grave en la mayoría de los casos después de que el hombre, los animales, los insectos o las enfermedades han agotado o suprimido la vegetación. Sin dejar de mencionar que, en algunos casos la falta de vegetación se debe a causas naturales, básicamente relacionadas con el clima.

En este sentido, el ITESM et al (1998), indica que la erosión eólica se presenta de manera predominante en las zonas áridas y semiáridas, si bien claramente se verifica en menor proporción en aquellas regiones con vegetación arbórea densa durante la estación seca.

Dichos autores indican que este tipo de erosión afecta al 43% de la superficie de México con niveles severos, es decir, una velocidad de erosión de 50 a 200 toneladas por hectárea por año; al 33% con niveles moderados (10 a 50 ton/ha/año); y al 17.6% de la superficie total del país, con niveles muy severos, con velocidades de pérdida de suelo superiores a las 200 toneladas por hectárea por año.

La metodología empleada para determinar la cantidad de suelo que se erosionará durante las actividades de Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales fue la siguiente:

Ee = IAVIE * CATEX * CAUSO

Donde:
Ee es la Erosión eólica (ton/ha/año)
IAVIE es el Índice de Agresividad del Viento
CATEX es el Índice de Textura Edáfica y Fase Física
CAUSO es el Índice por Efecto del Uso del Suelo

El procedimiento asigna a cada punto del territorio o zona de evaluación un valor de susceptibilidad a la erosión en función de la clase textural o fase física del suelo (CATEX) y un valor dependiendo del tipo de vegetación y/o uso del suelo (CAUSO).

DETERMINACIÓN DEL VALOR(ES) DE CATEX

Tabla 24. Textura y fase del suelo para el cálculo de la variable CATEX.

CATEX	TEXTURA Y FASE
0.5	Fase pedregosa o gravosa
0.2	Gruesa
0.3	Media
0.1	Fina

Para obtener la calificación de CATEX, se revisó en la carta de INEGI el tipo de suelo en la superficie propuesta para el cambio de uso del suelo, la cual corresponde a 20.5351 ha de superficie cubierta con suelo leptosol con textura fina, por lo tanto, el valor **CATEX es de 0.1**.

DETERMINACIÓN DEL VALOR(ES) DE CAUSO

Estos valores corresponden al uso de suelo y vegetación y se obtuvieron a partir de la siguiente tabla:

Tabla 25. Valores generales del causo a partir de los usos del suelo.

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	PERMEABILIDAD DEL SUELO		
	A	B	C
Bosque de pino. Bosque mixto de pino. Bosque de oyamel. Bosque De táscate. Bosque mesófilo de montaña. Selva mediana subperennifolia. Selva baja caducifolia. Bosque de encino. Bosque de galería.	0.07	0.2	0.24
Bosque de pino perturbado. Bosque mixto de pino-encino perturbado. Bosque de oyamel perturbado. Bosque de galería perturbado. Bosque de táscate perturbado. Bosque mesófilo de montaña perturbado. Selva mediana subperennifolia perturbado. Bosque de encino perturbado.	0.12	0.2	0.26
Vegetación secundaria. Matorrales y vegetación arbustiva de porte bajo	0.22	0.3	0.3
Pastizal	0.2	0.2	0.3
Agricultura	0.24	0.3	0.3
Asentamientos humanos	0.28	0.3	0.32
Cuerpo de agua	0	0	0
Vialidades	0.27	0.3	0.33
Banco de materiales	0.26	0.3	0.23
Sin vegetación aparente	0.4	0.4	0.4

Para la Calificación del Uso de Suelo (CAUSO), nos basamos en los resultados del muestreo de vegetación, así como en la clasificación de vegetación del INEGI serie VI. De esta forma, conociendo la permeabilidad del suelo podemos obtener el valor de dicha variable.

Tabla 26. Descripción del parámetro K.

Permeabilidad K	DESCRIPCIÓN
A	Suelos permeables tales como arenas profundas y loes poco compactos
B	Suelos medianamente permeables tales como arena de mediana profundidad son algo más compactos que los correspondientes a los suelos en terrenos migajosos
C	Suelos casi impermeables tales como arenas o loes muy delgados sobre una capa impermeable o bien arcillas

El valor de **CAUSO es 0.26** antes del proyecto, debido a que la permeabilidad del suelo puede considerarse como C (suelos casi impermeables) y el área correspondiente se encuentra cubierta por vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, por lo tanto, su fisonomía corresponde a la "Selva mediana subperennifolia perturbada".

Con la implementación del proyecto, el valor de **CAUSO es de 0.4** debido que su permeabilidad es del tipo B y el área puede ser considerada "Sin vegetación aparente".

CÁLCULO DE ÍNDICE DE AGRESIVIDAD DEL VIENTO (IAVIE)

Con un valor PECRE de 251.9538, el cual fue calculado en el apartado de la erosión hídrica, se procedió a determinar el Índice de Agresividad del Viento (IAVIE), mediante la siguiente fórmula:

IAVIE = 160.8252 - 0.7660 (PECRE)
Sustituyendo:

IAVIE = 160.8252 - 0.7660 (251.9538)
IAVIE = -32.1714

VI.2.4 RESULTADOS DE LA EROSIÓN EÓLICA ACTUAL EN EL ÁREA DE CUSTF

Para calcular el valor de la erosión eólica se utilizaron los valores de CAUSO, CATEX y de IAVIE obtenidos en los apartados anteriores.

Los resultados se presentan a continuación:
Sin proyecto.
Ee = -32.1714*0.1*0.26 = -0.8365 ton/ha
Ee = -0.8365*20.5351 = -17.1767 ton/20.5351 ha

Con proyecto.

Ee = -32.1714*0.1*0.4 = -1.2869 ton/ha
Ee = -1.2869*20.5351 = -26.4257 ton/20.5351 ha

El área propuesta para el CUSTF actualmente (sin proyecto) presenta una erosión eólica de -0.8365 ton/ha; los cuales pueden considerarse "sin erosión" debido a que presentan un valor negativo, esto quiere decir que no existe erosión. Si bien aún con proyecto la erosión eólica es de -1.2869 ton/ha, también se consideran "sin erosión" debido al valor negativo.

Tabla 27. Erosión eólica con y sin proyecto.

Erosión eólica sin proyecto		E. eólica total	Diferencia a mitigar
-0.8365	ton/ha/año	-17.1767	
Erosión eólica con proyecto		E. eólica total	-9.2490
-1.2869	ton/ha/año	-26.4257	

En la tabla anterior se puede observar que la erosión eólica total sin proyecto en las 20.5351 ha. es de -17.1767 ton y con proyecto en la misma superficie alcanza un total de –26.4257 ton. Por lo tanto, la diferencia a mitigar es de -9.2490 ton. en las 20.5351 ha. del CUSTF, es decir, NO existe erosión eólica en el área del proyecto.

Si regresamos a la erosión hídrica, recordaremos que tenemos un excedente de mitigación de erosión de **2.3945 toneladas**, por lo tanto, se mantiene este excedente ya que NO se pierde suelo debido a que la erosión eólica prácticamente no se presenta en el área del CUSTF. A continuación, se presenta la tabla donde se muestra la erosión hídrica y eólica en conjunto.

Tabla 28. Erosión hídrica, eólica, mitigación y residual.

Erosión		Erosión Sin Proyecto (Ton.)	Erosión con Proyecto (Ton.)	Diferencia a mitigar (Ton.)	Diferencia total a mitigar (Ton.)	Aplicación de obras de mitigación (ton)	Residual (ton)
Hídrica	Erosión /Ha/Año	2.9669	10.7887	7.8218	**160.6215**	**163.0160**	**2.3945**
	Erosión /CUSTF/ Año	60.9254	221.5469	**160.6215**			
Eólica	Erosión /Ha/Año	-0.8365	-1.2869	-0.4504			
	Erosión /CUSTF/ Año	-17.1767	-26.4257	**-9.2490**			

Al mitigar las dos erosiones (hídrica y eólica) con dos obras de conservación de suelo y agua que retienen **163.0160 toneladas** de capacidad (sistema zanja bordo), nos queda un residual positivo de mitigación de **2.3945 toneladas**, debido a que se requiere mitigar **160.6215 toneladas** que corresponden completamente a la erosión hídrica. Por lo tanto, este proyecto es factible ya que cumple lo establecido en el artículo 93 de la LGDFS, es decir, que no se compromete la erosión de los suelos.
De manera complementaria, es necesario realizar una serie de prácticas para la conservación de los suelos durante la etapa constructiva.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y PREVENCIÓN PARA LA PÉRDIDA DE SUELO

1. Remover la capa vegetal paulatinamente conforme se vaya avanzando en la construcción de la obra, a fin de evitar que áreas que aún no serán construidas queden expuestas a los factores climáticos como las lluvias y el viento, entre otros.

2. El suelo fértil despalmado y los residuos de la capa forestal triturados serán mezclados y usados posteriormente en las áreas verdes o para enriquecer las propiedades de la capa superficial de suelo, favoreciendo con esto el establecimiento de la reforestación y la regeneración natural.

3. Durante la etapa de construcción del proyecto, se llevará a cabo un programa de monitoreo para verificar que los vehículos circulen a bajas velocidades y así minimizar la generación de polvos; con lo cual se evita la aparición de la erosión eólica.

VI.1.3 Que no se provocará el deterioro de la cantidad del agua o la disminución en su captación

VI.1.3.1 Cálculo del balance hídrico

El concepto de balance en hidrología, hace referencia al equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan al sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado y para el cual existen una gran variedad de fórmulas aplicables a diferentes escenarios. El estudio del balance hídrico es complejo ya que las variables generalmente utilizadas para tal calculo no son independientes unas de otras.

Jiménez (1994) citado por Aguilar (2010), menciona que el balance hídrico es una representación teórica del intercambio de agua entre la vegetación, el suelo y la atmósfera dentro del cual intervienen gran cantidad de variables aplicables a toda clase de escenarios. El balance hídrico da como resultado la cantidad de agua disponible luego de restar lo referente a la intercepción, evapotranspiración, escurrimiento superficial, infiltración y recarga subterránea.

La evaluación de los recursos hídricos de una cuenca requiere de una estimación correcta del balance hidrológico, es decir, comprender el ciclo en sus diferentes fases, a partir de la forma en que el agua que se recibe por precipitación, se reparte entre el proceso de evapotranspiración, escorrentía e infiltración. De acuerdo con Sánchez San Román (2001) citado por Aparicio et ál., (2006) iii, se denomina Ciclo Hidrológico al movimiento general del agua, ascendente por evaporación y descendente primero por precipitación y después en forma de escorrentía superficial y subterránea.

La fórmula general que se utiliza en el balance hidrológico es la siguiente:

PRECIPITACIÓN – EVAPOTRANSPIRACIÓN = ESCORRENTÍA SUPERFICIAL + INFILTRACIÓN

La metodología utilizada para calcular el balance hídrico del área sujeta a cambio de uso de suelo en terrenos forestales, se basó en la metodología antes mencionada. Para el cálculo del balance hídrico se tomó la ecuación citada por Pladeyra, (2003), la estimación de la precipitación, evapotranspiración real y escurrimiento se siguió la metodología mencionada por Aparicio et al., (2006).

PRECIPITACIÓN

Para determinar la variable de precipitación se tomó como referencia la precipitación media anual con el fin obtener el volumen total de lluvia caída en un año, a partir de las estaciones meteorológicas cercanas al proyecto.

EVAPOTRANSPIRACIÓN

La evapotranspiración es la conjunción de dos procesos: la evaporación y la transpiración. La transpiración es el fenómeno biológico por el que las plantas transfieren agua a la atmósfera, toman agua del suelo a través de sus raíces, una pequeña parte es para su nutrición y el resto lo transpiran. Como es difícil medir ambos procesos por separado, y además en la mayor parte de los casos lo que interesa es la cantidad total de agua que se pierde a la atmósfera, se calculan conjuntamente bajo el concepto mixto de evapotranspiración. Existen numerosas fórmulas, teóricas o semiempíricas, y procedimientos de cálculo para estimar la evapotranspiración considerando parámetros climatológicos, agrícolas e hidrológicos.

Para la estimación de la evapotranspiración se requieren los datos de precipitación y temperatura; los datos fueron obtenidos mediante el promedio de estaciones meteorológicas cercanas al área del proyecto. Para el cálculo de la evapotranspiración, se utilizó la fórmula de Coutagne:

$$\mathbf{ETR = P - XP^2}$$

Donde
ETR = Evapotranspiración real, m/año
P = Precipitación media anual, m/año
t = Temperatura media anual en °C

ESCURRIMIENTO

El volumen medio anual de escurrimiento natural se determina indirectamente, mediante la siguiente expresión, con los datos aplicables al área de CUSTF:

$$\textit{volumen anual de escurrimiento} = \textit{precipitacion anual de la cuenca} \times \textit{area de la cuenca} \times \textit{coeficiente de escurrimiento}$$

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

En función del tipo y uso de suelo y del volumen de precipitación anual de la cuenca en estudio, se clasifican los suelos del área sujeta a cambio de uso de suelo en terrenos forestales, en tres diferentes tipos: A (suelos permeables); B (suelos medianamente permeables); y C (suelos casi impermeables), y al tomar en cuenta el uso actual del suelo, se obtiene el valor del parámetro K, de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 29. Desglose de los coeficientes de escurrimiento.

Uso de Suelo	Tipo de suelo		
	A	B	C
Barbecho, arenas incultas y desnudas	0.26	0.28	0.3
Cultivos:			
En hilera	0.24	0.27	0.3
Legumbres o rotación de pradera	0.24	0.27	0.3
Granos pequeños	0.24	0.27	0.3
Pastizal:			
% del suelo cubierto o pastoreo			
Mas del 75% -poco-	0.14	0.2	0.28
Del 50% al 75% - regular-	0.2	0.24	0.3
Menos del 50% -excesivo-	0.24	0.28	0.3
Bosque:			
Cubierto más del 75%	0.07	0.16	0.24
Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
Cubierto del 25% al 50%	0.17	0.26	0.28
Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.3
Zonas urbanas	0.26	0.29	0.32
Caminos	0.27	0.3	0.33
Pradera permanente	0.18	0.24	0.3
A Suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos			
B Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad, loess algo más compactos que los correspondientes a los suelos **A**; terrenos migajosos			
C Suelos impermeables, tales como arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcilla			

Una vez obtenido el valor de K, el coeficiente de escurrimiento anual (Ce), se calcula mediante alguna de las fórmulas siguientes:
Si **K** resulta menor o igual que 0.15:

$$Ce = \frac{K\,(P - 250)}{2000}$$

Si **K** es mayor o igual que 0.15:

$$Ce = \frac{K\,(P - 250)}{2000 + \left(\frac{K - 0.15}{1.5}\right)}$$

VOLUMEN PRECIPITADO EN LA SUPERFICIE DEL CUSTF

El cálculo del volumen de precipitación (m^3) se determina por medio de:

Vp = P*SCUSTF

Dónde:
Vp= Volumen precipitado en la superficie del CUSTF
P= Precipitación en m^3/año = 1.5595 m /año
SCUSTF = Superficie de Cambio de Uso del Suelo

SCUSTF total= 20.5351 ha = 205,350.81 m^2
Vp total = 1.5595 * 205,350.81 = 320,244.59 m^3

EVAPOTRANSPIRACIÓN

De acuerdo con los datos de precipitación y temperatura promediados de las estaciones meteorológicas consideradas, se procedió como primer paso a estimar el valor de la ETR de acuerdo con la fórmula de Coutagne:

ETR=P-XP²

Dónde:

ETR= Evapotranspiración
P= Precipitación en m/año
X= 1/(0.8+0.14t), donde t= temperatura media anual de las estaciones climatológicas.
Temperatura en el área de CUSTF = 25.20°C

$$X = \frac{1}{0.8 + 0.14t}$$

X= 1 / (0.8 + (0.14*25.20))
X= 0.2311
ETR = 1.5595 – (0.2311*1.5595²) =
ETR = 1.5595 – (0.2311*2.4320) =
ETR = 1.5595 – 0.5619 = **0.9976**

El volumen de ETR por tipo de vegetación es:
VOL (ETR) = 320,244.59 * 0.9976 = 319,465.86 m^3

Coeficiente de escurrimiento (Ce)

Sin proyecto.
En suelo leptosol (textura fina, C) se determinó el valor de K= 0.26 de acuerdo con las condiciones actuales de cobertura de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia sin proyecto (vegetación cubierta del 50 al 75%).

Coeficiente de escurrimiento sin proyecto.
Ce = (0.26*(1,559.5-250)) / (2000 + ((0.26-0.15)/1.5)
Ce = (0.26*1,309.50) / (2000 + 0.07)
Ce = 340.47 / 2000.07 = 0.1702

Con proyecto.
En suelo leptosol (textura fina, C) el valor de K = 0.30 de acuerdo con las condiciones de cobertura con proyecto (barbecho, arenas incultas y desnudas).

Coeficiente de escurrimiento con proyecto.
Ce = (0.30*(1,559.5-250)) / ((2000 + ((0.30-0.15) /1.5)
Ce = ((0.30*1,309.5) / (2000 + 0.10)
Ce = 392.85 / 2000.10 = 0.1964

Mitigación
Para el cálculo del coeficiente de escurrimiento en suelo leptosol (textura fina, C) se determinó el valor de K= 0.24 de acuerdo con las condiciones de cobertura para la mitigación (cubierta vegetal con más del 75%).

El coeficiente de escurrimiento con mitigación.
Ce = (0.24*(1,559.5-250)) / ((2000 +((0.24-0.15) / 1.5)
Ce = (0.24*1,309.5) / (2000 + 0.06)
Ce = 314.28 / 2000.06 = 0.1571

CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO PARA EL SUELO LEPTOSOL

En el área del CUSTF tenemos los siguientes datos del balance hídrico que nos permite obtener el resultado del volumen de agua que se infiltra en las condiciones actuales (sin proyecto), considerando un valor del parámetro K= 0.26 para suelo leptosol, con una cobertura de copa del 50 al 75% con vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia. De esta forma, el volumen total precipitado en el área del CUSTF alcanza los **320,244.59 m³** al año, de los cuales un **99.76%** es el volumen de evapotranspiración, permitiendo que escurra el **17.02%** del agua precipitada, en tanto que el **-16.78%** es la totalidad del volumen que se infiltra al subsuelo, es decir, NO se verifica infiltración al subsuelo debido a las altas precipitaciones que se verifican en esta área, así como a la elevada evapotranspiración. Tal como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 30. Resumen del balance hídrico sin proyecto (actual) en el área sujeta al CUSTF.

Balance hídrico	m³/año	%
Volumen precipitado	320,244.59	100.00%

Volumen EVT	319,465.86	99.76%
Escurrimiento	54,514.84	17.02%
Infiltración	**-53,736.11**	-16.78%

VI.1.3.1.1 Cálculo de la infiltración una vez ejecutado el CUSTF (con proyecto)

Para realizar la estimación del volumen de agua que se dejaría de infiltrar con el escenario de haber realizado el CUSTF, se utilizó la misma metodología y los mismos parámetros, con excepción del valor de K en el proceso de obtención del escurrimiento, el cual ahora fue de **0.30** para suelo leptosol en condiciones de "barbecho, arenas incultas y desnudas". De acuerdo con lo anterior, los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Tabla 31. Resumen del balance hídrico después de realizar el CUSTF.

Balance hídrico	m^3/año	%
Volumen precipitado	320,244.59	100.00%
Volumen EVT	319,465.86	99.76%
Escurrimiento	62,900.90	19.64%
Infiltración	**-62,122.17**	-19.40%

Bajo el escenario de haber realizado el CUSTF se tiene que el volumen de escurrimiento tiende a aumentar como consecuencia de la eliminación de la vegetación, de esta forma, el volumen total precipitado alcanza los **320,244.59 m^3** al año, de los cuales el **99.76%** es el volumen de evapotranspiración, permitiendo entonces que en total escurra el 19.64% del agua precipitada y pueda infiltrarse al subsuelo el -19.40**%** del volumen total precipitado, es decir, NO se verifica ninguna infiltración debido a las altas precipitaciones y la elevada evapotranspiración que prevalecen durante todo el año en el área del proyecto.

CÁLCULO DE LA DIFERENCIA ANTES Y DESPUÉS DEL PROYECTO

Así las cosas, la diferencia entre el escurrimiento sin proyecto (actual) y el escurrimiento después de implementado el proyecto, es de 8,386.06 m^3/año, que es el volumen a mitigar.

Tabla 32. Diferencia entre escurrimiento previo y posterior al CUSTF.

Escurrimiento sin proyecto (m^3)	54,514.84
Escurrimiento con proyecto (m^3)	62,900.90
Diferencia entre el volumen previo y posterior al CUSTF (m^3)	8,386.06

CÁLCULO DE LA INFILTRACIÓN CON MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Las medidas de mitigación consisten en el incremento de la cobertura vegetal (más del 75%), lo cual estará contribuyendo a la captación de agua. Para efectos de estimar el volumen que se captará con esta práctica vegetativa, se utilizó la misma metodología y los mismos parámetros que en los casos anteriores, siendo ahora que el valor de K para el suelo leptosol es de 0.24. Debido a las elevadas precipitaciones y la alta evapotranspiración que se presentan en esta área, también en este caso resulta evidente que NO se verifica ninguna infiltración al subsuelo.

Tabla 33. Medidas de mitigación.

Medidas de mitigación: Incremento de la cobertura del 50% al 75%	Resultado del incremento de la cobertura en la zona de conservación.
Balance Hídrico	m^3/año
Volumen precipitado	320,244.59
Volumen EVT	319,465.86
Escurrimiento	50,323.23
Infiltración	-49,544.51

VI.1.3.1.2 Cálculo potencial de infiltración de las obras de conservación de suelo propuestas

Para el cálculo de la infiltración con las obras de conservación de suelo, se manejaron parámetros del potencial de infiltración para el sistema de zanja bordo reportados en la **"Evaluación externa de los apoyos de restauración de suelos 2007"** realizada para la CONAFOR por el Colegio de Postgraduados, donde se reporta que en clima húmedo una infiltración del 49.16% de la precipitación en la zona utilizando obras de conservación conocidas como zanja bordo. De tal manera que en el área del proyecto es posible lograr una infiltración de **157,432.24 m³** con la construcción de dos sistemas de zanja bordo (que funcionarán al menos durante la etapa de preparación del sitio); lo que sumado al volumen que no se infiltra por efecto de las medidas de mitigación, es decir, **-49,544.51 m³** (no existe infiltración**),** nos da la misma cantidad, es decir, **157,432.24 m³**, lo cual es muy superior a la diferencia a mitigar entre el volumen previo y posterior al CUSTF (**8,386.06 m³**); de tal forma que se tendría un excedente de **149,046.18 m³**, demostrando así que no se compromete la captación del agua. En la siguiente tabla se resumen los tres escenarios:

Tabla 34. Resumen de los tres escenarios.

Escenario	ESCENARIO E1	ESCENARIO E2	Diferencia total a mitigar (m^3)	ESCENARIO E3	
	Condiciones actuales (sin proyecto)	Realizando el CUSTF (sin medidas de mitigación)		Una vez realizado el CUSTF y ejecutando las medidas de Mitigación	
				Incremento de la cobertura a más de 75%	Sistema Zanja Bordo
Balance hídrico	m^3/año	m^3/año	-----	m^3/año	-----
Volumen precipitado	320,244.59	320,244.59	-----	320,244.59	-----

Volumen EVT	319,465.86	319,465.86	-----	319,465.86	-----
Escurrimiento	54,514.84	62,900.90	-----	50,323.23	-----
Infiltración	**-53,736.11**	**-62,122.17**	**8,386.06**	**0.00**	**157,432.24**
TOTAL BRUTO				**157,432.24**	
TOTAL NETO (con mitigación)				**149,046.18**	

VI.1.4 Que no se comprometa la captura de carbono.

La vegetación capta CO_2 de la atmósfera y como producto secundario libera oxígeno. El servicio que brinda la cubierta forestal es la captura de estos gases y la producción de oxígeno necesario para la vida en el planeta.

Captura de nitrógeno metales pesados y otros contaminantes en sus raíces, a través de asociaciones simbióticas con microorganismos, lo que mantiene la fertilidad de los suelos y el equilibrio del ciclo de nutrientes en el ecosistema.

En el caso particular del proyecto que nos ocupa, el predio se encuentra en el área rural del municipio de Puerto Morelos, la cual no presenta emisiones de contaminantes. Por lo cual resulta evidente que en el predio y en el SAR el potencial de captura de contaminantes por medios físicos por parte de la vegetación no es relevante.

Las plantas verdes absorben el CO_2 de la atmósfera a través de la fotosíntesis. El carbono se acumula en los tallos, sistemas radiculares y en las ramas principales de los árboles, debido a que se trata de tejido leñoso de los troncos. De esta forma, los árboles en particular y los bosques son almacenes de carbono. En total, los bosques contienen una cantidad de carbono que es de 20 a 100 veces superior por unidad de área que las tierras de cultivo y juegan un papel crítico en la regulación del nivel de carbono atmosférico. Se ha calculado que los bosques mundiales contienen más del 80% de carbono presente en la superficie terrestre y aproximadamente 40% de todo el carbono existente en el subsuelo terrestre (suelo, desperdicios y raíces). Esto equivale a casi 1.146 Gt C (gigatoneladas de Carbono). Aproximadamente el 37% de este carbono se encuentra en los bosques tropicales de baja latitud, un 14% en los bosques templados de media latitud y un 49% en los bosques de alta latitud (Dixon et al.1994). Si bien, es importante dejar en claro que el fitoplancton en los océanos "entierran" anualmente unas 10 gigatoneladas de carbono (Gt C) de la atmósfera en las profundidades del océano, convirtiéndolos en los verdaderos campeones del secuestro o fijación de carbono.

Considerando que la proporción de absorción de carbono de los árboles y los bosques es una función del índice de crecimiento y de la edad, podemos decir que en términos generales, los árboles y los bosques absorben grandes cantidades de carbono cuando son jóvenes debido a que crecen rápidamente y a medida que los rodales se acercan a la madurez, los índices de crecimiento disminuyen, por lo tanto, la absorción neta de carbono disminuye y finalmente se detiene cuando éstos llegan a su madurez total (senectud) y dejan de crecer.

Los índices normales de absorción, expresados en toneladas de carbono (t C) por hectárea y año, son de 0,8 a 2,4 t C en los bosques boreales de 0,7 a 7,5 t C en las zonas templadas y de 3,2 a 10 t C

en los trópicos. (Brown et al., 1996). El potencial de absorción de las actividades agroforestales es todavía más variable, y depende de la densidad de plantación y de los objetivos de producción del sistema. En la actualidad es considerado como uno de los servicios ambientales de mayor importancia, ya que contribuye al mantenimiento de la temperatura global, así como en la composición química del agua marina y de las zonas costeras.

Cálculo para Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia.

Para determinar la cantidad de carbono secuestrado en una superficie 20.5351 ha con vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, fue utilizado la siguiente ecuación alométricas para el cálculo del Carbono desarrollada en el estado de Quintana Roo por Guyot (2011).

$$B = \exp(-2.9267+1.3636\ln(D)+1.615\ln(H))$$

Tabla 35. Retención de biomasa y carbono /ha y en la superficie del CUSTF en el estrato alto.

NOMBRE CIENTÍFICO	Abundancia /HA	Biomasa /HA (TON)	Carbono /HA (TON)	Incremento Medio Anual Carbono (TON) /HA	Abundancia/ 20.5351 HA	Biomasa (TON)/ 20.5351 HA	Carbono (TON) /20.5351 HA	Incremento Medio Anual Carbono (TON) /20.5351 HA
Acaca glomerosa	1	0.4695	0.2347	0.0002	29	9.6410	4.8205	0.0047
Bauhinia divaricata	12	7.8704	3.9352	0.0187	249	161.6203	80.8101	0.3841
Bursera simaruba	90	49.7086	24.8543	1.0281	1,848	1,020.7698	510.3849	21.1112
Byrsonima bucidaefolia	15	10.0041	5.0021	0.0269	308	205.4350	102.7175	0.5524
Caesalpinia gaumeri	2	1.7192	0.8596	0.0007	44	35.3037	17.6518	0.0137
Cascabella thevetia	4	3.0749	1.5375	0.0023	88	63.1437	31.5718	0.0474
Casearia corymbosa	23	9.9286	4.9643	0.0580	469	203.8837	101.9418	1.1906
Casimiroa tetrameria	3	1.6602	0.8301	0.0011	59	34.0920	17.0460	0.0218
Ceiba schottii	3	1.1539	0.5770	0.0009	59	23.6959	11.8479	0.0183
Chrysophyllum cainito	1	0.3684	0.1842	0.0001	15	7.5648	3.7824	0.0014
Coccoloba diversifolia	4	1.9280	0.9640	0.0022	88	39.5906	19.7953	0.0455
Coccoloba itzaeus	4	4.0016	2.0008	0.0025	88	82.1731	41.0866	0.0512
Coccoloba spicata	8	4.9682	2.4841	0.0088	161	102.0221	51.0111	0.1807
Coccothrinax readii	1	0.3478	0.1739	0.0001	15	7.1411	3.5705	0.0016
Cordia alliodora	1	1.3482	0.6741	0.0003	29	27.6850	13.8425	0.0066
Cordia dodecandra	4	2.8750	1.4375	0.0022	88	59.0381	29.5191	0.0455
Dendropanax arborea	18	8.4208	4.2104	0.0394	367	172.9221	86.4611	0.8097

Diospyros albens	4	2.9935	1.4967	0.0024	88	61.4715	30.7357	0.0483
Diospyros cuneata	4	1.7244	0.8622	0.0016	73	35.4113	17.7056	0.0324
Dryapetes brownii	1	0.3816	0.1908	0.0002	29	7.8357	3.9178	0.0041
Exothea diphylla	4	3.0782	1.5391	0.0017	73	63.2108	31.6054	0.0352
Ficus cotinifolia	52	29.3102	14.6551	0.3381	1,071	601.8864	300.9432	6.9431
Ficus pertusa	2	0.7349	0.3674	0.0005	44	15.0905	7.5453	0.0100
Ficus yucatanensis	4	2.1464	1.0732	0.0023	88	44.0764	22.0382	0.0474
Gymnopodium flobundum	22	14.2452	7.1226	0.0680	455	292.5272	146.2636	1.3959
Haematoxylum campechianum	1	0.2326	0.1163	0.0001	15	4.7756	2.3878	0.0013
Hampe trilobata	1	0.3478	0.1739	0.0001	15	7.1411	3.5705	0.0016
Hippocratea excelsa	1	0.3370	0.1685	0.0001	15	6.9195	3.4597	0.0013
Jatropha gaumeri	1	0.6672	0.3336	0.0003	29	13.7020	6.8510	0.0054
Krugiodendron ferreum	1	0.2939	0.1469	0.0001	15	6.0347	3.0174	0.0011
Lonchocarpus rugosus	23	11.5076	5.7538	0.0648	469	236.3091	118.1545	1.3297
Lysiloma latisiliquum	119	102.3854	51.1927	1.8874	2,450	2,102.4919	1,051.2459	38.7588
Manilkara achras	116	108.3963	54.1981	1.7223	2,391	2,225.9266	1,112.9633	35.3673
Metopium brownei	222	159.0144	79.5072	6.4702	4,562	3,265.3738	1,632.6869	132.8665
Myrcianthes fragans	13	5.8790	2.9395	0.0208	264	120.7255	60.3627	0.4268
Nectandra coriacea	1	0.1955	0.0977	0.0001	15	4.0142	2.0071	0.0011
Oxandra lanceolata	27	13.9406	6.9703	0.0854	557	286.2704	143.1352	1.7531
Piscidia piscipula	4	2.2096	1.1048	0.0017	73	45.3742	22.6871	0.0348
Platymiscium yucatanum	1	1.0171	0.5086	0.0001	15	20.8870	10.4435	0.0016

Pouteria campechianum	14	7.6963	3.8481	0.0246	293	158.0437	79.0219	0.5056
Sabal japa	1	0.5029	0.2514	0.0001	15	10.3269	5.1635	0.0014
Sideroxylon salicifolium	16	16.7865	8.3933	0.0396	337	344.7129	172.3565	0.8140
Swartzia cubensis	4	3.6471	1.8236	0.0025	88	74.8936	37.4468	0.0512
Talisia olivaeformis	1	0.1230	0.0615	0.0000	15	2.5261	1.2630	0.0008
Thouinia paucidenta	3	1.7496	0.8748	0.0011	59	35.9287	17.9643	0.0221
Thrinax radiata	1	0.4208	0.2104	0.0001	15	8.6421	4.3210	0.0014
Trichilia havanensis	1	0.3478	0.1739	0.0001	15	7.1411	3.5705	0.0016
Vitex gaumeri	29	19.9559	9.9780	0.1053	587	409.7966	204.8983	2.1613
Total general	**888**	**622.1153**	**311.0577**	**12.0337**	**18,232**	**12,775.1888**	**6,387.5944**	**247.1125**

En el estrato alto del área propuesta para el proyecto (CUSTF) las existencias de carbono son de 311.0577 ton/ha y dejarían de captarse anualmente 12.0337 ton de carbono/ha. En tanto que las existencias totales en el área del CUSTF son de 6,387.5944 ton de carbono y dejarían de captarse 247.1125 ton al año en las 20.5351 ha de área propuesta para el CUSTF, en caso de implementarse el proyecto.

Tabla 36. Retención de biomasa y carbono /ha y en la superficie del CUSTF en el estrato medio.

NOMBRE CIENTÍFICO	Abundancia /HA	Biomasa/HA (TON)	Carbono /HA (TON)	Incremento Medio Anual Carbono (TON) /HA	Abundancia /20.5351 HA	Biomasa (TON)/ 20.5351 HA	Carbono (TON) /20.5351 HA	Incremento Medio Anual Carbono (TON) /20.5351 HA
Acacia cornigera	13	7.4482	0.0065	0.0028	274	152.9496	0.1345	0.0570
Allophylus cominia	10	249.3645	0.0111	0.0022	205	5,120.7202	0.2269	0.0454
Bauhinia divaricata	7	1.7581	0.0032	0.0008	137	36.1034	0.0648	0.0172
Bauhinia jenningsii	17	3.9794	0.0119	0.0062	342	81.7165	0.2434	0.1273

Buchosia glandulosa	17	87.8944	0.0213	0.0084	342	1,804.9195	0.4381	0.1720
Callicarpa acuminata	13	4.3328	0.0419	0.0055	274	88.9742	0.8601	0.1129
Cascabella thevetia	10	212.0580	0.0066	0.0022	205	4,354.6282	0.1356	0.0444
Chiococca alba	17	4.6273	0.0287	0.0065	342	95.0223	0.5897	0.1325
Coccothrinax readii	300	214.3918	1.1441	1.9798	6,161	4,402.5536	23.4944	40.6556
Croton humilis	3	11.5454	0.0071	0.0003	68	237.0853	0.1454	0.0058
Croton malvavisciifolia	17	8.9601	0.0969	0.0085	342	183.9965	1.9904	0.1755
Eugenia mayana	3	2.6180	0.0456	0.0005	68	53.7608	0.9360	0.0103
Euphatorium albicaule	10	2.2908	0.0114	0.0018	205	47.0407	0.2350	0.0372
Gymnopodium flobundum	3	1.6755	0.0029	0.0003	68	34.4069	0.0592	0.0052
Hyperbaena winzerlingii	3	2.6180	0.0039	0.0003	68	53.7608	0.0794	0.0062
Jaquinia macrocarpa	3	0.3207	0.0015	0.0002	68	6.5857	0.0307	0.0034
Jatropha gaumeri	7	0.7658	0.0046	0.0009	137	15.7250	0.0942	0.0179
Licaria peckii	7	0.8901	0.0050	0.0007	137	18.2787	0.1030	0.0151
Malmea depressa	10	3.0320	0.0122	0.0024	205	62.2618	0.2503	0.0485
Malvaviscus arboreus	193	142.7319	0.3878	0.8851	3,970	2,931.0106	7.9645	18.1759
Manilkara achras	17	178.0240	0.0244	0.0059	342	3,655.7373	0.5015	0.1208
Myrcianthes fragans	20	60.8489	0.0419	0.0103	411	1,249.5364	0.8605	0.2106
Myrciaria floribunda	87	26.1669	0.1476	0.1579	1,780	537.3396	3.0302	3.2429
Nectandra coriacea	90	270.3740	0.1268	0.1782	1,848	5,552.1510	2.6048	3.6602
Oxandra lanceolata	3	2.6180	0.0280	0.0005	68	53.7608	0.5755	0.0103
Parathesis cubana	13	19.5172	0.0173	0.0036	274	400.7871	0.3553	0.0743
Piper gaumeri	7	13.0900	0.0132	0.0011	137	268.8042	0.2704	0.0220
Platymiscium yucatanum	3	0.9425	0.0015	0.0002	68	19.3539	0.0305	0.0048
Protium copal	3	0.4189	0.0047	0.0003	68	8.6017	0.0972	0.0055

Psychotria nervosa	10	31.4684	0.0664	0.0036	205	646.2053	1.3641	0.0743
Psychotria pubescens	7	1.5970	0.0110	0.0010	137	32.7941	0.2250	0.0200
Randia aculeata	290	532.2001	0.6655	2.0816	5,955	10,928.7728	13.6652	42.7458
Sabal japa	3	5.8905	0.0010	0.0002	68	120.9619	0.0206	0.0038
Thrinax radiata	117	249.4848	0.5886	0.3818	2,396	5,123.1905	12.0874	7.8396
Toxicodendron radicans	3	0.9425	0.0026	0.0003	68	19.3539	0.0542	0.0069
Trichilia havanensis	7	1.7933	0.0112	0.0011	137	36.8262	0.2304	0.0234
Trichilia hirta	3	1.2828	0.0004	0.0002	68	26.3428	0.0092	0.0041
Zygia stevensonii	13	3.0565	0.0084	0.0036	274	62.7658	0.1717	0.0743
Casearia corymbosa	3	0.6545	0.0034	0.0002	68	13.4402	0.0695	0.0045
Total general	**1363**	**2,363.6735**	**3.6181**	**5.7469**	**27,996**	**48,538.2259**	**74.2989**	**118.0134**

En el estrato medio las existencias son de 3.6181 ton/ha de carbono y anualmente dejarían de capturarse 5.7469 ton de carbono/ha. Asimismo, las existencias totales en las 20.5351 ha del área propuesta para el CUSTF son de 74.2989 ton de carbono y con la eventual ejecución del proyecto, dejarían de capturarse 118.0134 ton de carbono anualmente.

En total, se estima unas existencias de 314.6758 ton/ha en ambos estratos (alto y medio); en tanto que en las 20.5351 ha propuestas para el proyecto (CUSTF) las existencias son de 6,461.8933 ton. En caso de implementarse el proyecto, dejarían de captarse cada año 17.7806 ton/ha de carbono en los dos estratos con vegetación leñosa ya mencionados, en tanto que en las 20.5351 ha del CUSTF se dejarían de capturar un total de 365.1259 ton de carbono en los estratos alto y medio.

Las acciones de mitigación del impacto ambiental que se generarían con la eventual remoción de una parte de la vegetación leñosa, consisten en la realización de los trabajos de reforestación y reubicación de especies, tal como se presenta en los siguientes cuadros.

Tabla 37. Especies de interés registradas en el sitio, susceptibles de ser rescatadas y reubicadas.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	CANTIDAD
FABACEAE	*Acaca glomerosa*	137
POACEAE	*Andropogon bicornis*	68
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea patellifera*	68
MALPIGHIACEAE	*Buchosia glandulosa*	342
VERBENACEAE	*Callicarpa acuminata*	274
RUTACEAE	*Casimiroa tetrameria*	274
SAPOTACEAE	*Chrysophyllum cainito*	68
POLYGONACEAE	*Coccoloba diversifolia*	411
ARECACEAE	*Coccothrinax readii*	6,229
BORAGINACEAE	*Cordia dodecandra*	411
BIGNONIACEAE	*Cydista potosina*	68
EBENACEAE	*Didspyros cuneata*	205
POACEAE	*Digitaria bicornis*	68
POACEAE	*Echinochloa colonum*	137
MYRTACEAE	*Eugenia mayana*	68
ASTERACEAE	*Euphatorium albicaule*	205
MORACEAE	*Ficus pertusa*	205
FABACEAE	*Galactica striata*	274
FABACEAE	*Haematoxylum campechianum*	68
HIPPOCRATACEAE	*Hippocratea excelsa*	68
RHAMNACEAE	*Krugiodendron ferreum*	68
LAURACEAE	*Licaria peckii*	137
CUCURBITACEAE	*Momordica charantia*	68
POACEAE	*Paspalum nutatum*	137
POACEAE	*Phragmites australis*	68

PIPERACEAE	*Piper gaumeri*	137
FABACEAE	*Platymiscium yucatanum*	137
BURSERACEAE	*Protium copal*	68
RUBIACEAE	*Psychotria pubescens*	137
FABACEAE	*Rhynchosia minima*	68
ORCHIDACEAE	*Spiranthes torta*	68
ARECACEAE	*Thrinax radiata*	2,464
MELIACEAE	*Trichilia hirta*	68
PASSIFLORACEAE	*Turnera diffusa*	68
TOTALES		**13,348**

Con un total de 34 especies a rescatar y reubicar que suman un total de 13,348 individuos. Si bien, dos especies (*Coccothrinax readii* y *Thrinax radiata*) fueron seleccionadas debido a que aparecen en la NOM059-SEMARNAT-2010 en calidad de amenazadas (A).

Tabla 38. Especies de interés registradas en el sitio, susceptibles de ser reproducidas y reforestadas.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	CANTIDAD
FABACEAE	*Acacia cornigera*	274
SAPINDACEAE	*Allophylus cominia*	137
BIGNONIACEAE	*Arrabidaea floribunda*	137
FABACEAE	*Bauhinia divaricata*	1,232
FABACEAE	*Bauhinia jenningsii*	68
BROMELIACEAE	*Bromelia pinguin*	205
BURSERACEAE	*Bursera simaruba*	6,503
MALPIGHIACEAE	*Byrsonima bucidaefolia*	1,369
FABACEAE	*Caesalpinia gaumeri*	68
FLACOURTIACEAE	*Casaeria corymbosa*	2,190
APOCYNACEAE	*Cascabella thevetia*	137
MALVACEAE	*Ceiba schottii*	205
RUBIACEAE	*Chiococca alba*	137
POLYGONACEAE	*Coccoloba Itzeus*	137
POLYGONACEAE	*Coccoloba spicata*	411
ARECACEAE	*Coccothrinax readii*	479
BORAGINACEAE	*Cordia alliodora*	68
EUPHORBIACEAE	*Croton malvavisciifolia*	137
ARALICEAE	*Dendropanax arborea*	890
EBENACEAE	*Diospyros albens*	137
ASTERACEAE	*Euphatorium odoratum*	68
SAPINDACEAE	*Exothea diphylla*	274
MORACEAE	*Ficus cotinifolia*	4,107

POLYGONACEAE	*Gymnopodium flobundum*	1,917
EUPHORBIACEAE	*Jatropha gaumeri*	137
FABACEAE	*Lonchocarpus rugosus*	1,369
FABACEAE	*Lysiloma latisiliquum*	8,625
MALVACEAE	*Malvaviscus arboreus*	548
SAPOTACEAE	*Manilkara achras*	8,488
ANACARDIACEAE	*Metopium brownei*	13,964
MYRTACEAE	*Myrciaria floribunda*	1,095
LAURACEAE	*Nectandra coriacea*	205
POACEAE	*Olyra glaberrima*	137
ANNONACEAE	*Oxandra lanceolata*	2,259
FABACEAE	*Piscidia piscipula*	205
SAPOTACEAE	*Pouteria campechuianum*	1,232
RUBIACEAE	*Randia aculeata*	274
CYPERACEAE	*Scleria lithosperma*	958
SAPOTACEAE	*Sideroxylon salicifolium*	958
SAPINDACEAE	*Thouinia paucidenta*	68
ARECACEAE	*Thrinax radiata*	137
MELIACEAE	*Trichilia havanensis*	137
VERBENACEAE	*Vitex gaumeri*	1,711
FABACEAE	*Zygia stevensonii*	68
TOTALES		**63,864**

Los trabajos de reforestación están dirigidos a 44 especies de importancia ecológica, si bien dos de ellas (*Coccothrinax readii* y *Thrinax radiata*) se encuentran del estatus de amenazadas (A) de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. En el caso de *Coccothrinax readii,* fue seleccionada debido a esta última condición.

Con estas acciones de mitigación, se garantiza la recuperación de 17.7806 ton de carbono/año, mismas que en promedio, dejarían de capturarse con la eventual ejecución del proyecto. La superficie seleccionada para realizar los trabajos de reubicación y reforestación

De forma complementaria tenemos que las plantas verdes producen oxígeno molecular como un subproducto de la fotosíntesis, el cual, debido a la gran importancia que tiene en la fisiología (y la vida misma) de los organismos aerobios, del cual formamos parte, su generación se considera un servicio ambiental fundamental o de soporte. El cual está íntimamente asociado a la captura de carbono, puesto que se deriva de mismo proceso bioquímico (fotosíntesis), el cual es fundamental para la vida, tal y como la conocemos. En este sentido, la revista National Geografic en su edición de julio de 2022, afirma que aunque hay cientos de razones para conservar nuestros bosque y selvas, existe la extendida y errónea creencia de que los bosques los principales productores de oxígeno de nuestro planeta, lo que conviene desmentir, no por restar importancia al papel

desempeñan las selvas y bosques en nuestro planeta, sino por dársela a los verdaderos responsables de que podamos respirar: los océanos.

La superficie de nuestro planeta se observa azul desde el espacio porque la mayor parte está cubierta de agua. La cual es la mayor responsable de los servicios ambientales que ofrece nuestro planeta, siendo precisamente el medio donde la vida en la Tierra surgió.

En este sentido, son los organismos unicelulares del fitoplancton, que flotan por miles de millones en cada m³ de agua, en la denominada zona eufótica del océano -que puede alcanzar los primeros 200 metros de profundidad- y en el que habitan dos grupos principales de organismos: las algas unicelulares y las cianobacterias fotosintéticas. Así, aunque muchos puedan pensar que son los bosques y praderas jóvenes en tierra firme los grandes productores de oxígeno, la realidad es que el balance neto de oxígeno que se produce entre los periodos de respiración y fotosíntesis de las plantas terrestres, aunque pueda ser positivo, en general es mínimo en comparación con el servicio que ofrece el fitoplancton. Gracias a su trabajo fotosintético**,** estas microscópicas criaturas producen entre el 50 y el 85 % del oxígeno que se libera cada año a la atmósfera. De esta forma, el fitoplancton genera al menos la mitad del oxígeno que respiramos, unos 27,000 millones de toneladas al año.

La acción de estos microorganismos en nuestro planeta cumple una doble función, produciendo por un lado el imprescindible oxígeno a la atmósfera, y retirando de ella a su vez el $CO_{2,}$ así como transformando este carbono en carbohidratos que son la base de la cadena alimenticia en los océanos.

En este sentido, se estima que una hectárea de árboles adultos en un año puede proporcionar oxígeno para 10 personas, sin embargo, se debe de tener en cuenta que las diferencias son enormes entre las especies de plantas, los ecosistemas, etc. por lo cual es sumamente difícil cuantificar la producción de oxígeno.

De esta forma, las acciones de restauración que se planean implementar debido a la eventual ejecución del cambio de uso de suelo (20.5351 ha). Con las acciones de restauración que se planean implementar, así como por la capacidad que tiene el propio ecosistema de regenerarse a sí mismo (propiedad de resiliencia de los ecosistemas), se considera que no se pone en riesgo la captura de carbono ni la generación de oxígeno por efecto de la implementación del proyecto ya que la afectación solo será a nivel del área de influencia de este.

CAPÍTULO VII:

ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS, RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.

ÍNDICE DE CONTENIDO

VII. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL. 4

VII.1 Descripción de la estrategia o sistema de medidas de mitigación por componente ambiental 5

VII.1.1 Medidas de prevención a desastres, reducción de vulnerabilidad 12

VII.1.2 Medidas de adaptación al cambio climático 14

VII.2. Programa de vigilancia ambiental 15

VII.2.1 Objetivos y alcances 16

VII.2.2 Fichas técnicas e indicadores de seguimiento 21

VII.2.3 Resultados esperados 21

VII.3 Seguimiento y control (monitoreo) 21

VII.4 Información necesaria para la fijación de montos para fianzas 22

VII.5 Estimación del costo de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso del suelo 22

VII.5.1 Análisis de la estructura y funcionalidad del ecosistema 22

VII.5.1.1 Estimación de los costos de las actividades de reforestación 25

VII.5.1.2 Estimación de los costos de la implementación de las obras de conservación de suelo 28

VII.5.1.3 Estimación de los costos de la implementación de las actividades de mantenimiento 28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de la medida propuesta por factor ambiental 5

Tabla 2. Clasificación de fenómenos extremos de origen según la base de datos internacional de desastres. 12

Tabla 3. Ejes rectores del programa de vigilancia ambiental. 19

Tabla 4. Densidades promedio de siembra recomendada por tipo de ecosistema (reglas de operación PROÁRBOL). 27

Tabla 5. Costo estimado de las obras de conservación de suelo 28

Tabla 6. Conceptos y costos de las actividades de restauración forestal por unidad de superficie (ha). 29

Tabla 7. Estimación del costo de las actividades de restauración por hectárea por un periodo de 10 años. 31

VII. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.

En capítulos anteriores se identificaron los factores del medio abiótico, biótico y socioeconómico de mayor vulnerabilidad, así como las actividades que implican el mayor potencial generación de impactos ambientales y las etapas del Proyecto en que se generarán, con lo anterior es posible definir medidas integrales de manejo, que permitan su mitigación, prevención, atenuación o compensación. Las medidas propuestas siempre deberán apegarse a la normatividad ambiental aplicable y a los preceptos técnicos adecuados.

En el presente capítulo se describen las medidas de prevención, mitigación y compensación que serán aplicadas durante las etapas del proyecto. De acuerdo con Conesa (1995) y el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental (artículo 3, fracción XIII y XIV), las medidas pueden clasificarse en prevención, mitigación y compensación. Dichas medidas se definen como aquellas que se pueden ser implementadas para reducir los efectos negativos, ya sea al no realizar cierto tipo de actividades, limitar el grado de magnitud, rectificar el impacto reparándolo, rehabilitando o restaurando el medio afectado o bien compensar el impacto al reemplazar o proporcionar recursos ambientales sustitutos.

Las medidas de mitigación además de las características antes mencionadas pueden clasificarse de acuerdo con sus alcances de acuerdo con los siguientes tipos:

Preventivas (Pr): Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente.

Control (Co): Son el conjunto de acciones que limitan el impacto.

Atenuación (At): Es el conjunto de acciones de prevención, que disminuyen la intensidad del impacto.

Mitigables (Mt): Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se cause con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas.

Remediación (Rm): Acciones que reparan el impacto causado al ambiente.

Compensación (Cm): Acciones que no eluden la aparición del efecto, si no que contrarrestan de alguna manera en la alteración del ambiente, ya sea reemplazando o sustituyendo los recursos afectados.

Es importante mencionar que además de aplicar las medidas de prevención, mitigación y compensación por cada uno de los componentes ambientales, se llevará a cabo el Programa de Vigilancia Ambiental que contemplará lo siguiente:

Todo el personal involucrado en el Proyecto deberá tener conocimiento de las medidas de prevención, mitigación y compensación, así como de los programas que se implementarán.

Se capacitará y concientizará a todo el personal involucrado en las actividades que conlleva el desarrollo del Proyecto sobre el cuidado de los componentes ambientales presentes en el SAR.

El personal involucrado en el Proyecto deberá cumplir con las medidas implementadas en materia ambiental, de salud y de seguridad que se llevarán a cabo.

VII.1 Descripción de la estrategia o sistema de medidas de mitigación por componente ambiental

En lo siguiente se presentarán el tipo de medidas: prevención (Pr), mitigación (Mi) y compensación (Cm); que se prevén implementarse por cada impacto ambiental, factor y componente al que corresponde y señalando la etapa del proyecto en la que se desarrollará: preparación del sitio (P), construcción (C) y operación (O).

Tabla 1. Descripción de la medida propuesta por factor ambiental

C	FACTOR	MEDIDA	TIPO	ETAPA		
ABIÓTICO	AGUA	Se colocarán señalamientos con letreros que prohíban arrojar basura a laguna artificial, una vez sea aflorado el manto freático.	Pr		C	O
		Se colocarán contenedores rotulados y con tapa en diversos puntos estratégicos de la zona de trabajo para los desechos de residuos sólidos urbanos. La división de los residuos será prioritaria en residuos orgánicos, inorgánicos reciclables e inorgánicos no reciclables.	Pr	P	C	O
		Los residuos depositados en los contenedores serán puestos a disposición final por parte del servicio municipal.	Pr, Cm	P	C	O
		Durante la etapa de preparación del sitio y construcción, se contratará el servicio de sanitarios portátiles, estos serán a razón de 1 por cada 20 trabajadores.	Pr	P	C	O
		Para reducir el riesgo de contaminación por derrame de hidrocarburos, las cargas de combustible y servicios mecánicos necesarios para las embarcaciones se realizarán fuera del área del Proyecto de la laguna artificial que se genere.	Pr		C	O
		Contar con material adecuado y suficiente para el manejo de contingencias	Pr	P	C	

		Seguimiento permanente de condiciones meteorológicas y pronósticos del tiempo	Pr	P	C	
		Se medirán los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua subterránea semestralmente en las etapas de preparación, construcción y operación del proyecto a través de un laboratorio para posteriormente analizar las condiciones de calidad del agua. En caso, de detectar anomalías o cambios se suspenderán las actividades y se realizará un análisis con expertos para detectar las causas, aplicar medidas especializadas y realizar el reporte correspondiente.	Pr	P	C	O
		Se sancionará a los trabajadores que sean sorprendidos realizando necesidades fisiológicas fuera de la zona de sanitarios portátiles.	Pr	P	C	O
		Durante la etapa de preparación del sitio y construcción, se contratará el servicio de sanitarios portátiles, estos serán a razón de 1 por cada 20 trabajadores.	Pr, Mi	P	C	O
	AIRE	Se vigilará que los vehículos particulares, maquinaria y equipo y de empresas subcontratadas cumplan con las Normas Oficiales Mexicanas que regulen las emisiones a la atmosfera	Pr	P	C	O
		Registro en bitácora de los mantenimientos de cada vehículo que ingrese a la obra.	Pr	P	C	O
		Con la finalidad de evitar el consumo excesivo de combustible y la consecuente emisión de gases, los vehículos que no estén en uso se mantendrán apagados aunado a que los trabajos serán planeados para evitar la acumulación excesiva de unidades en un solo punto.	Pr	P	C	O
		La maquinaria pesada que transporte material de construcción deberá emplear lona para evitar la dispersión, así como los contenedores donde se almacenará el material	Pr	P	C	O

		Los trabajos que requieran de maquinaria que genere vibraciones deberán estar planeados y ejecutarse en horarios diferenciados a fin de minimizar los impactos.	Pr	P	C	O
		Los horarios de trabajo serán diurnos de 7:00 a 18:00 horas.	Pr	P	C	O
		Revisión del uso adecuado de Equipo de Protección Personal (EPP) haciendo énfasis en la protección auditiva.	Pr	P	C	O
	SUELO	Una vez que se determine que el polígono ya fue aprovechado por completo, se conformaran taludes de 45º en todo el perímetro del mismo polígono. Estos taludes, se conformarán con el mismo material del polígono aprovechado.	Pr		C	O
		Restricción de las actividades de extracción de roca caliza por demás de la autorizada, así como del área destinada al aprovechamiento.	Pr		C	O
		Se colocarán contenedores rotulados y con tapa en diversos puntos estratégicos de la zona de playa para los desechos de residuos sólidos urbanos. La división de los residuos será prioritaria en residuos orgánicos, inorgánicos reciclables e inorgánicos no reciclables.	Pr	P	C	O
		Los residuos generados por empaques, envolturas, plásticos y otros derivados de la movilización, colocación de señalética, colocación de mallas, etc., deberán ser colocados en los contenedores correspondientes y posteriormente, darles disposición final a través del servicio municipal.	Pr	P	C	O
		Los residuos depositados en los contenedores serán puestos a disposición final por parte del servicio municipal.	Pr	P	C	O
		Se limpiará diariamente la zona de trabajo del día.	Pr	P	C	O
		Se colocarán señalamientos con letreros que prohíban arrojar basura en la parcela	Pr	P	C	O

		Se aplicará el Programa de Manejo Integral de Residuos sólidos Urbanos.	Pr	P	C	O
		Delimitar las zonas de trabajo para evitar contaminación del suelo por residuos y posibles derrames de combustibles	Pr	P	C	O
		Se realizarán capacitaciones constantes al personal sobre la correcta clasificación de los residuos sólidos urbanos, además de que se explicarán acciones enfocadas en el reúso, reciclado y reducción de los mismos.	Pr	P	C	O
		Realizar inspecciones periódicas en las áreas de trabajo con el fin de detectar cualquier anomalía o incumplimiento.	Pr	P	C	O
		Se deberán reportar bitácoras de la recolección de residuos sólidos urbanos por parte del servicio de recolección municipal.	Pr	P	C	O
		Se establecerá un almacén temporal de residuos sólidos urbanos dentro del área del proyecto.	Pr, Mi	P	C	O
		Se emplearán obligatoriamente empresas acreditadas para el manejo de residuos peligrosos. No saldrán de obra residuos sin previo registro y sin que la empresa que los retire acredite previamente sus autorizaciones gubernamentales.	Pr	P	C	O
		No se permiten reparaciones mecánicas, ni mantenimientos mayores dentro del predio.	Pr	P	C	O
		Cada maquinaria o equipo que ingrese al predio deberá contar con Kit antiderrames.	Pr	P	C	O
		Si la promovente hace uso de servicios de empresas contratistas estas serán las encargadas de obtener los permisos necesarios para la disposición final de los residuos generados y almacenados de manera temporal en el sitio del Proyecto.	Pr	P	C	O

	PAISAJE	El predio estará delimitado con un vallado perimetral en las etapas de preparación y construcción para evitar interrumpir la visibilidad paisajística.	Pr, Mi	P	C	O
BIÓTICO	**FLORA**	Se realizará el rescate y reubicación de flora y se realizarán las actividades de restauración para no comprometer la biodiversidad florística del CUSTF y SAR.	Mi y Cm		C	O
		Se le dará mantenimiento y el riego adecuado a la flora del proyecto	Mi y Cm		C	O
	FAUNA	Los trabajos serán diurnos y en horarios establecidos para permitir a la fauna desplazarse durante horarios nocturnos	Pr	P	C	O
		Todas las luces que se coloquen en cada una de las etapas del proyecto estarán orientadas hacia al suelo a fin de minimizar la perturbación a las especies aledañas.	Pr	P	C	O
		Durante las etapas de preparación del sito y construcción se capacitará al personal para captura o trasladar ejemplares de fauna que se lleguen a encontrar en el sitio para su posterior reubicación.	Pr	P	C	O
		No se permitirá la introducción de fauna exótica	Pr	P	C	O
		Previo al inicio de las obras se llevarán a cabo las acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna, en especial aquella de lento desplazamiento.	Pr	P	C	

Medidas especificas para el CUSTF en cuanto a flora y fauna:

P, R y M= Se elaborará y ejecutará un programa de rescate y reubicación de flora y fauna.

P= se determinará las especies y número de individuos susceptibles a rescate y se establecerá el área de reubicación

En esta etapa de planeación se identificarán las áreas dentro del predio que tenga mayor beneficio para la fauna, para elegir aquella(as) que serán destinadas para su conservación como un espacio verde significativo en beneficio de la fauna que realice conectividad con las áreas que ya se destinan a conservación

M= se establecerá una zona dentro del predio como zona de conservación en donde se reubicará la flora y la fauna rescatada.

P= Previo al desmonte, se marcarán los árboles y vegetación significativa que pueda ser conservada en el sitio, principalmente aquella benéfica para la fauna, la cual será respetada durante las labores de preparación del sitio.

P= se rescatan especies de flora susceptibles a sobrevivencia en viveros o por reubicación en otras zonas de amortiguación

del predio

P= Se realizará una búsqueda intensiva de nidos, fauna de lento desplazamiento para ser rescatados y reubicados.

M= Previo al retiro de la vegetación se realizará el ahuyentamiento y rescate de la fauna en las zonas a ser desmontadas.

M= Después del retiro de vegetación se mantendrá vigilancia ambiental para rescatar fauna que puedan llegar o permanecer en el sitio.

P= Se realizará el correcto manejo de los residuos del arbolado derribado como ramas y brazuelos los cuales se triturarán para ser incorporados al suelo.

C= Se establecerán acciones para favorecer la fauna en el sitio como la instalación de fuentes de agua.

P = el proceso de desmote se realizará por etapas

P= Se diseñarán y aplicarán clausulas ambientales a los contratistas para la protección de la flora y la fauna, que contemplen acciones preventivas, correctivas y de compensación.

P=se realizará la protección física de las áreas de conservación mediante cercados, prohibición de acceso y señalética.

P y M= se destinará un técnico en fauna silvestre para que en caso de detectar fauna silvestre y dar aviso a maquinista para que detenga el trascabo para rescatar o ahuyentar a la fauna

P= Se darán platicas a los trabajadores y contratistas de concientización y conservación de flora y fauna.

P=Se mantendrá vigilancia para evitar la afectación a la flora o fauna.

M= Se realizará el rescate de la fauna que pueda aparecer durante el proceso del desmonte.

P= Se realizará el correcto manejo de los residuos para evitar impactar a la flora o fauna

C= se establecerán acciones para favorecer la fauna relevante en el sitio.

M= la vegetación seca deberá ser retirada y podrá usarse como leña por la población local

P=No se permitirá la quema de vegetación producto del despalme

P y M =El material vegetal será trozado y utilizado como material de composta en las zonas aledañas del predio

P=Se mantendrá vigilancia para evitar la afectación a la flora o fauna.

P= Se realizará el correcto manejo de los residuos para evitar impactar a la flora o fauna

C= se establecerán acciones para favorecer la fauna relevante en el sitio.

C= se realizarán acciones en la zona para favorecer especialmente a las especies protegidas de fauna

P= Se contará con personal técnico con capacidad suficiente para decidir las acciones de rescate en las 4 etapas.

M= se realizará la búsqueda, rescate y reubicación de colonias de abejas nativas.

VII.1.1 Medidas de prevención a desastres, reducción de vulnerabilidad

De acuerdo con la clasificación de la Base de Datos Internacional sobre Desastres EM-DAT del Centro de Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres, un desastre se define como: "*un suceso imprevisto o repentino, capaz de causar gran daño, destrucción y sufrimiento humano. Es una situación o acontecimiento que supera la capacidad local y que necesariamente requiere de asistencia a nivel nacional e incluso internacional".* Los desastres pueden originarse tanto por fenómenos de la naturaleza como por factores antrópicos, por lo general vinculados a la tecnología (CRED, 2020). La denominación "desastres naturales" se utiliza para diferenciarlos de los desastres tecnológicos (como derrames petroleros, accidentes aéreos u otros).

Para que un desastre sea registrado en esta base de datos, debe cumplir con alguno de los siguientes criterios:

- Diez o más personas reportadas como muertas
- Cien o más personas declaradas como afectadas
- Declaración de estado de emergencia
- Llamada a asistencia internacional

Los desastres derivan de la combinación de los siguientes factores:

a) la exposición a fenómenos naturales capaces de desatar procesos que causan daños físicos y la pérdida de vidas humanas y de capital, y
b) la vulnerabilidad de las personas y de los asentamientos humanos.

En un desastre confluyen ambos elementos; por eso es importante el estudio de los fenómenos naturales, pero más relevante aún es el análisis delas políticas que reducen la vulnerabilidad, que es la forma en que la acción pública puede contribuir a la disminución del riesgo de desastres.

Los fenómenos naturales con el potencial de causar destrucción en un territorio son identificados como amenazas. En este contexto, se entiende por amenaza un suceso peligroso capaz de causar daño en un período de tiempo y área determinada (CRED, 2020).

La vulnerabilidad es una condición previa, que posibilita que una amenaza natural se transforme en un desastre. Incluye no solo la calidad de la infraestructura y su localización, sino también vulnerabilidades sociales como la desigualdad de ingreso y la pobreza.

En lo siguiente, se presenta una tabla con los posibles desastres que se pueden desarrollar en el Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y predio, así como las medidas que se implementarán:

Tabla 2. Clasificación de fenómenos extremos de origen según la base de datos internacional de desastres.

SUBGRUPO	DEFINICIÓN	TIPO DE DESASTRE	MEDIDAS
Meteorológico	Un peligro causado por condiciones atmosféricas y climáticas de corta	Temperatura extrema	a) Durante las etapas de preparación del sitio y construcción se

	duración, de microescala a meso escala, que duran desde minutos hasta días.	Tormenta	tendrá especial cuidado con los trabajadores con respecto a insolación o golpes de calor, por lo que, se tendrán puntos de hidratación en los frentes de trabajo. b) Se tendrá control y cuidado a las plantas en especial cuando las temperaturas sean altas. c) Durante la preparación del sitio y construcción, en caso de presentarse una tormenta extrema se suspenderán los trabajos y se reanudarán. d)Al existir alerta por tormentas o huracán se asegurarán los materiales y equipo, con el propósito de que no se vuelen por los fuertes vientos. e)Se desarrollará un plan de contingencias principalmente para fenómenos hidrometeorológicos. f) Se recibirá capacitación al personal y formación de brigadas en caso de presentarse un desastre natural.
Hidrológico	Un peligro causado por la ocurrencia, el movimiento y la distribución de agua dulcey salada a nivel superficial y subsuperficial.	Inundación Marea	
Climatológico	Un peligro causado por procesos atmosféricos de larga duración, de microescala a mesoescala, cuya variabilidad	Sequía	

			g) Se capacitará a cierto personal para primeros auxilios.

VII.1.2 Medidas de adaptación al cambio climático

El clima evoluciona, la cuestión es con qué rapidez y con qué margen de adaptación para los seres vivos. En poco más de un siglo la actividad humana ha aumentado la cantidad de CO_2, atmosférico en un 25% y doblado la concentración de metano; el reforzamiento consiguiente del efecto invernadero necesariamente dará lugar a un aumento de la temperatura, que se calcula de 1º C cada 30 años, mientras que desde la última glaciación su ritmo de cambio ha sido de 1º C cada 500 años.

Se han realizado una serie de reuniones para tratar de estudiar y proponer acciones para resolver este problema, es así como se llevó a cabo la reunión de Kioto en 1997 y a partir de este momento se han formado diversos grupos de expertos en el tema y es así como se forma el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) que fue establecido conjuntamente en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) con el objetivo de analizar la información científica necesaria para abordar el problema del cambio climático y evaluar sus consecuencias medioambientales y socioeconómicos, y de formular estrategias de respuesta realistas. (IPCC, 2007).

Desde su establecimiento, el IPCC ha producido una serie de informes de evaluación (1990, 1995, 2001, y en 2007), Informes Especiales, Documentos Técnicos y Guías Metodológicas que son ya obras de referencia de uso común, ampliamente utilizadas por responsables de políticas, científicos, y otros expertos y estudiosos. (IPCC, 2007).

El Acuerdo de París promueve la transición hacia una economía más limpia, baja en carbono y resiliente al clima. Para alcanzar esto, se requiere una combinación de planes estatales, acciones privadas y cooperación. En este último punto, existe el compromiso de la Unión Europea de destinar el 20% de su presupuesto de cooperación a acciones por el clima. La Unión Europea tiene diferentes programas en América Latina, entre los cuales figura el programa EUROCLIMA+ y Adelante, de cooperación triangular. El primero tiene siete componentes, entre ellos la gobernanza climática, que tiene el principal objetivo de fortalecer políticas públicas de cambio climático.

El segundo busca aportar en el fortalecimiento de las políticas públicas en general. Ambos programas suman esfuerzos para fortalecer el seguimiento y evaluación de políticas públicas de cambio climático en la región. FIIAPP, uno de los encargados de ejecutar el componente de gobernanza climática de EUROCLIMA+, tiene como misión apoyar a los países en la mejora del funcionamiento de sus sistemas públicos y que puedan implementar eficientemente su política pública. Este apoyo se provee sobre la base de tres ejes: Adaptar legislación, modernizar estructuras públicas y mejorar la capacidad de funcionarios públicos.

México, es altamente vulnerable a los efectos del cambio climático. Por ello, ha tomado muy en serio su responsabilidad tanto nacional como internacional. En el 2012 fue el primer país en publicar su política sobre cambio climático, que incluyó un apartado específico sobre presupuesto y fue además

el primer país en presentar su Contribución Nacionalmente Determinada (NDC, por sus siglas en inglés). A través de CONEVAL, INECC y SEMARNAT, ha hecho varios esfuerzos para reforzar políticas climáticas en torno a monitoreo y evaluación de políticas.

El cambio climático es un fenómeno que se manifiesta en un aumento de la temperatura promedio del planeta, directamente vinculada con el aumento en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, producto de actividades en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, producto de actividades humanas relacionadas con la quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón) y el cambio de uso de suelo (deforestación), generación de residuos sólidos (en exceso).

La única defensa razonable ante el cambio climático es la implementación de medidas que atenúen diversos impactos ambientales:

•Se llevarán registros de incidentes, derrames accidentales de aceites o de sustancias contaminantes.

•Se establecerá un almacén temporal de residuos sólidos urbanos dentro del área del proyecto.

•Los residuos generados en cada una de las actividades que contempla el Proyecto deberán recogerse diariamente al finalizar la jornada de trabajo y colocarse en los contenedores temporales.

•Se implementará el Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, con la finalidad de manejar adecuadamente los residuos en cada etapa y remitirlos a sitios autorizados.

•Se realizarán capacitaciones constantes al personal sobre la correcta clasificación de los residuos sólidos urbanos, además de que se explicarán acciones enfocadas en el reúso, reciclado y reducción de estos.

•Se colocarán contenedores rotulados de acuerdo con la siguiente separación: orgánico, inorgánico, papel, plástico, metal, vidrio, madera y tela.

•Los residuos generados por empaques, envolturas, plásticos y otros derivados de la movilización, colocación de señalética, etc., deberán ser colocados en los contenedores correspondientes y posteriormente, darles disposición final a través del servicio municipal.

•Los residuos depositados en los contenedores temporales (cuarto de basura) serán puestos a disposición final por parte del servicio municipal. No deberán durar más de una semana en almacenamiento temporal. Se vigilará la medida a través de bitácoras ambientales.

VII.2. Programa de vigilancia ambiental

El Programa de Vigilancia Ambiental que tiene como objetivo garantizar la protección de los recursos naturales susceptibles a recibir algún impacto negativo, así como establecer un sistema que garantice el cumplimiento de las acciones y medidas de mitigación incluidas en el presente documento.

VII.2.1 Objetivos y alcances

Objetivo general

Realizar un buen manejo y cuidado de los recursos naturales, logrando una convivencia con la naturaleza de alto significado ecológico.

Alcances

- Identificar y evaluar el estado de los componentes ambientales susceptibles a recibir impactos ambientales por medio de los indicadores.
- Garantizar la correcta aplicación de las medidas durante todas las etapas del proyecto.
- Comprobar la eficacia de las medidas implementadas, y si alguna no es la adecuada identificar el origen del impacto y corregirla con las acciones pertinentes.
- Detectar impactos no previstos, caracterizarlos e implementar las medidas correctas para atenuarlos.

La vigilancia ambiental tendrá dos ámbitos de aplicación:

a) El control de la calidad de la obra, es decir, la supervisión de que se ejecute según lo proyectado en lo relativo a la superficie de aprovechamiento programada; y
b) El control de la calidad de los componentes del entorno, a través de la medición o del cálculo de sus parámetros partiendo del estado cero, para poder corroborar o predecir su evolución de acuerdo con lo previsto.

Durante el plazo de termino, la redacción de los informes y el control de la calidad ambiental correrá a cargo del Supervisor Ambiental que será contratado, quien determinará el alcance y la metodología de los estudios y controles.

Para la obtención de los objetivos antes señalados la empresa promovente del proyecto, contratará para la obra los servicios de un Supervisor Ambiental (SA) que posea los conocimientos adecuados para llevar a buen término el presente programa.

Las tareas fundamentales del SA consistirán en:

- Conocer el DTU-BR y el resto de las condiciones ambientales señaladas en la autorización (una vez sea obtenida).
- Asistencia a la reunión de replanteo y realización de una visita bimestral durante el termino de las obras de los niveles. Y continuar el seguimiento durante la operación semestralmente.
- Identificar e informar sobre las posibles variaciones ambientales relacionadas con el proyecto, por impactos no contemplados o que no hayan sido lo suficientemente estudiados.
- Coordinar la aplicación de medidas correctoras.
- Vigilar que el proyecto se acote correctamente al desplante propuesto, fuera del cual no deberán ejecutarse actuaciones de ningún tipo.

- Evaluar y aprobar la referida acotación, así como la sistemática y el plan de obra adoptados por la Dirección de Obra.
- Al final de la vigilancia se realizará un Informe Técnico que se complementará y servirá para el rendimiento de Términos y Condicionantes.

Medidas generales

Durante el desarrollo del proyecto se llevarán a cabo actividades comunes a más de una etapa de desarrollo, principalmente para las etapas de preparación y construcción, como el empleo de la mano de obra, el almacenamiento y adquisición de materiales, por lo que se incluyen aquí las medidas para regular estas actividades:

Contratación de mano de obra.

El análisis de los impactos que podría generar la contratación de mano de obra merece un apartado especial, como punto de partida al análisis de los impactos ambientales, con la intención de darle un tratamiento general aun cuando se menciona los alcances en cada una de las etapas.

La contratación de la mano de obra se califica como un impacto benéfico, ya que se generan fuentes de empleo, sin embargo, también se dará atención a la educación ambiental

- Concientizar al personal en la importancia del uso adecuado de la infraestructura de apoyo, lo que se recomienda hacer periódicamente mediante un programa de pláticas durante el tiempo que duren las obras.
- Se colocarán suficientes contenedores para residuos de acuerdo con la reglamentación para facilitar la separación de los residuos y evitar que se coloquen de manera inadecuada, dichos recipientes deberán estar debidamente rotulados preferentemente con gráficos que muestren el tipo de basura que se debe colocar en cada uno de ellos.
- Los contenedores tendrán tapa y serán colocados en sitios estratégicos preferentemente con sombra.
- Se insistirá al personal en la importancia del uso de los sanitarios portátiles.
- Se mantendrá una continua vigilancia a las actividades de los trabajadores para supervisar que se esté haciendo uso de las estructuras de apoyo (sanitarios y contenedores para residuos).
- Se supervisará que todo el personal cuente con el Equipo de Protección Personal adecuado para salvaguardar su integridad.

Letreros informativos que deberán colocarse

Los letreros, dependiendo de su tipo, exhibirán anuncios como los siguientes:

Indicativos: flechas del sentido de circulación vehicular, máxima velocidad permitida, caminos, límites del predio, áreas verdes, ubicación de contenedores de residuos, utilización de sanitarios, entre otros.



Figura 1. Ejemplificación de letreros indicativos a colocarse en la obra.

Restrictivos: señalarán las actividades no permitidas como la caza, la extracción de especies nativas o encender fogatas. Recordarán el no abandonar desechos sólidos o líquidos en cualquier parte de la obra, especificarán el tipo de basura que se depositará en tal o cual contenedor, así como las restricciones de acceso a las áreas verdes, etc.



Figura 2. Ejemplificación de letreros restrictivos a colocarse en la obra.

Informativos: Señalarán la ubicación de las áreas dentro de la obra, las especies de animales que se pueden encontrar dentro del predio, las plantas nativas y sus características.



Figura 3. Ejemplificación de letreros informativos.

El Programa de Vigilancia Ambiental se sustentará por 3 ejes rectores:

Tabla 3. Ejes rectores del programa de vigilancia ambiental.

EJE	MEDIDAS
Componente seguimiento ambiental	Implementación de bitácora ambiental en donde se registrarán algún suceso de relevancia, tales como son los siguientes: • Vertidos o derrames: Se hace referencia con esto a aquellos vertidos o derrames líquidos o sólidos, que se produzcan intencionada o accidentalmente en la obra y que no se encontraban planteados en un principio. • Funcionamiento defectuoso: Se hace referencia con esto a funcionamientos defectuosos del equipo que puedan originar una posible afección al medio. • Accidentes: Se refiere a aquellos episodios que puedan motivar vertidos, derrames o funcionamientos defectuosos, ya sea de forma inmediata o futura. • Externalidades a la obra: Se hace referencia a episodios que no sean producidos por el desarrollo de la obra, sino que provengan de elementos externos, que, entrando en el recinto de la obra, afecten algún elemento que pueda resultar perjudicial para el medio ambiente. • Otros: En este apartado se incluirán cualquiera otro aspecto que no se encuentren englobados en los apartados anteriores.
Componentes informes técnicos	Para cada tipo de informe, se realizará una ficha que identificará, para cada fase del proyecto o actividad, las obras o acciones que se contemplan ejecutar; la forma, lugar y oportunidad de su ejecución; y la referencia de donde se describe detalladamente dicha obra o acción. También se elaborará otra ficha en la que se identificará, para cada fase del proyecto o actividad, la normativa de carácter ambiental aplicable, incluidos los

	permisos ambientales sectoriales; el componente ambiental involucrado; la forma en la que se dio cumplimiento a las obligaciones contenidas en dichas normas, y el organismo de la administración del gobierno competente en su verificación, si éste estuviere establecido. Una ficha más identificará para cada fase del proyecto o actividad, las obras o acciones que se ejecutaron; el componente ambiental involucrado; el impacto ambiental asociado; la descripción de la medida correspondiente, ya sea de mitigación, reparación, compensación, o de prevención; la forma de implementación; el indicador que permitió cuantificar, si corresponde, el cumplimiento de la medida; la oportunidad y lugar de su implementación; y la referencia de donde se describe detalladamente la medida. Tras la especificación de las medidas para todas las variables, se propone, en cuanto a la dimensión temporal durante el desarrollo del proyecto, un seguimiento que deberá comprender una visita bimestral al proyecto (etapa de preparación y construcción) y semestral (durante operación) , y la elaboración de un informe periódico en el que se señalen todas las incidencias observadas, se recojan todos los controles periódicos enumerados anteriormente con la periodicidad señalada, se indique el grado de eficacia de las medidas correctoras planteadas, el grado de acierto del Estudio y los resultados obtenidos con este Programa de Vigilancia Ambiental. Se dará un seguimiento a los términos y condicionantes que se establezcan en la Resolución del proyecto. Estos informes serán acompañados de un reportaje fotográfico y se enviarán al promovente a fin de que éste último realice las gestiones ambientales correspondientes
Componente de educación ambiental	Esta medida consiste en la impartición de pláticas ambientales dirigidas al personal responsable de ejecutar la etapa de preparación del sitio y construcción. Serán impartidas por un especialista en la materia; y tendrán como objetivo principal: hacer del conocimiento al personal, los términos y condicionantes bajo los cuales se autorice el proyecto, así como el grado de responsabilidad que compete a cada sector para su debido cumplimiento. Acción de la medida: La plática ambiental se llevará a cabo de manera previa a la etapa de preparación del sitio y construcción; cuya finalidad será promover el desarrollo del proyecto en apego a las medidas preventivas y de mitigación que se proponen en el presente capítulo, así como de los

	términos y condicionantes que se establezcan en la autorización del proyecto. Eficacia de la medida: El grado de eficacia de la medida depende del nivel de participación e iniciativa de los trabajadores para su aplicación; así como el nivel de supervisión que se pretenda aplicar para verificar su cumplimiento; por lo que requiere de medidas adicionales para alcanzar el 100% del éxito esperado.

VII.2.2 Fichas técnicas e indicadores de seguimiento

En cuanto los Programas Ambientales cada uno se enfocará en aplicar medidas correspondientes a cada factor ambiental afectado con el desarrollo del proyecto, se redactará un documento por cada programa, metodología, resultados, análisis y anexos, mismos que se resumirán en el Programa de Vigilancia Ambiental.

VII.2.3 Resultados esperados

Se presentarán informes por periodos de 6 meses o de acuerdo con lo que señale la autoridad, en donde se describirán y evidenciarán de forma textual y por medio de reportes fotográficos y bitácoras, los cumplimientos a las diferentes medidas de mitigación presentadas y diseñadas para el proyecto.

VII.3 Seguimiento y control (monitoreo)

Como se mencionó el Programa de Vigilancia Ambiental se presentarán informes y seguimiento de la aplicación de cada una de las medidas especificadas en este capítulo.

Tras la especificación de las medidas para todas las variables, se propone, en cuanto a la dimensión temporal durante el desarrollo del proyecto, un seguimiento que deberá comprender una visita bimestral al proyecto (etapa de construcción) y semestral (durante operación), y la elaboración de un informe periódico en el que se señalen todas las incidencias observadas, se recojan todos los controles periódicos enumerados anteriormente con la periodicidad señalada, se indique el grado de eficacia de las medidas planteadas, el grado de acierto del Estudio y los resultados obtenidos con este Programa de Vigilancia Ambiental.

Se deberá:

- Generar formatos para el seguimiento de condicionantes impuestas por la autoridad ambiental. Generar formatos para verificar los impactos supuestos en este estudio a fin de corroborar la validez del modelo y ecuación utilizados.
- Llevar bitácora y registro de todas las actividades que acontezcan la operación del proyecto.

- Se dará un seguimiento a los términos y condicionantes que se establezcan en la Resolución del proyecto. Estos informes serán acompañados de un reportaje fotográfico y se enviarán al promovente a fin de que éste último realice las gestiones ambientales correspondientes.

VII.4 Información necesaria para la fijación de montos para fianzas

El promovente estará en posibilidades de presentar la estimación del costo de las medidas de mitigación una vez que se resuelva la presente manifestación de impacto ambiental, ya que entonces se tendrán las condicionantes específicas que solicitará la presente autoridad.

VII.5 Estimación del costo de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso del suelo

VII.5.1 Análisis de la estructura y funcionalidad del ecosistema

El enfoque contemporáneo sobre los cambios en la vegetación puede ser considerado como una visión "dinámica" ó "cinética" en la cual no hay premisa de estabilidad a largo plazo o la existencia de un punto final en la sucesión vegetal (Drury y Nisbet, 1973). En este esquema se incorporan los disturbios como un factor de gran importancia y se acepta el cambio continuo de la vegetación como una norma (Picket y White, 1985). Un gran número de estudios empíricos en las últimas décadas, apoyan la idea de que el proceso de sucesión vegetal en un área determinada puede seguir múltiples caminos (Drury y Nisbet, 1973; Connett y Slatyer, 1977, Miles, 1987).

Gómez Pompa y Vázquez-Yanes, 1981, proponen el siguiente modelo general del proceso sucesional.

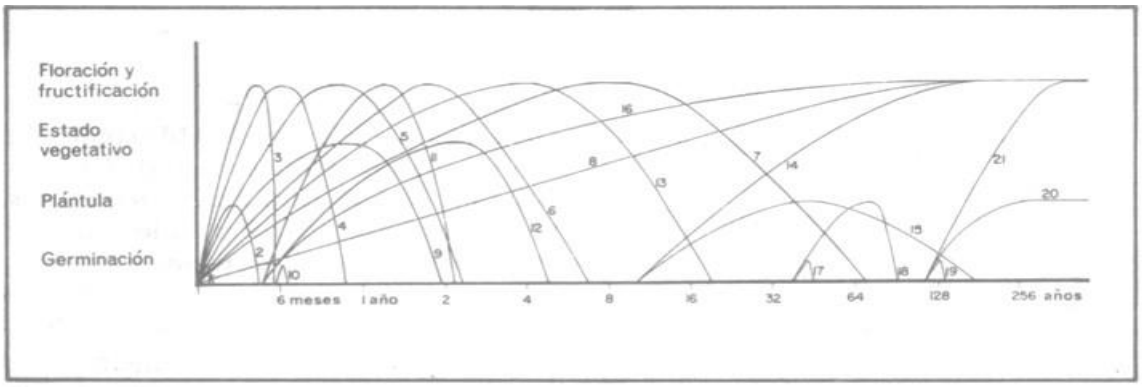


Fig. 1. Modelos de tipos de ciclos de vida a lo largo de un gradiente de tiempo en el proceso sucesional Cada uno representa un ciclo de vida, ya sea completo o incompleto, de las especies. 1) Germinan y mueren. 2) Germinan, producen algunas hojas y mueren. 3) Completan su ciclo de vida en pocos meses. 4) Anuales. 5) Bianuales. 6) Con un ciclo de vida de sólo pocos años (menos de 10). 7) Viven varias décadas y eventualmente mueren (de selvas secundarias viejas). 8) Primarias, que viven cientos de años y que aparecen desde el comienzo de la sucesión. 9) Nunca alcanzan el estado de reproducción sexual. 10) Germinan pocos meses después que la sucesión comienza y pronto mueren. 11) Anuales que germinan después que la sucesión comienza. 12) Germinan después que la sucesión comienza pero no alcanzan el estado de reproducción sexual. 13) Ciclo de vida corto (menos de treinta años). 14) Ciclo de vida largo, germinan cuando la sucesión está bien avanzada. 15) Germinan cuando la sucesión está avanzada y permanecen en estado de plántula o planta joven por algunos años. 16) Germinan algunos meses despues de que la sucesión comienza y tienen un ciclo de vida de varios cientos de años (especies primarias). 17) Germinan y mueren en estados sucesionales tardíos. 18) Germinan y viven en el estadio de plántula o planta joven en los estadios sucesionales tardíos y entonces mueren. 19) Germinan y mueren en la selva primaria. 20) Germinan y crecen hasta plántula o planta joven dentro de la selva primaria y permanecen esperando condiciones propicias para continuar creciendo. 21) Germinan y crecen en la selva primaria y pueden alcanzar el estado reproductivo presentando un ciclo de vida largo (especies primarias).

En las selvas tropicales, el comportamiento de las especies está en buena medida determinado por la disponibilidad de luz, y por dicha razón, el concepto de tolerancia e intolerancia a la sombra se mantiene como criterio básico para agrupar a las especies y así ayudar a entender los procesos de sucesión vegetal y desarrollo del bosque (Finegan, 1992).

El término gremio, se utiliza para definir a un grupo de especies que explota la misma clase de recursos de una manera similar, sin considerar la posición taxonómica (Root, 1967).

De esta forma, las plantas heliófitas o "pioneras" son aquellas que requieren un alto grado de iluminación para desarrollarse; las esciófitas o "no pioneras" son aquellas plantas tolerantes a la sombra en una primera fase de su desarrollo.

A su vez, el gremio de las plantas heliófitas se subdivide en efímeras y durables; las primeras lo integran aquellas especies que colonizan los claros en altas densidades, son de crecimiento rápido y ciclo de vida relativamente corto, en tanto que las heliófitas durables son especies de vida relativamente larga, con crecimientos entre rápido y regular que llegan a alcanzar grandes dimensiones.

El gremio de las esciófitas se subdivide en parciales, que son aquellas que se desarrollan en la sombra, pero que requieren de luz para pasar a su etapa final de desarrollo; las esciófitas totales crecen bajo la sombra y se regeneran en cualquier lugar bajo el dosel del bosque.

Finalmente, las especies H/E ponen de manifiesto que ciertas especies pueden ser tolerantes tanto a condiciones de iluminación elevada como a la sombra. Y se trata de palmas que son sumamente resistentes a la mayoría de las perturbaciones naturales y humanas.

De acuerdo con Berger (1993), la regeneración natural ha ocurrido sin la intervención del hombre, siendo un proceso extremadamente lento e incierto para nuestros objetivos. Por lo cual, es necesario recurrir a las técnicas de restauración ecológica para acelerar este proceso y por lo tanto la recuperación del ecosistema, ya que reduce al mínimo el tiempo en que el sitio permanece expuesto a la erosión. Además, el rápido desarrollo de un dosel evita el crecimiento de los agresivos pastos exóticos que usualmente dominan las áreas perturbadas y que llegan a detener el proceso de sucesión vegetal.

La restauración ecológica comienza con la eliminación de los factores que impiden la recuperación del sistema, siendo de vital importancia la definición de la problemática del sitio, así como sus relaciones con los sistemas humanos.

En este sentido, el paso inicial deberá ser la restitución del suelo, es decir, en caso de que se hubiera tendido una capa de material pétreo, ésta deberá ser retirada, ya que determina en última instancia la distribución y abundancia de la vegetación en la superficie que pudiera sujetarse a los trabajos de restauración ecológica. Dado que impide una adecuada la infiltración de agua al subsuelo, y limita el espacio físico de la siembra de planta.

En este momento puede plantearse el escenario en el corto plazo, uno a dos años, resultando que desde las primeras semanas el suelo se ha cubierto de forma natural con plantas herbáceas como *Scleria lythosperma, Arrabidaea floribunda, Serjania goniacarpa* y *Morinda yucatanensis* entre otras

especies del gremio de las heliófitas efímeras. El desarrollo de especies herbáceas anuales asegura la floración y producción de semillas; esta oferta de alimento comenzará con la atracción de fauna silvestre como chupadores de néctar (aves e insectos lepidópteros, himenópteros, etc.), insectívoros como reptiles, aves, pequeños mamíferos como ratones.

De esta manera se favorece la reintroducción de especies heliófitas durables como *Lysiloma latisiliquum, Acanthocereus pentagonus, Nopalea inaperta, Bursera simaruba, Jatropha gaumeri, Spondias purpurea, Thevetia gaumeri* y *Piscidia piscipula*. Con la germinación, crecimiento y desarrollo de nuevas plantas, se reinician los servicios ambientales suspendidos como captura de carbono, generación de oxígeno, provisión de agua en calidad y cantidad y estabilización del proceso de evaporación.

Asimismo, es factible la reintroducción de palmas como el guano (*Sabal yapa*), que son especies tolerantes tanto a condiciones de iluminación intensa, como a la sombra.

A partir de los 3 años, y una vez que se empieza a formar un dosel, las especies anuales o bianuales empiezan a ser sustituidas por especies con ciclos de vida más largos; esta etapa es conocida como "fase de surgimiento o de estructuración", en consecuencia, es factible la reintroducción de especies esciófitas parciales, como es el caso del kitimche (*Caesalpinia gaumeri*), Guayabillo (*Psidium sartorianum*), Ya´axxu´ul (*Lonchocarpus yucatanensis*), Box k´opte (*Cordia curassavica*), Kanchunup (*Thouinia paucidentata*), granadillo (*Platymiscium yucatanensis*), entre otras.

En esta fase se comienza a ver una estructura más definida de la vegetación con gran presencia de especies espinosas y alturas máximas de 3 metros. En consecuencia, se fortalece la formación así como la protección del suelo, captura de carbono, presencia de vida silvestre, captación de agua.

En cuanto a fauna, ya se pueden observar mamíferos pequeños como ratones, gran cantidad de aves, insectos y pequeños reptiles como las lagartijas.

En este periodo se realizará otra siembra de palmas, como el guano (Sabal yapa) y se recomienda el establecimiento de esta especie en toda la superficie del predio.

Después de los 10 años se espera el establecimiento de forma natural (sin que sean plantados) de especies esciófitas totales como *Platymiscium yucatanum, Hampea trilobata* y *Sideroxylum retusa* entre otras ya que es posible apreciar una tendencia de dicho gremio a presentarse solo en formaciones selváticas maduras (Sánchez et al, 2007). Por lo tanto, en esta fase ya no se realizan actividades de fomento encaminadas al establecimiento de nuevas especies dado que la vegetación habrá creado de forma natural las condiciones micro ambientales propicias para continuar con su desarrollo como es una cobertura de copa superior al 70%, debido que se espera que la altura promedio del arbolado sea de unos de los 7 metros, con fustes bien definidos y diámetros del arbolado dominante de 15 a 30 cm.

De esta forma, podemos esperar la conformación de una "selva juvenil" con dominancia en el estrato superior de especies heliófitas y en el estrato inferior ya se podría observar un grupo conspicuo de especies esciófitas totales que inician la colonización del estrato inferior.

Desde un principio, pero principalmente en esta etapa, se debe poner especial atención en la prevención y combate de incendios forestales, debido a que, con el tiempo, se desarrollan condiciones de diversidad biológica, estructura horizontal y vertical, funcionalidad y generación de una serie de servicios ambientales, la cual es necesario preservar, si bien existen riesgos periódicos como los huracanes que pueden detener e incluso retrasar a la sucesión vegetal. En caso de que los monitoreos detecten que la sucesión vegetal se encuentra detenida, deberá sembrarse una mezcla de especies pioneras y no-pioneras.

La reforestación de todas las especies deberá realizarse en el periodo de lluvias y la planta deberá ser llevada al terreno cuando alcance una altura mayor a los 30 cm, ya que de esta forma se incrementa considerablemente la probabilidad de que las especies rastreras y enredaderas no lleguen a suprimirlas.

Finalmente, la biomasa de la selva original puede recuperarse después de algunas décadas (Finegan, 1996); asimismo, la diversidad de especies que existió ahí alguna vez, con todas sus interacciones ecológicas, puede tardar muchos años en restaurarse.

En resumen, se contempla la realización de trabajos de reforestación con mezcla de especies nativas características de la selva mediana caducifolia de la región; así como su mantenimiento y vigilancia por un periodo de 10 años. Para lo cual, el objetivo será alcanzar un acahual o hubché de baja riqueza de especies arbóreas (nueve en total), densidades intermedias de individuos, bajas existencias volumétricas y alturas promedio de 4 a 8 metros. También se espera que la vegetación secundaria que se restablezca alcance una estructura vertical y horizontal dominada por especies heliófilas con la presencia de especies esciófitas en los estratos bajos, similar a la que se encuentra en la actualidad en el predio estudiado. Sin embargo, se mantendrá la vigilancia hasta los 10 años, para asegurar un desarrollo aún mayor de la vegetación resultante.

Para la estimación de los costos de las actividades de restauración con motivo del eventual cambio de uso del suelo en terrenos forestales, se realizará una estimación en función de lo que costaría la recuperación de la vegetación a una condición similar a la que presenta actualmente el predio, para lo cual se consideran los siguientes precios y trabajos de campo.

VII.5.1.1 Estimación de los costos de las actividades de reforestación

Podemos considerar que la restauración forestal se refiere al conjunto de actividades tendientes a la rehabilitación de un ecosistema forestal para recuperar parcial o totalmente sus funciones originales.

De este modo, tenemos que las eventuales actividades de restauración forestal han sido seleccionadas y clasificadas tomando en cuenta que la superficie solicitada para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales alcanza una superficie total de 20.5351 ha.

De esta forma, la restauración de la superficie implicaría la eventual implementación de una serie de actividades programáticas con el objetivo de restablecer en la totalidad de la superficie (20.5351

ha.), las condiciones y características de desarrollo que actualmente ostenta la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia.

La estimación de los costos de las actividades de restauración forestal con motivo del eventual cambio de uso del suelo en terrenos forestales se fundamenta en la capacidad de regeneración natural de la vegetación descrita en el presente documento y estimado en función de lo que costaría la recuperación de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, a una condición similar a la que presenta actualmente en este predio.

Se recopilaron costos actualizados de servicios y productos necesarios para llevar a cabo las actividades de restauración propuestas. Asimismo, la lista de actividades de restauración que se presenta es enunciativa más no limitativa, ya que se han tomado en cuenta las principales actividades para llevar a cabo la restauración, mismas que a continuación se enlistan y desglosan:

- Limpieza o deshierbe
- Apertura de cepas
- Compra de planta
- Transporte
- Reforestación
- Mantenimiento del área restaurada
- Chapeo de malezas
- Reposición de plantas (replante)
- Monitoreo
- Asistencia Técnica

Limpieza o Deshierbe

Los trabajos de deshierbe del área a restaurar se realiza con la ayuda de herramientas como azadón, coa, hacha o machete, entre otras. De esta forma sólo se trabaja el área donde se colocará la planta, evitando afectaciones innecesarias.

Apertura de cepas

Consiste en hacer un hoyo de dimensiones variables según la calidad del terreno, puede ser cúbico o cilíndrico, generalmente de 30 x 30 x 30 cm, aunque esto varía de acuerdo con la calidad del terreno. La forma de hacer la cepa es la siguiente:

1) Se abre un hoyo de las dimensiones deseadas con ayuda de una pala. En sitios con suelos muy compactados se tendrá que auxiliar con pico o barreta.

2) La tierra que se extraiga de la cepa se amontona a un lado de ésta, para permitir su oreado, así como el de las paredes de la cepa.

Transporte

Previo a la movilización de las plantas al sitio de reforestación, estás serán sometidas a un riego ligero, para evitar su deshidratación. Durante su carga y descarga, se amarrarán las puntas de las hojas evitando daños mecánicos, en el caso de individuos con alturas mayores a los 30 cm que presenten tallos relativamente frágiles, deberán ser atados a una vara de madera (tutor) para evitar que se dañe el tallo.

Reforestación

Consiste en la siembra de las plantas forestales en las cepas abiertas con anterioridad, es importante considerar que la distancia entre planta y planta dependerá del espaciamiento que la especie demande al ser adulta, tomando en cuenta sus etapas juveniles. El Manual Básico elaborado por la Comisión Nacional Forestal, propone una densidad de 625 a 900 plantas considerando vegetación de "selvas medianas y altas"; de acuerdo con el siguiente cuadro.

Tabla 4. Densidades promedio de siembra recomendada por tipo de ecosistema (reglas de operación PROÁRBOL).

TIPO	Ecosistema (densidad por ha)			
	BOSQUES DE CONÍFERAS	SELVAS MEDIANAS Y ALTAS	SELVAS BAJAS	ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS
Con planta de vivero	Máximo 1,600	Máximo 900	Máximo 900	Máximo 2,000
	Mínimo 1,100	Mínimo 625	Mínimo 625	Mínimo 800
Con material vegetativo	No aplica	No aplica	No aplica	Máximo 4,000
				Mínimo 1,100

Después de colocar cada planta en la cepa correspondiente, primero deberá depositarse la tierra superficial y después la del fondo que se encuentra menos intemperizada; además será necesario compactar con el pie la siembra recién hecha, a fin de eliminar los espacios vacíos que inhiben el crecimiento de la raíz.

La planta será adquirida en viveros autorizados por la autoridad, requiriéndose de individuos con una altura mínima de 30 cm, con un eje central y raíces laterales bien distribuidas, sin raíces envolventes ni creciendo hacia arriba o enraizadas en el terreno, sin malformaciones o plagas.

Para este caso se propone una densidad de 900 plantas/ha (con un espaciamiento de 3.3 X 3.3 m) y un porcentaje mínimo de sobrevivencia del 80%. El trazo será en marco real, dado que permite obtener una SIEMBRA uniforme que facilita su mantenimiento, manejo y protección.

Considerando que la superficie total a reforestar es de 20.5351 hectáreas, se estima que se requerirá un total de 18,482 plantas para la reforestación de dicha superficie; contemplando un 20% adicional de plantas (3,696 individuos para la reposición de una pérdida estimada en dicho porcentaje) nos da un total de 22,178 plantas.

La reforestación debe llevarse a cabo durante la época de lluvias, una vez que el suelo se encuentra perfectamente húmedo y la temporada de lluvias se haya consolidado, es decir, cuando las precipitaciones son constantes. De esta manera la planta cuenta con mayor tiempo para establecerse, antes de que se presenten condiciones estresantes, como pueden ser temperaturas extremas, sequías o vientos muy fuertes.

VII.5.1.2 Estimación de los costos de la implementación de las obras de conservación de suelo

Se tiene considerado la construcción de dos sistemas zanja bordo de 355 m lineales de largo (cada uno), por una anchura de 0.4 m y una profundidad de 0.4 m. Este tipo de obras son zanjas y bordos continuos que se construyen siguiendo la curva de nivel y en donde el volumen de excavación se coloca aguas abajo para formar un bondo, que es justamente donde en este caso se pueden sembrar las especies consideradas en la restauración forestal. Este tipo de obras disponen de diques divisores cada 20 m lineales para controlar la velocidad del flujo de agua, además de reportar los siguientes beneficios: disminuyen la velocidad de los escurrimientos, favorecen una mayor infiltración de agua, retienen humedad y favorecen el desarrollo de las especies forestales.

Tabla 5. Costo estimado de las obras de conservación de suelo

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO ($)	CANTIDAD REQUERIDA	COSTO DE LA ZANJA BORDO /100 m ($)	COSTO DE LA ZANJA BORDO /10 m ($)
Trazo de curvas a nivel	Jornal	$350.00	0.25	$87.50	$17.50
Limpia del terreno	Jornal	$350.00	0.38	$133.00	$26.60
Excavación	Jornal	$350.00	6	$2,100.00	$420.00
Conformación del bordo	Jornal	$350.00	2	$700.00	$140.00
				$3,020.50	**$604.10**

FUENTE: CONAFOR 2007

De esta forma tenemos que cada obra de conservación de suelos conocida como zanja bordo, con una longitud de 355 m costará $10,723.00 aproximadamente. Por lo tanto, la construcción de dos sistemas zanja bordo importan un total de $21,446.00.

VII.5.1.3 Estimación de los costos de la implementación de las actividades de mantenimiento

El mantenimiento de las obras realizadas consiste en una serie de acciones encaminadas a favorecer el establecimiento de la plantación, tal como es el replante, riegos de emergencia, control de maleza, etc. de tal manera que tengan mayor probabilidad de sobrevivencia. Esta actividad se mantendrá por dos años, que es el periodo mínimo necesario para que se considere establecida una plantación. Es importante mencionar que el control de la maleza o chapeo de la vegetación se realizará a medio

metro de radio alrededor del sitio donde fue plantado cada ejemplar, y se llevará a cabo con una periodicidad semestral, es decir, dos veces al año.

Asistencia técnica.

Para la restauración del área, las actividades aquí mencionadas deberán ser dirigidas por personal capacitado durante el tiempo mínimo necesario para que la vegetación alcance las tallas, composición y nivel de desarrollo que tiene actualmente, si bien se procurará que llegue a un desarrollo estructural aún mayor. Se recomienda que esta actividad deba realizarse por un período no menor a los 10 años.

En el siguiente cuadro se presentan los costos unitarios por unidad de superficie (hectárea) que serán requeridos para cada actividad de restauración. El importe total por hectárea a lo largo de 10 años se estima en alrededor de $ 506,295/ha 00/100 M.N.

Tabla 6. Conceptos y costos de las actividades de restauración forestal por unidad de superficie (ha).

CONCEPTO	UNIDADES	COSTO UNITARIO	NÚMERO DE UNIDADES	MANO DE OBRA	MATERIALES Y/O MAQUILA	COSTO TOTAL/HA
1.- ESTABLECIMIENTO				**67,215.00**	**33,900.00**	**101,115.00**
1.1.- Preparación del terreno				**6,300.00**	**0.00**	**6,300.00**
Limpieza	Jornales	350.00	6.00	2,100.00	0.00	2,100.00
Despiedre y desenraice	Jornales	350.00	4.00	1,400.00	0.00	1,400.00
Guardarraya	Jornales	350.00	8.00	2,800.00	0.00	2,800.00
1.2.- Material vegetativo				**0.00**	**33,900.00**	**33,900.00**
Costos de planta reforestación	Planta	30.00	900.00	0.00	27,000.00	27,000.00
Costos de planta replante	Planta	30.00	180.00	0.00	5,400.00	5,400.00
Transporte de plantas	Planta	1500.00	0.75	0.00	1,500.00	1,500.00
1.3.- Plantación				**26,915.00**	**0.00**	**26,915.00**
Trazo y alineación	Jornales	350.00	4.00	1,400.00	0.00	1,400.00
Apertura de pocetas	Jornales	350.00	9.00	3,150.00	0.00	3,150.00
Plantación y fertilización	Jornales	350.00	53	18,427.50	0.00	18,427.50
Replantación	Jornales	350.00	11	3,937.50	0.00	3,937.50

1.4.-Riegos emergentes				**14,000.00**	**0.00**	**14,000.00**
Cercado	Jornales	350.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Riegos	Jornales	350.00	40.00	14,000.00	0.00	14,000.00
1.5.- Materiales				**20,000.00**	**0.00**	**20,000.00**
Picos o Coa	Pieza	250.00	12.00	3,000.00	0.00	3,000.00
Aspersora manual	Pieza	2500.00	2.00	5,000.00	0.00	5,000.00
Palas y carretillas	Pieza	1000.00	12.00	12,000.00	0.00	12,000.00
2.- CULTIVO Y MANTENIMIENTO				**28,700.00**	**4,000.00**	**32,700.00**
2.1.- Labores culturales (mano de obra)				**28,700.00**	**0.00**	**28,700.00**
Deshierbe	Jornales	350.00	36.00	12,600.00	0.00	12,600.00
Aplicación de fertilizantes	Jornales	350.00	4.00	1,400.00	0.00	1,400.00
Podas	Jornales	350.00	6.00	2,100.00	0.00	2,100.00
Aclareos	Jornales	350.00	2.00	700.00	0.00	700.00
Cajeteo	Jornales	350.00	4.00	1,400.00	0.00	1,400.00
Prevención de plagas y enfermedades	Jornales	350.00	30.00	10,500.00	0.00	10,500.00
2.2.- Adquisición de insumos				**0.00**	**4,000.00**	**4,000.00**
Compra de fertilizante	Kilogramo	4.00	250.00	0.00	1,000.00	1,000.00
Compra de insecticidas	Kg y lts (lote)	1800.00	1.00	0.00	1,800.00	1,800.00
Compra de combustible y lubricantes	Litros	60.00	20.00	0.00	1,200.00	1,200.00
3.- PROTECCIÓN Y VIGILANCIA				**121,800.00**	**0.00**	**121,800.00**

Mantenimiento de Brechas	Jornales	350.00	60.00	21,000.00	0.00	21,000.00
Vigilancia	Jornales	350.00	3600.00	100,800.00	0.00	100,800.00
4.- DIVERSOS				**247,480.36**	**3,200.00**	**250,680.36**
Adquisición de equipo y herramientas	Lote	3200.00	1.00	0.00	3,200.00	3,200.00
Administración	Contrato	2500.00	12.00	107,600.16	0.00	107,600.16
Asistencia técnica	Contrato	6500.00	6.00	139,880.21	0.00	139,880.21
TOTAL DEL COSTO POR HA				**465,195.36**	**41,100.00**	**506,295.36**

Bajo el supuesto de que se hubiera efectuado el cambio de uso de suelo y desde la perspectiva del análisis de estructura y funcionalidad del ecosistema, lo que costaría llevar un área de 20.5351 ha, a un estado cuando menos con el mismo grado de desarrollo (antes del cambio de uso del suelo), es decir, a una condición similar a como se encuentra actualmente, alcanza un monto aproximado de $ 10'396,816 ; lo cual implica realizar una serie de labores culturales para lograr el establecimiento de las especies requeridas, así como proporcionar el mantenimiento, vigilancia y monitoreo por un periodo de 10 años.

El costo promedio anual para la realización de estas actividades en la superficie propuesta para el eventual cambio de uso de suelo (20.5351 ha), es de alrededor de $ 1´039,682 pesos M.N. anuales.

En el siguiente cuadro se presentan los costos/ha de las actividades de restauración a lo largo de los 10 años que se proponen para su ejecución.

Tabla 7. Estimación del costo de las actividades de restauración por hectárea por un periodo de 10 años.

CONCEPTO	COSTOS DE REFORESTACIÓN Y MANTENIMIENTO A 10 AÑOS PARA 1 HA										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL
1.- ESTABLECIMIENTO	**85215**	**8900**	**3500**	**3500**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**101115**
1.1.- Preparación del terreno	**6300**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**6300**
Limpieza	2100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2100
Despiedre y desenraice	1400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1400
Guardarraya	2800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2800

1.2.- Material vegetativo	**28500**	**5400**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**33900**
Costo de plantas	27000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27000
Costos de planta replante	0	5400	0	0	0	0	0	0	0	0	5400
Transporte de plantas	1500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1500
1.3.- Siembra o plantación	**26915**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**26915**
Trazo y alineación	1400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1400
Apertura de pocetas	3150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3150
Plantación y fertilización	18427	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18427
Replantación	3938	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3938
1.4.- Riegos Emergentes	**3500**	**3500**	**3500**	**3500**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**14000**
Cercado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Riegos	3500	3500	3500	3500	0	0	0	0	0	0	14000
1.5.- Materiales	**20000**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**20000**
Picos	3000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3000
Aspersora manual	5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5000
Palas y carretillas	12000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12000
2.- CULTIVO Y MANTENIMIENTO	**6950**	**7650**	**7650**	**2750**	**1050**	**1050**	**1050**	**1750**	**1050**	**1750**	**32700**
2.1.- Labores culturales	**5950**	**6650**	**6650**	**1750**	**1050**	**1050**	**1050**	**1750**	**1050**	**1750**	**28700**
Deshierbes	4200	4200	4200	0	0	0	0	0	0	0	12600
Aplicación de fertilizantes (año 1 al 4)	350	350	350	350	0	0	0	0	0	0	1400

Podas	0	700	700	0	0	0	0	0	0	700	2100
Aclareos	0	0	0	0	0	0	0	700	0	0	700
Cajeteo	350	350	350	350	0	0	0	0	0	0	1400
Prevención de plagas y enfermedades	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	10500
2.2.- Adquisición de insumos	**1000**	**1000**	**1000**	**1000**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**4000**
Compra de fertilizante	250	250	250	250	0	0	0	0	0	0	1000
Compra de insecticidas	450	450	450	450	0	0	0	0	0	0	1800
Compra de combustible y lubricantes	300	300	300	300	0	0	0	0	0	0	1200
3.- PROTECCIÓN Y VIGILANCIA	**12180**	**12180**	**12180**	**12180**	**12180**	**12180**	**12180**	**12180**	**12180**	**12180**	**121800**
Mantenimiento de Brechas	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	21000
Vigilancia	10080	10080	10080	10080	10080	10080	10080	10080	10080	10080	100800
4.- DIVERSOS	**25548**	**25548**	**25548**	**25548**	**24748**	**24748**	**24748**	**24748**	**24748**	**24748**	**250680**
Adquisición de equipo y herramientas	800	800	800	800	0	0	0	0	0	0	3200
Administración	10760	10760	10760	10760	10760	10760	10760	10760	10760	10760	107600
Asistencia técnica	13988	13988	13988	13988	13988	13988	13988	13988	13988	13988	139880
TOTAL DEL COSTO POR UNA HECTÁREA.	**129,893**	**54,278**	**48,878**	**43,978**	**37,978**	**37,978**	**37,978**	**38,678**	**37,978**	**38,678**	**506,295**

CAPÍTULO VIII:

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

ÍNDICE DE CONTENIDO

VIII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 3
VIII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto 3
VIII.2 Descripción y análisis del escenario con proyecto sin medidas de mitigación 4
VIII.3 Descripción y análisis del escenario con proyecto y con medidas de mitigación 5
VIII.4 Pronostico ambiental 5
VIII.5 Evaluación de alternativas 5
VIII.6 Conclusión 6

VIII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

En lo siguiente se presenta un análisis para visualizar los posibles escenarios futuros del sitio donde se pretende desarrollar el proyecto, considerando los impactos de las obras y actividades. Para lo cual, se realiza la proyección de tres escenarios, el primero sin la ejecución del proyecto, el segundo con la realización de éste sin considerar las medidas de mitigación, mientras que el tercero, con el desarrollo aplicando dichas medidas; lo anterior, con la finalidad de lograr una perspectiva de la situación referente a los aspectos ambientales y técnicos.

Cada escenario resultante parte de la tendencia de los procesos que actualmente ocurren en la región de manera independiente a la ejecución del proyecto, e incorpora además de los impactos potenciales asociados con su construcción y las medidas de mitigación establecidas en el estudio.

VIII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto

En lo siguiente, se describe el escenario sin considerar el proyecto como variable de cambio. Este análisis se basa en las tendencias de cambio esperadas para el Sistema Ambiental Regional, considerando los instrumentos de planeación que regulan la zona, ya que las tendencias de cambio más importantes dependen en gran medida de los usos de suelo permitidos para cada zona del SAR.

A continuación, se describe el escenario para el sistema ambiental de estudio sin considerar el proyecto como variable de cambio. Este análisis se basa en las tendencias de cambio esperadas para el Sistema Ambiental, considerando los instrumentos de planeación que regulan la zon El sitio del proyecto está regulado por el Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL) del municipio de Benito Juárez. El proyecto se ubica dentro de la Unidad de Gestión Ambiental número 11, denominada "Ejido Puerto Morelos".

Asimismo, se debe considerar que el proyecto propuesto en el presente documento es una modificación a la superficie y la profundidad autorizada por la Secretaría de Ecología y Medio Ambientes (SEMA) del estado de Quintana Roo, mediante Oficio No. SEMA/DS/2507/2019 de fecha 5 de agosto de 2019, con base en la evaluación integral de los impactos ambientales, económicos y sociales para el desarrollo de la región. La superficie se modifica de los 150,000 m² autorizados una superficie de 205,350.81 m² y la profundidad de 7 m.

Tabla 1. Desglose de superficie de la autorización de SEMA y la solicitada en este documento.

	MODIFICACIÓN SOLICITADA	
CONCEPTO	AUTORIZACIÓN SEMA No. SEMA/DS/2507/2019	SOLICITUD DEL PRESENTE ESTUDIO
SUPERFICIE (m²)	150,000 .00	205,350.81
PROFUNDIDAD (m)	5.00 (encima del mf)	7.00 (por debajo del mf)

Por lo que, el aprovechamiento de material en la parcela 1181 se realizará a pesar de que no se aproveche por debajo del manto freático. Entonces, de acuerdo con el escenario descrito sin que el proyecto surja como elemento de variabilidad en el ambiente, es decir, sin que se llevara a cabo dentro del SA, este sistema se encuentra destinado a grandes cambios en su entorno, pues como se ha mencionado anteriormente, se trata de una zona de banco de materiales en las que se pueden llevar a cabo actividades industriales a la par.

De no autorizarse el proyecto en los términos planteados en el presente estudio no se alcanzaría ninguno de los beneficios socioeconómicos señalados con anterioridad.

VIII.2 Descripción y análisis del escenario con proyecto sin medidas de mitigación

La construcción de este escenario se realizará tomando como bases las tendencias de cambio descritas anteriormente y sobreponiendo los impactos ambientales relevantes que generará el proyecto en el sistema ambiental. En este apartado no se incluyen medidas de mitigación.

Los impactos ambientales más relevantes que generará el proyecto son los siguientes:

1. Afloramiento del nivel freático por la extracción del material pétreo.
2. Alteración de la calidad del agua subterránea por cambio en la concentración de sólidos disueltos.
3. Alteración del acuífero por intrusión salina.
4. Desbalance hidrológico en la unidad hidrológica.
5. Suspensión y emisión de partículas en el aire por las actividades del proyecto.
6. Emisión de gases al aire por maquinaria y equipos.
7. Alteración en los niveles del ruido en el predio.
8. Modificación en el relieve natural.
9. Contaminación del suelo por fugas, derrames de combustibles, residuos sólidos urbanos.
10. Disminución de la porosidad del suelo, compactación del suelo y permeabilidad.
11. Pérdida del suelo y manto rocoso por extracción de roca caliza
12. Fracturas y derrumbes en el subsuelo por extracción de roca caliza
13. Desmonte (retiro de vegetación en 20.5350 has) y pérdida de captura de carbono
14. Pérdida de hábitat flora.
15. Pérdida de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
16. Pérdida y desplazamiento de ejemplares.
17. Alteración del hábitat
18. Modificación de la cuenca paisajística
19. Demanda de mano de obra (empleo), insumos y servicios.

Con lo anterior tenemos que el SAR con la puesta en marcha del proyecto sin considerar las medidas propuestas, mantiene la tendencia de crecimiento prevista en los instrumentos de planeación urbana, pero además ve deteriorada la calidad ambiental del centro de población.

La magnitud del deterioro es considerable, sin la aplicación de las medidas de prevención y mitigación propuestas, ya que estas evitaran que deteriore en mayor grado el ambiente, ya que como puede observarse, la mayoría de los impactos resultan acumulados al aprovechamiento anterior.

El escenario ambiental que se espera con el proyecto, pero sin aplicar medidas de mitigación, se considera que será adverso, toda vez que al manejarse de manera inadecuada los residuos sólidos generados y las aguas residuales generadas por la puesta en marcha del proyecto, se propiciará la contaminación del sitio; sin aplicarse la planeación adecuada de las voladuras se propiciará afectaciones mayores como mayor vibración por la sobrepresión. Sin la aplicación de medidas de

mitigación se considera que el proyecto generará un decremento en el valor de los factores ambientales.

VIII.3 Descripción y análisis del escenario con proyecto y con medidas de mitigación

El proyecto traerá beneficios a corto, mediano y largo plazo en el ámbito socioeconómico y ambiental, puesto que se favorecerá el suministro de insumos para la construcción que sirven a apoyo a la industria de la construcción de proyectos de servicios y turismo en un municipio que depende de esta actividad como principal fuente de ingresos.

Para el desarrollo de este escenario se considera la misma tendencia de desarrollo en el sistema ambiental y los mismos impactos que fueron indicados en apartados anteriores, pero analizándolo a la luz de las medidas de mitigación propuestas, destacando las mejoras que pudiera presentar la región en estudio la implementación de las mismas.

a) No se presenta contaminación del suelo y agua subterránea dado que en todas las etapas del proyecto se da un correcto manejo a los residuos. Se utiliza contenedores, por tanto, la disposición final se hace en condiciones de seguridad y con mínimos impactos al ambiente.

b) La modificación, y pérdida de las condiciones del espesor del agua dulce en el subsuelo, se ven controladas, ya que se limita a las profundidades autorizadas para el desarrollo del proyecto.

VIII.4 Pronostico ambiental

A partir de los tres escenarios podemos pronosticar que el sistema ambiental, con o sin proyecto, continuará una tendencia de crecimiento en la cual se tendrá cada vez mayor superficie de aprovechamiento por la demanda de material pétreo para la industria de la construcción; todo esto en detrimento de los ecosistemas que aún se presentan dentro de su superficie. Esto se debe a gran medida a que se trata de un área turística, la cual presenta una tendencia hacia el crecimiento de los desarrollos turísticos y de servicios, así como de la población.

El desarrollo de la obra propuesta, tendrá un impacto menor que el uso de nuevas áreas naturales para el aprovechamiento de material pétreo dentro del sistema ambiental, siempre y cuando se apliquen las medidas propuestas en este documento, esto se debe a que, de acuerdos con los instrumentos de planeación ambiental, el proyecto cumple con los parámetros establecidos para garantizar la protección de ecosistemas, lo que permite que se siga con la tendencia de crecimiento pronosticada, pero dentro de los límites del desarrollo sustentable.

VIII.5 Evaluación de alternativas

No se tienen alternativas en cuanto a la ubicación del aprovechamiento, por lo que un sitio alternativo implicaría la búsqueda de un nuevo terreno disponible para el arrendamiento y pérdidas económicas y de vegetación.

VIII.6 Conclusión

En conclusión, el escenario esperado para el proyecto, es viable. Los impactos esperados son mitigables, prevenibles y los impactos residuales mitigables; siempre que se apliquen las medidas de mitigación previstas en este estudio.

Considerando las condiciones del sitio en el que se propone el aprovechamiento, en función del espacio estudiado que la acoge, de la valoración de los impactos ambientales adversos potenciales previsto y de las medidas de protección propuestas, se estima que el cambio en el SAR, a consecuencia del aprovechamiento, es irrelevante en términos de ocupación territorial y consumo de recursos.

De la valoración realizada, se estimó que existirán impactos positivos que, dadas las condiciones socioeconómicas de la zona, han de ser potenciados. Los negativos, al ser mitigados, mantienen residuales bajos que, en el contexto del SAR son también irrelevantes.

No se omite indicar que, hasta cierto punto, en toda evaluación ambiental existe un grado de incertidumbre sobre los impactos ambientales derivado de la complejidad de los sistemas naturales. Para minimizar esta posible fluctuación el proyecto se basa en la adopción del principio de precaución que lleva a proponer medidas, incluso, para los impactos ambientales de mínima magnitud. Las medidas especificadas y aquellas planteadas en este documento permiten que el proyecto incida favorablemente en el contexto del Sistema Ambiental Regional.