MANIFIESTO DE IMPACTO AMBIENTAL

PROMOVENTE

“RAC CONSTRUCTORA DEL SURESTE” SA DE CV

RESPONSABLE TÉCNICO

BANCO DE MATERIALES PETREOS

2025

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

1.1. Datos generales del proyecto

La presente Manifestación de Impacto Ambiental corresponde al proyecto denominado BANCO DE MATERIALES PÉTREOS el cual se encontrará ubicado en los tablajes catastrales 1914, 15575, 15576 y 15577 de la localidad y municipio de Hunucmá, Yucatán. Se presenta cuadro de coordenadas, así como una imagen satelital del polígono para una mejor visualización.

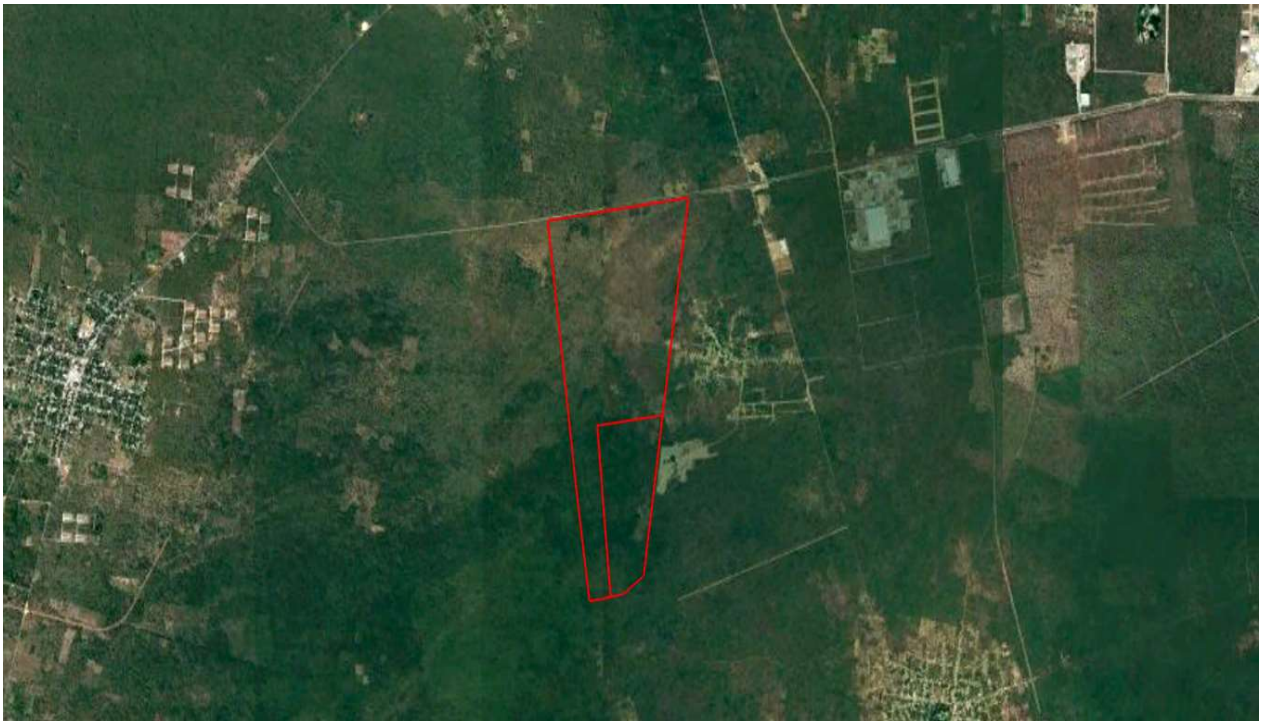


Imagen satelital.

Cuadro de coordenadas UTM.

CUADRO DE CONSTRUCCION					
VERTICE	LADO	DIST.	RUMBO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	1732.7058	N 83°25'26.3" E	200787.6028	2322285.5540
P2	P2 - P3	1280.8288	S 9°17'44.7" O	202508.9088	2322483.9862
P3	P3 - P4	1280.8288	S 9°17'44.7" O	202302.0159	2321219.9776
P4	P4 - P5	1244.0026	S 9°17'44.7" O	202095.1231	2319955.9690
P5	P5 - P6	308.4417	S 55°15'21.0" O	201894.1788	2318728.3030
P6	P6 - P7	278.8177	S 80°33'40.7" O	201640.7308	2318552.5180
P7	P7 - P8	139.0514	S 82°55'22.1" O	201365.6878	2318506.7940
P8	P8 - P9	1161.4187	N 7°11'45.3" O	201227.6958	2318489.6620
P9	P9 - P10	1323.9065	N 6°27'15.3" O	201082.2138	2319641.9330
P10	P10 - P11	1323.9065	N 6°27'15.3" O	200933.3938	2320957.4485
P11	P11 - P12	12.9475	N 13°30'21.4" E	200784.5738	2322272.9640
P12	P12 - P1	0.0053	N 83°25'26.3" E	200787.5976	2322285.5534

1.2. Datos generales del promovente.

El proyecto lo promueve la persona moral RAC CONSTRUCTORA DEL SURESTE SA DE CV (RFC: RCS140731KU0)

Representada legalmente por el C.

1.3. Datos del responsable o técnico de la elaboración del estudio de impacto ambiental.

2. DESCRIPCIÓN DEL SITIO Y DEL PROYECTO.

2.1. Naturaleza del proyecto

El proyecto BANCO DE MATERIALES PETREOS, consiste, tal y como su nombre sugiere, en la instalación de un banco de extracción de materiales petreos. El proyecto se ubica en el municipio de Hunucmá, Yucatán, específicamente dentro de los tablajes catastrales 1914, 15575, 15576 y 15577, los cuales cuentan con una superficie total de 450 ha., sin embargo unicamente se pretende destinar una superficie de 2,600,000.00 m² para la instalación del banco, contemplando el área destinada a conservación y amortiguamiento en estos.

El área propuesta para la instalación del proyecto presenta un grado de transformación previo, atribuible a diversas actividades antrópicas y a procesos de modificación del paisaje observados en la región. En su entorno general se identifican infraestructuras y usos del suelo compatibles con la zona, lo que sugiere que el sitio se encuentra dentro de una zona con cierto nivel de aprovechamiento previo.

La selección de este predio responde al propósito de promover un desarrollo ordenado y concentrado de las actividades productivas, priorizando espacios que ya muestran algún nivel de intervención. Esta medida busca minimizar la expansión hacia áreas de mayor valor ecológico, reduciendo así la posibilidad de generar nuevos procesos de fragmentación del hábitat y contribuyendo a mantener la integridad ambiental del territorio circundante.

En atención a lo anterior, se considera que el proyecto podría resultar compatible con las condiciones ambientales del área, siempre que se implementen de manera adecuada las medidas preventivas, de mitigación y restauración previstas durante su desarrollo. La planeación contempla acciones orientadas a prevenir la sobreexplotación de los recursos naturales, así como a reducir los posibles impactos sobre el suelo, la vegetación y la calidad del aire y del agua.

De igual forma, se plantea la aplicación de estrategias de restauración progresiva en las zonas intervenidas, con el fin de favorecer la recuperación paulatina de la cobertura vegetal y la estabilidad del terreno.

La propuesta se ha formulado considerando la aptitud ambiental, económica y sociocultural del entorno, buscando que su integración al sitio se realice bajo criterios de aprovechamiento responsable y equilibrio con los procesos naturales del área.

En este sentido, para la realización de obras y actividades asociadas a la extracción de materiales pétreos, resulta indispensable contar con la autorización en materia de impacto ambiental emitida por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), conforme a lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

Dicha disposición aplica debido a que este tipo de proyectos implican modificaciones directas al terreno, movimientos de suelo y, potencialmente, afectaciones al subsuelo, lo que requiere una evaluación previa que garantice la adopción de medidas de prevención, mitigación y restauración adecuadas.

Por lo anterior, el presente documento se elabora con el propósito de someter a evaluación los posibles efectos ambientales derivados de la ejecución del proyecto y sustentar su viabilidad técnica y ambiental ante la autoridad competente.

En congruencia con ello, el desarrollo del proyecto se ajustará plenamente a la normativa ambiental vigente en los ámbitos federal, estatal y municipal, así como a los instrumentos de planeación aplicables. De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Yucatán (POETY), el área donde se propone el proyecto se localiza dentro de las Unidades de Gestión Ambiental (UGAs) 0039-APROV-HUN y 059-APROV-CHO, las cuales contemplan entre sus usos compatibles el numeral 13: Minería no metálica.

Asimismo, durante todas las etapas del proyecto se implementarán medidas de prevención, mitigación y restauración ambiental, orientadas a minimizar los posibles impactos derivados de las actividades de extracción y movimiento de materiales. Estas acciones se aplicarán desde la fase inicial de preparación del sitio, procurando mantener la estabilidad ecológica del entorno y contribuir a la preservación de la biodiversidad local.

2.1.1. Justificación del proyecto

Para la ejecución del presente proyecto, así como para la selección del área propuesta para su implementación, se han considerado diversos criterios de carácter técnico, ambiental, social y económico, con el propósito de orientar la toma de decisiones hacia una alternativa viable y ambientalmente responsable.

De manera preliminar, se evaluó la aptitud del terreno en función de sus características topográficas, tipo de suelo, accesibilidad y ubicación respecto a caminos existentes. Aunque el predio se encuentra cercano a una carretera, se plantea el uso de vías alternas, principalmente brechas ya existentes para el ingreso y salida del personal y maquinaria. Esta medida busca aminorar los posibles impactos ambientales derivados del tránsito constante, reduciendo la alteración del entorno inmediato y evitando la apertura de nuevos caminos

En el ámbito ambiental, se tomaron en cuenta elementos como la cobertura vegetal, la presencia potencial de fauna silvestre con la finalidad de prevenir afectaciones significativas a los ecosistemas locales y mantener la funcionalidad ambiental del área. Se considera también la aplicación de diversas medidas de prevención y mitigación orientadas a proteger la integridad de la biodiversidad que habita en los alrededores del sitio propuesto.

Desde la perspectiva social y económica, el proyecto representa una fuente de empleo temporal y a largo plazo durante sus distintas fases. Se priorizará la contratación de mano de obra local, promoviendo el bienestar económico de las comunidades cercanas y fortaleciendo la economía regional mediante la adquisición de materiales y servicios producidos en la zona.

Adicionalmente, el predio donde se pretende desarrollar el proyecto se encuentra a una distancia suficiente para no intervenir con las zonas habitadas y urbanizadas. Cabe señalar que el área cuenta con cobertura vegetal que actúa como una barrera natural, contribuyendo a la reducción del ruido y la dispersión de partículas generadas durante las actividades de operación.

En este sentido, la justificación de la selección del sitio y la propuesta del proyecto se sustentan en criterios de pertinencia, viabilidad técnica y compatibilidad ambiental, quedando su implementación sujeta a los resultados de los estudios técnicos y ambientales complementarios que se desarrollen en las etapas subsecuentes de evaluación.

2.1.2. Ubicación y dimensiones del proyecto.

El sitio sobre el que se pretende llevar a cabo el proyecto BANCO DE MATERIALES PETREOS se encuentra ubicado en los tablajes catastrales 1914, 15575, 15576 y 15577 de la localidad y municipio de Hunucmá, Yucatán.

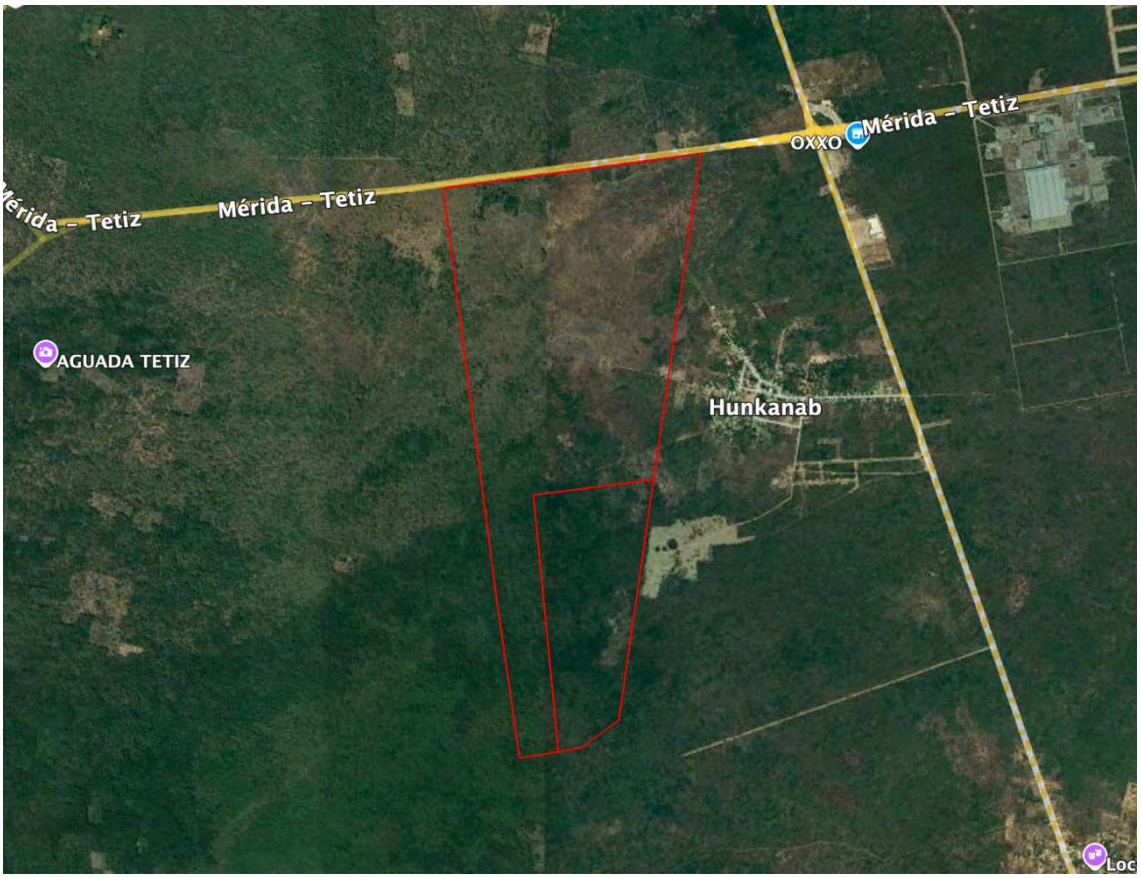


Imagen satelital de la superficie total de los tablajes.

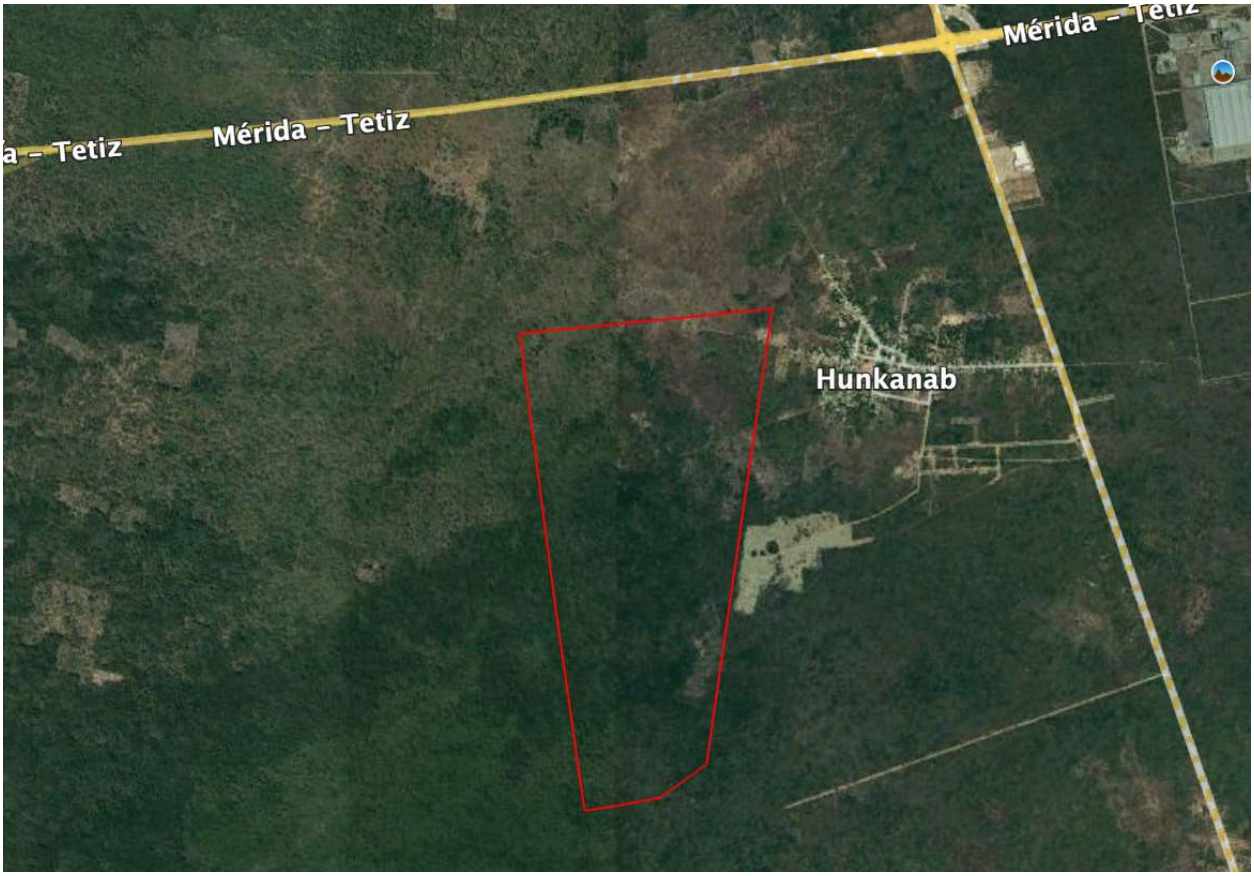


Imagen satelital de las 260 ha. a aprovechar.

Se resalta que dentro de las 260 ha. a aprovechar se contemplan los porcentajes establecidos por la autoridad, siendo que el 40% de la superficie total permanecerá como zona de amortiguamiento o conservación y unicamente el 60% restante será explotado para la extracción de material petreo.

Se presentan a continuación las coordenadas en formato UTM de la periferia de las 260 ha. a las que corresponde el banco de materiales (100% del poligono a aprovechar).

CUADRO DE CONSTRUCCION					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	1379.20	88°5'36"	200920.590	2321070.540
P2	P2 - P3	185.32	76°9'28"	202295.450	2321179.900
P3	P3 - P4	1098.43	179°59'55"	202265.520	2320997.015
P4	P4 - P5	1200.48	179°59'59"	202088.092	2319913.013
P5	P5 - P6	159.50	134°2'21"	201894.176	2318728.301
P6	P6 - P7	148.94	180°0'6"	201763.110	2318637.400
P7	P7 - P8	155.28	154°41'38"	201640.730	2318552.518
P8	P8 - P9	123.54	179°59'60"	201487.553	2318527.053
P9	P9 - P10	139.05	177°38'19"	201365.688	2318506.794
P10	P10 - P11	1161.42	90°7'8"	201227.696	2318489.662
P11	P11 - P1	1437.72	179°15'30"	201082.210	2319641.930

Se presentan a continuación las coordenadas en formato UTM de la periferia de las 156 ha. aprovechables (60% correspondiente a la zona explotable).

CUADRO DE CONSTRUCCION					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	989.01	69°0'30"	202268.277	2321013.851
P2	P2 - P3	2294.01	97°0'5"	201299.806	2320813.362
P3	P3 - P4	155.28	85°15'21"	201487.553	2318527.053
P4	P4 - P5	308.44	154°41'40"	201640.731	2318552.518
P5	P5 - P1	2315.96	134°2'24"	201894.179	2318728.303

Con el propósito de acreditar ante esta Honorable Secretaría la idoneidad del sitio propuesto para la implementación del proyecto, se llevó a cabo un análisis integral que consideró múltiples factores relevantes. Entre estos se incluyeron las condiciones físicas y ambientales tanto del predio como de su zona de influencia, el tipo y estado de conservación de la vegetación presente, así como la presencia y características de la fauna silvestre. Asimismo, se evaluaron los impactos existentes en el área inmediata y se identificaron oportunidades para aprovechar las condiciones actuales del terreno a fin de reducir posibles afectaciones.

2.1.3. Característica del sitio.

La zona en la que se localiza el predio no cuenta actualmente con bancos de materiales autorizados o en operación, por lo que el proyecto representaría una nueva alternativa de aprovechamiento dentro del área. El sitio se encuentra a una distancia considerable de los principales asentamientos humanos y de las actividades productivas más cercanas, condición que contribuye a minimizar la posibilidad de generar afectaciones al estilo de vida o al entorno social local.

Cabe destacar que el predio carece de un uso actual definido y presenta características físicas compatibles con el tipo de actividad propuesta. Asimismo, se ha observado que la cobertura vegetal del sitio muestra signos de perturbación previa y una estructura secundaria, lo que indica que el aprovechamiento no se llevará a cabo sobre ecosistemas de alta sensibilidad ambiental.

El tablaje sobre las cuales estará el proyecto BANCO DE MATERIALES PETREOS, como se mencionó previamente, no contaban con un uso previo, sin embargo, cualquier tipo de actividad que se vaya a realizar debe llevarse a cabo de acuerdo con las disposiciones que indican los diferentes ordenamientos legales.

2.1.4. Inversión requerida.

Para la ejecución del proyecto se contempla un monto de inversión de $75,000,000.00 (son setenta y cinco millones de pesos sin centavos), esto contemplando costos de arrendamiento de maquinaria, sanitarios portatiles, sueldos de los trabajadores, entre otros gastos.

2.1.5. Urbanización del área y descripción de los servicios requeridos.

En lo que respecta a la accesibilidad, el predio se colinda directamente con la carretera Mérida–Tetiz; sin embargo, debido a que las 260 ha. aprovechables no se encuentran colindantes, se prevé que el acceso principal se realice a través de brechas que conectan al predio con dicha vialidad, toda vez que el área destinada al aprovechamiento se localizará en la porción sur del terreno, conforme a lo indicado en los planos anexos. En consecuencia, el acceso al sitio se efectuará mediante las brechas existentes en la zona, las cuales permiten la comunicación directa hacia el área de explotación propuesta, evitando con ello interferencias con la vialidad estatal y reduciendo posibles afectaciones al tránsito vehicular.

En cuanto al abastecimiento de agua, durante todas las etapas del proyecto se contempla que el suministro de agua potable se lleve a cabo mediante el arrendamiento de pipas proporcionadas por empresas especializadas y debidamente autorizadas. Siendo que durante la vida util del proyecto el agua será almacenada en tambos que permitan el adecuado uso y aprovechamiento del recurso, evitando desperdicios.

Respecto al suministro de energía eléctrica, no se prevé su utilización durante ninguna de las etapas del proyecto, dado que la maquinaria y equipos empleados funcionarán mediante combustible. Todas las actividades se realizarán en horario diurno, aprovechando la luz solar y evitando así la necesidad de iluminación artificial, sin embargo en caso de ser necesario se contará con luminarias que no requieran de conexión a la red electrica. Es importante destacar que no se almacenará combustible dentro del sitio del proyecto; este será suministrado desde estaciones de servicio cercanas, siendo transportado en contenedores de 200 litros por vehículos equipados con extintores, cumpliendo con las normas de seguridad correspondientes.

Para el manejo de aguas residuales, se prevé la instalación de letrinas portátiles con una proporción de una unidad por cada siete trabajadores, de acuerdo con las mejores prácticas en materia de salubridad. Estas instalaciones serán contratadas con una empresa especializada que se encargará de su operación, mantenimiento y desmantelamiento al término de su uso, así como de la disposición adecuada de los residuos sanitarios generados.

2.2. Características particulares del proyecto.

El proyecto se llevará a cabo dentro del terreno destinado a la explotación de materiales, respetando los límites de su superficie. Para la operación se planea trabajar inicialmente en una primera sección del predio durante un periodo aproximado de 10 años, aprovechando el predio en fracciones para minimizar el impacto ambiental. Se anexa cronograma de actividades en formato excel para una mejor visualización. Posteriormente, se habilitará otra sección adyacente siguiendo un esquema de explotación rotativa y controlada.

Asimismo, la infraestructura auxiliar, incluyendo brechas de acceso, áreas de carga y almacenamiento temporal, se delimitará de manera que ocupe la menor superficie posible, procurando mantener zonas de cobertura vegetal no intervenidas para preservar la integridad ambiental del predio.

2.2.1. Dimensiones del proyecto.

Los tablajes 1914, 15575, 15576 y 15577, pertenecientes al municipio de Hunucmá, dentro de los cuales se propone la instalación del proyecto suman una superficie total de 2,600,000.00 m². De acuerdo con la normativa vigente y aplicable únicamente se permite el aprovechamiento del 60% de la superficie total, equivalente a 1,560,000 m2.

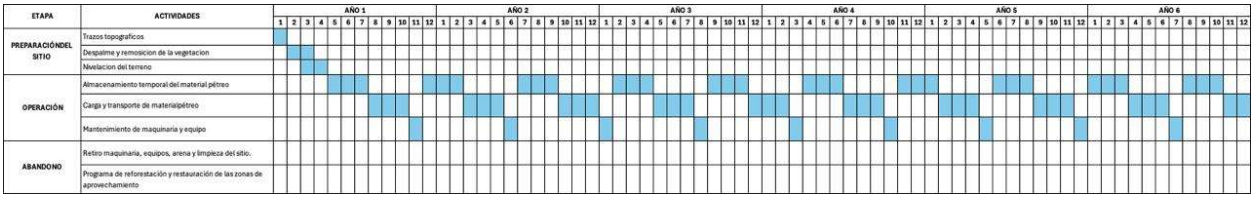
El aprovechamiento se planifica en aproximadamente 15.6 etapas de 10 hectáreas cada una, con una duración estimada de 8 meses y 2 semanas por etapa, de modo que el ciclo total de aprovechamiento se completará en aproximadamente 11 años.

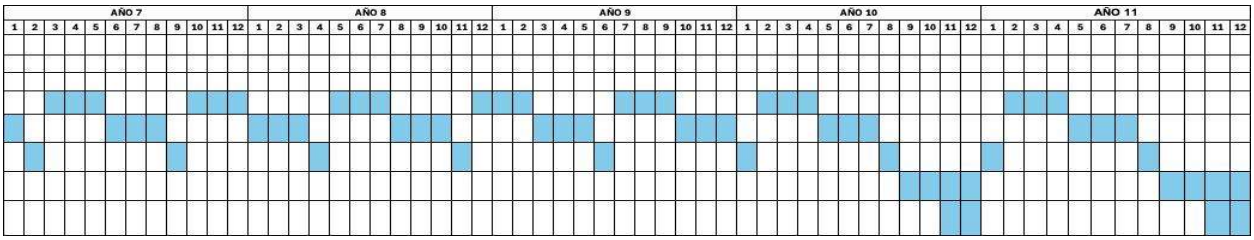
Conforme se vayan concluyendo las etapas de aprovechamiento, estas áreas serán restauradas de manera progresiva. El 40% restante del predio se destinará como zona de amortiguamiento, con el fin de minimizar los impactos ambientales y conservar la cobertura vegetal circundante.

Esta proporción se determina de acuerdo con la normativa vigente, la cual establece límites de aprovechamiento sostenible para garantizar la conservación de la cobertura vegetal, la protección de la biodiversidad y la regeneración natural del predio. Asegurando la integridad ecológica del área y minimizando los impactos ambientales asociados al manejo forestal.

2.2.2. Programa de trabajo.

El programa de trabajo se considera desde el momento en que ya se gestionaron y obtuvieron todas las autorizaciones, permisos y concesiones correspondientes, y es posible realizar las actividades. La obra se ejecutará en un período aproximado de 11 años para la ejecución del proyecto





Este apartado se anexa en formato excel para una mejor visualización.

2.2.3. Etapa de preparación del sitio.

Dentro de la etapa de preparación del sitio, se contempla la realización de estudios y programas para prevenir la afectación de la vegetación que no forme parte de la zona aprovechar. Entre dichos programas se contempla el rescate y reubicación de las especies de importancia ecológica que se encuentren dentro de la zona de aprovechamiento.

Así mismo, previo al inicio de cualquier actividad se pretende la delimitación del límite del área aprovechable, esto en haras de informar a los trabajadores de la zona que no es posible realizar actividades de desmonte más allá de esta zona.

Actividades de desmonte y despalme: Las actividades de desmonte y el despalme del terreno incluyen la eliminación de la cobertura vegetal que corresponde a vegetación secundaria, primeramente, se realizará el brecheo para realizar el trazo del límite del predio

La cubierta será eliminada en fases, de acuerdo a la calendarización anual programada utilizando maquinaria pesada; lo cual significa que las actividades de desmonte se realizarán de manera paulatina con la finalidad de que la apertura del terreno permita el desplazamiento de las especies, despalmando el terreno hasta eliminar la capa vegetal que contenga la materia orgánica. Durante la ejecución de dicha actividad no se requiere la utilización de sustancias corrosivas, reactivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas, a excepción de los combustibles utilizados para la operación de la maquinaria y equipos. Los residuos vegetales y de despalme (piedras y tierra) generados serán segregados y acumulados en un extremo adyacente al área de afectación, dentro del polígono bajo estudio y hasta su disposición final.

Previo al inicio de dichas actividades se realizarán programas de ahuyentamiento de fauna para asegurarse que ninguna especie se vea afectada por la introducción de la maquinaria.

2.2.4. Etapa de operación y mantenimiento.

Durante la etapa de operación del banco de materiales pétreos, se proporcionarán los servicios indispensables para el adecuado desarrollo de las actividades extractivas, en concordancia con lo descrito en el apartado de servicios del sitio y autosuficiencia del proyecto. La responsabilidad de la correcta operación recaerá de manera directa en el promovente del presente Manifiesto de Impacto Ambiental.

Las actividades se realizarán a cielo abierto, mediante la perforación y desbaste de las rocas con maquinaria pesada y explosivos, por los que se contará con los permisos necesarios emitidos por la autoridad competente, así mismo, por el momento, no se pretende la explotación por debajo del nivel freático.

Es importante señalar que la implementación del banco no se limita a la fase de explotación inicial, sino que contempla un enfoque integral de mantenimiento preventivo y correctivo con el fin de garantizar la seguridad, eficiencia y continuidad de las operaciones.

En este sentido, se establecerá un programa de mantenimiento preventivo, que incluirá inspecciones periódicas al equipo y maquinaria pesada utilizada en la extracción, al sistema de almacenamiento temporal de materiales y residuos, así como al camino de acceso al banco, indispensable para el tránsito de vehículos de carga. Dicho programa permitirá identificar de manera temprana posibles deterioros y programar acciones de reparación o sustitución, asegurando el cumplimiento de las medidas de seguridad y la mitigación de riesgos ambientales.

De manera complementaria, se aplicará un plan de mantenimiento correctivo, que se activará ante descomposturas, fallas inesperadas o desgaste de maquinaria e infraestructura asociada al banco. Estas acciones serán ejecutadas de manera ágil y eficiente, con el objetivo de minimizar cualquier impacto negativo en la continuidad de las operaciones extractivas y en la seguridad de los trabajadores.

Cabe destacar que la responsabilidad integral de las labores de operación y mantenimiento corresponderá al promovente del proyecto, lo que asegura un compromiso permanente con la preservación de la infraestructura, la seguridad de las actividades y el cumplimiento de la normatividad ambiental aplicable, durante toda la vida útil del banco de materiales pétreos.

2.2.5. Abandono del sitio.

Una vez se haya extraído la totalidad de la materia prima económicamente explotable de la zona del proyecto se procederá a realizar las actividades de abandono del sitio.

a) Retiro de manera definitiva de toda la maquinaria.
b) Retiro de material como tambores y llantas del área de disposición de maquinaria.
c) Desmantelamiento del almacén temporal.
d) Limpieza general de los residuos sólidos del área de trabajo.
e) Se retirará del sitio cualquier material o estructura trasladada al banco durante la etapa de operación, de manera que el área del proyecto quede libre de elementos extraños o no naturales.
f) Ejecución de programas de reforestación y restauración del sitio.

Se procederá a la revisión final general del banco (área afectada y colindancias) para verificar que toda la infraestructura haya sido retirada y que, de haber derrames de aceite en el suelo, programar la rehabilitación del mismo, así como darle el manejo de residuo peligroso a través de una empresa autorizada. Se muestra a continuación cronograma de actividades a realizar:

Etapa / Actividad	Responsable	Duración estimada
Retiro de maquinaria	Supervisor de obra / Operadores	3 días
Retiro de tambores y llantas	Personal de apoyo / Transportista	2 días
Desmantelamiento de almacén temporal	Equipo de desmantelamiento	4 días
Limpieza general de residuos sólidos	Brigada de limpieza	5 días
Retiro de materiales y estructuras trasladadas al banco	Supervisor ambiental / Personal de obra	4 días
Revisión final del banco y colindancias	Supervisor ambiental / Responsable de seguridad	3 días
Atención de derrames (si	Empresa autorizada	1 semana

aplica) y rehabilitación del suelo	(residuos peligrosos)	
Informe de cierre y entrega del área	Responsable ambiental	3 días

2.2.6. Restauración del sitio.

La afectación ocasionada al ambiente derivada de las actividades de extracción de material pétreo se considera de carácter irreversible, dado que conlleva la eliminación de la cobertura vegetal original, la modificación de la morfología característica del terreno y la alteración de las condiciones naturales de la zona. Adicionalmente, durante la etapa de abandono, los sitios previamente utilizados con este propósito presentan un alto riesgo de ser empleados como depósitos clandestinos de residuos, generando focos de contaminación que inciden negativamente en la calidad ambiental y paisajística del área.

Como medida de compensación ambiental, se implementará un Programa de Restauración del Sitio, cuyo objetivo central será devolver la funcionalidad ecológica del predio y asegurar su integración armónica con el entorno natural circundante. Dicho programa contempla la reforestación con especies propias de la región de Hunucmá, Yucatán, en cantidades suficientes para cubrir la totalidad de la superficie impactada. La selección de especies locales permitirá incrementar las probabilidades de éxito en la revegetación y favorecerá el restablecimiento de los servicios ecosistémicos propios del sitio.

En cuanto a la rehabilitación del suelo, se aplicarán técnicas de recuperación que incluyen la restitución de la primera capa de tierra vegetal retirada durante la preparación inicial del terreno, misma que fue resguardada y conservada en el predio con el propósito de utilizarla en esta etapa. Esta acción permitirá mejorar la estructura edáfica, facilitar la infiltración de agua y garantizar las condiciones necesarias para el establecimiento y desarrollo de la nueva vegetación.

De manera complementaria, se llevarán a cabo labores de mantenimiento y seguimiento, que contemplan riegos de auxilio durante la temporada de sequía, control periódico de maleza, reposición de ejemplares en caso de mortalidad y monitoreo de indicadores de éxito, tales como porcentaje de supervivencia, cobertura vegetal y regeneración natural de especies.

En cumplimiento con la normatividad ambiental aplicable, se anexa al presente documento el Programa de Restauración del Sitio, donde se detallan los objetivos, actividades, cronograma de ejecución y mecanismos de seguimiento correspondientes.

2.3. Utilización de explosivos.

Debido a la naturaleza del proyecto, se contempla la utilización y aprovechamiento de explosivos, mismos que únicamente serán empleados bajo el estricto cumplimiento de las disposiciones legales aplicables y con las autorizaciones correspondientes emitidas por la autoridad competente en la materia. Asimismo, se implementarán programas específicos orientados a garantizar su uso seguro y responsable, contemplando tanto medidas preventivas como protocolos de actuación para la atención oportuna y mitigación de cualquier eventualidad que pudiera generar impactos adversos al medio ambiente o a la seguridad de los trabajadores.

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

Emisiones a la atmósfera

Debido a que durante toda la vida útil del proyecto se pretende la utilización de maquinaria pesada, es que se generarán emisiones a la atmósfera derivadas de la operación de estas. No obstante, dichas emisiones tendrán un carácter temporal y limitado, restringidas exclusivamente al periodo en que se empleen dichos equipos.

Las emisiones esperadas provendrán principalmente de los motores de combustión interna utilizados por la maquinaria pesada, las cuales se dispersarán directamente a la atmósfera. Se prevé que estas emisiones se mantengan en niveles bajos, ya que se empleará maquinaria en buenas condiciones operativas y se procurará el cumplimiento de las disposiciones establecidas en la NOM-045-SEMARNAT-2017, relativa a los límites máximos permisibles de emisiones de gases contaminantes provenientes del escape de motores en vehículos en circulación.

Asimismo, se vigilará que los vehículos utilizados para el transporte de personal, materiales y residuos sólidos relacionados con el proyecto cumplan con los requisitos establecidos en la NOM-041-SEMARNAT-20015, la cual regula las emisiones provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible. Estas acciones

forman parte de las medidas de prevención y mitigación ambiental, con el objetivo de reducir al mínimo los posibles impactos sobre la calidad del aire en la zona de influencia del proyecto

Emisiones de ruido

El ruido asociado a las actividades del proyecto provendrá principalmente de la operación de maquinaria pesada utilizada en las labores de excavación, del empleo de grúas, así como del tránsito de vehículos y camiones encargados del retiro y transporte de material. Todas estas fuentes generadoras de ruido se mantendrán dentro de los límites establecidos por la NOM-080-SEMARNAT-1994, que regula los niveles máximos permisibles de emisión sonora provenientes de fuentes fijas y móviles. Por otro lado, se contempla coo fuente de ruido a las ocasionales explosiones que se realizarán para la extracción del material.

Dado que el predio se localiza en una zona con presencia de viviendas, se implementarán medidas de prevención y mitigación orientadas a minimizar las posibles molestias a la población. Entre estas se incluye la restricción de horarios de trabajo a jornadas diurnas, el mantenimiento constante de la maquinaria para evitar niveles de ruido excesivos, y el uso, en su caso, de silenciadores o dispositivos de reducción sonora. Con estas acciones se buscará asegurar que las emisiones de ruido no representen una afectación significativa a la calidad de vida de los habitantes colindantes. Así mismo se contará con una franja delimitadora con una alta vigorosidad de vegetación, misma que funcionará para mitigar los ruidos que se generen durante la operación del proyecto.

Aguas residuales

El manejo de los residuos sanitarios generados durante todas las etapas del proyecto se llevará a cabo mediante la contratación e instalación de letrinas móviles, cuyo uso será obligatorio para todo el personal que labore en el sitio. La recolección, mantenimiento, tratamiento y disposición final de dichos residuos estará a cargo de la empresa prestadora del servicio, asegurando en todo momento que los efluentes no sean vertidos en sitios no autorizados ni a cuerpos receptores de agua, en estricto cumplimiento de la NOM-001-SEMARNAT-2021, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores nacionales.

Residuos sólidos urbanos

Durante las distintas etapas del proyecto (preparación del sitio y operación), se generarán residuos sólidos urbanos consistentes principalmente en desechos orgánicos e inorgánicos no peligrosos, tales como restos de alimentos, envases, papel, cartón y plásticos derivados de las actividades del personal. Para su adecuado manejo, se instalarán contenedores diferenciados por tipo de residuo (orgánico e inorgánico reciclable), promoviendo la separación en la fuente.

Estos residuos serán recolectados de manera periódica y entregados a los servicios municipales o a empresas autorizadas para su transporte y disposición final en sitios autorizados. Asimismo, se fomentará entre el personal el uso responsable de materiales y la minimización en la generación de residuos, en concordancia con el principio de reducción en la fuente y buenas prácticas ambientales.

Residuos peligrosos

Durante ninguna etapa del proyecto se pretende la generación de residuos peligrosos, ya que todo mantenimiento a la maquinaria deberá ser realizado en sitios autorizados y no dentro del predio; sin embargo, en caso de generarse, se notificará a las autoridades competentes para la adecuada disposición y manejo de estos.

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

A continuación, se presenta la identificación, revisión y análisis de los diversos instrumentos de planeación territorial y ambiental que regulan el uso del suelo y las actividades permitidas en la zona donde se pretende desarrollar el proyecto. Este ejercicio tiene por objetivo garantizar que la propuesta se sujete a los marcos normativos con validez jurídica vigente, y establecer su correspondencia y congruencia con dichos instrumentos, a fin de acreditar su viabilidad legal, ambiental y territorial.

De conformidad con lo dispuesto en el Artículo 35 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como en el Artículo 12 de su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, los proyectos sujetos a evaluación deben vincularse con los Programas de Ordenamiento Ecológico del Territorio (POET), los Programas de Desarrollo Urbano, las declaratorias de Áreas Naturales Protegidas, y demás leyes, reglamentos y normas oficiales mexicanas aplicables en los ámbitos federal, estatal y municipal. Esta vinculación permite situar el proyecto dentro del marco de planificación ambiental vigente, y demostrar su

compatibilidad con las políticas públicas de uso del territorio, conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Asimismo, mediante el procedimiento de evaluación de impacto ambiental se establecerán las condiciones específicas a las que deberá sujetarse la ejecución de obras y actividades relacionadas con el proyecto, especialmente aquellas que pudieran generar efectos adversos al ambiente o rebasar los límites y condicionantes establecidos por la normatividad aplicable. El objetivo de este procedimiento es prevenir, mitigar y, en su caso, compensar los impactos negativos que pudieran generarse, garantizando la protección, preservación y restauración de los ecosistemas.

El presente capítulo expone los resultados del análisis de los instrumentos de planeación vigentes con relación a desarrollos habitacionales, así como su correspondencia con los aspectos ambientales vinculados al manejo y aprovechamiento de los recursos naturales durante las etapas de construcción y operación del proyecto.

3.1. Programas de Ordenamiento Ecológico.

3.1.1. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán.

El POETY, considera dentro de sus lineamientos, aspectos ambientales, sociales y económicos, así como la opinión pública para definir la zonificación del Estado, así como su uso más apropiado. Dicha zonificación dio como resultado la creación de Unidades de Gestión Ambiental (UGA's) en las cuales se dividió el territorio del Estado. El proyecto BANCO DE MATERIALES PETREOS se encuentra dentro de la UGA 039-APROV-HUN y la 059-APROV-CHO A continuación, se presenta la tabla de usos y criterios de la aludida UGA.

UGA	039-APROV-HUN	
Compatible: 1, 2, 4, 10, 12, 13, 19	Condicionado: 5, 6, 7, 8, 9, 11, 15, 18	Incompatible: 3, 14, 16, 17, 20
Uso vinculante: 13. Mineria no metálica		

UGA	059-APROV-CHO	
Compatible: 1, 2, 4, 10, 13, 19	Condicionado: 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 15, 18	Incompatible: 3, 14, 16, 17, 20
Uso vinculante: 13. Mineria no metálica		

No.	Criterios generales	Vinculación
1.	Todo proyecto, obra o actividad que genere aguas residuales, deberá contar con un sistema de drenaje y un sistema de tratamiento de aguas residuales o sistemas alternativos que cumplan con la normatividad aplicable previo a la disposición de aguas residuales. En todos los casos, el drenaje pluvial y el sanitario deberán estar separados.	El proyecto contempla la generación de aguas residuales sanitarias derivadas principalmente del personal que labore en las instalaciones del banco de material. Para dar cumplimiento a este criterio se instalarán sanitarios portátiles operados por empresas certificadas con su respectivo mantenimiento periodico y adecuada disposición.
2.	Todo proyecto, obra o actividad que genere residuos sólidos urbanos (RSU), deberán contar con la infraestructura apropiada y con un programa de manejo integral para su recolección, tratamiento o disposición final, ya sea por cuenta propia, contratación de servicios especializados o a través de los servicios públicos municipales.	Al presente documento se anexa Programa de Manejo Integral de Residuos.
3.	Todo proyecto, obra o actividad que generen residuos de manejo especial, deberán reportar su generación y estrategias de manejo a la	Al presente documento se anexa Programa de Manejo Integral de Residuos. Tal y como se encuentra

	dependencia estatal de conformidad con la Ley de Protección al Medio Ambiente del Estado de Yucatán.	previsto, se reportará a la autoridad competente la generación de estos residuos y las estrategias para su manejo de conformidad con la normativa aplicable.
4.	Todo proyecto, obra o actividad que requieran el abastecimiento de agua subterránea quedarán supeditas a que se demuestre que no se afecta la disponibilidad ni la calidad del agua del acuífero mediante la presentación estudios que determinen los niveles estáticos, la profundidad del manto salino, la velocidad de saturación del suelo, los flujos y el aforo de extracción de agua. Así mismo deberá indicar el número de pozos de extracción necesarios para el proyecto y su distribución en el predio, el volumen de agua requerido en m3/día y las velocidades de extracción en L/s de cada pozo.	Para las actividades que requieran agua se pretende que esta sea abastecida mefiante la contratación del servicio de pipas, esta será distribuida en el predio dentro de tambos de almacenamiento, para evitar desperdicios y asegurar su adecuado uso.
5.	Todo proyecto, obra o actividad deberá determinar la presencia de oquedades, las cuales se deberán excluir de las áreas aprovechables con el objeto de reducir la vulnerabilidad ante derrumbes de zonas cavernosas.	El proyecto no presenta oquedades.
6.	Todo proyecto, obra o actividad deberá determinar la presencia de zonas inundables, las cuales se deberán excluir de las áreas aprovechables con el objeto de reducir la vulnerabilidad ante efectos climáticos.	El proyecto no se implementará sobre zonas inundables, tal y como se desprende del capítulo 4 de este documento.

7.	Los proyectos que incluyan la construcción de caminos, carreteras y estacionamientos deberán integrar un sistema de drenes adecuados y suficientes que permitan el flujo natural del agua y considerar la viabilidad de utilizar materiales permeables para minimizar los impactos a la infiltración natural.	El proyecto unicamente pretende el aprovechamiento de una pequeña fracción de los tablajes, buscando cumplir con la normativa.
7.	Todo proyecto, obra o actividad que se pretenda realizar en terrenos que presenten vegetación forestal, deberán mantener los parches mejor conservados, fomentar la creación de franjas de vegetación para mejorar la conectividad, disminuir la fragmentación y funcionar como corredor biológico.	Unicamente se pretende el aprovechamiento de una fracción del predio, así mismo se realizará el trámite correspondiente para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.
8.	Todo proyecto, obra o actividad que requiera la realización de excavación como parte de su proceso construcción, deberá contemplar medidas de mitigación para reducir afectaciones por el material extraído, como puede ser su reutilización en las propias actividades constructivas.	El proyecto incluirá la implementación de medidas mitigadoras específicas para minimizar los impactos ambientales asociados a la obra o actividad propuesta.
9.	Todo proyecto, obra o actividad deberá privilegiar su desarrollo en terrenos eriales y preferentemente no forestales y en última instancia sobre terrenos forestales previa autorización de la autoridad competente.	Se realizará el tramite pertinente para obtener la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales .
10.	Todo proyecto, obra o actividad que se pretenda	El polígono del proyecto no presenta en

	desarrollar en un predio, deberá identificar y caracterizar los humedales (cenotes, poljes, uvalas, cuevas, grutas, humedales costeros) que se encuentren en su interior, con lo cual deberá establecer las medidas necesarias para evitar los impactos directos, indirectos o a distancia de la obra o actividad que causen la desecación o la sedimentación de los humedales. En el caso de vías de transporte (veredas, caminos, carreteras, red ferroviaria), se deberá evitar la alteración de la hidrodinámica natural, tanto superficial como subterránea.	su interior la presencia de cenotes, poljes, uvalas, cuevas, grutas, o humedales costeros.
11.	Todo proyecto, obra o actividad que extraigan agua salobre del acuífero subterráneo y requieran su desalinización para su uso, deberán presentar los estudios correspondientes que demuestren que no modificarán la integridad funcional de los ecosistemas y las características naturales de los acuíferos, considerando también la descarga de aguas de desecho.	No se contempla el aprovechamiento de agua subterránea.

12.	Todo proyecto, obra o actividad, deberá ubicar su sistema de tratamiento de aguas residuales en función del tipo de suelo y de la profundidad del acuífero, con el objeto de minimizar el riesgo que las aguas residuales fluyan al acuífero o a la superficie sin haber tenido un adecuado tratamiento. Asimismo, deberán asegurar la recolección periódica y disposición final adecuada de los lodos en caso de generarse.	Debido al giro del proyecto se pretende la contratación de sanitarios portátiles durante toda su vida útil, para el uso de los trabajadores, las aguas negras que se generen serán recolectadas, tratadas y dispuestas por la empresa prestadora del servicio.
13.	Todo proyecto, obra o actividad deberá remitirse a los atlas de riesgos y peligros y demostrar que incorporan las medidas constructivas y operativas necesarias para disminuir la vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos extremos y a los efectos del cambio climático. Entre dichas medidas se incluyen las siguientes: a) Ubicar las obras y actividades en las zonas de menores niveles de exposición. b) Minimizar la fragmentación de ecosistemas naturales que brindan protección ante eventos hidrometeorológicos extremos. c) Preservar la cobertura vegetal natural y la permeabilidad del suelo en los espacios no construidos. d) Adaptar los caminos a la topografía del terreno. e) Utilizar diseños y materiales que permitan el flujo de agua y sedimentos, así como la infiltración al subsuelo. f) Disminuir posibles afectaciones a las estructuras de cavernas y formaciones	Se realizó la consulta de los atlas de riesgos y peligros aplicables para la planeación del proyecto, concluyendo que el área de intervención se localiza en una zona de baja exposición a dichos riesgos. Se fomenta la conectividad ecológica mediante la promoción del libre tránsito de fauna y la conservación de la integridad de los ecosistemas existentes. Se plantea la implementación de un programa de reforestación de la zona destinada al aprovechamiento una vez se finalice con los trabajos. El proyecto no contempla la construcción de nuevas vías de acceso. El proyecto no cuenta con cavernas.

	geológicas. j) Implementar diseños y estructuras constructivas que disminuyan la vulnerabilidad.	
14.	Todo proyecto, obra o actividad deberá implementar medidas que favorezcan la recarga del acuífero. Estas medidas podrán incluir la recuperación del suelo, la construcción de pozos de absorción de agua de lluvia y/o la reforestación de áreas desmontadas o degradadas.	En el capítulo correspondiente, se abordan las medidas propuestas de dicha naturaleza.

No.	Criterios del sector Minería no Metálica	Vinculación
1	Se deberán excluir las zonas de dunas costeras, de riesgo a erosión y derrumbes, y bajo protección, rehabilitación o restauración ecológica como sitios aptos para la ubicación de obras y actividades de extracción de materiales pétreos, sal y sustancias no reservadas a la federación.	El proyecto no se ubica dentro de la zona costera del estado, por lo que durante ninguna de sus etapas se afectará a las dunas costeras.
2.	La ubicación de la actividad deberá cumplir con las siguientes distancias mínimas: a) 5 km del límite de asentamientos humanos y de zonas arqueológicas o históricas.	El proyecto cumple con las siguientes características: Se procuró que el proyecto se encuentre alejado de cualquier vivienda, esto en háras de evitar afectaciones en la comunidad aledaña, así mismo no se

	b) 300 metros del eje de vías de comunicación. c) 1 km de ductos de hidrocarburos, líneas de transmisión de alta tensión, subestaciones eléctricas, estaciones termoeléctricas y tendido de líneas telefónicas aéreas o de fibra óptica subterránea. d) 1 km de cuerpos de agua, de zonas de inundación, de pozos de extracción de agua para consumo humano o sistemas de abastecimiento municipal construidos o en construcción, así como de zonas consideradas con alta capacidad para la recarga de acuíferos. e) 8 km de aeropuertos. f) 1 km de la franja de protección de un banco de material pétreo aledaño.	encuentran vestigios arqueológicos dentro del predio. El polígono se encuentra colindante a una vialidad principal de la zona, sin embargo se procuró que los impactos no se encuentren cercanos a esta, ubicándolos en la zona sur del polígono, mismo al cual se accede mediante brechas. El polígono no se ubica cercano a ductos de hidrocarburos, líneas de transmisión, subestaciones eléctricas o líneas telefónicas. . El polígono no se encuentra cercano a cuerpos de agua. El área se localiza a más de 8 km de los aeropuertos más cercanos (Mérida y Chocholá), cumpliendo con la restricción establecida en el criterio. No existen bancos de materiales pétreos autorizados dentro del radio de 1 km del predio, de acuerdo con la revisión en campo y los registros disponibles en SEMARNAT. En caso de identificarse alguno en el futuro, se respetará la franja de protección establecida.
3.	Los bancos de material pétreo deberán contar con sistemas manejo de materiales finos que eviten su emisión al aire, que incluyan: a) Planificación de voladuras y roturación del terreno tomando en cuenta los factores meteorológicos.	Las actividades se realizarán únicamente en condiciones meteorológicas adecuadas, evitando operaciones en días con vientos fuertes que puedan dispersar polvo hacia áreas externas al polígono. Se humedecera el material para evitar

	b) Control de emisiones de polvo por actividades de perforación y procesamiento mediante extractores, colectores y filtros de polvo o procesamiento húmedo. c) Ubicación de sitio para almacenamiento a la mayor distancia posible de centros de población, vías de comunicación y cuerpos de agua. d) Compactación, nivelación y mantenimiento de caminos de uso interno. b) Barrera física que evite dispersión de materiales hacia otras áreas del banco. Si la barrera es de vegetación, se emplearán preferentemente especies de abundante follaje con forma de vida arbustiva o arbórea, dependiendo de la altura de los depósitos del material particulado. c) Controles para evitar que el volumen de material pétreo acumulado exceda la capacidad de almacenamiento y la barrera física seleccionada.	dispersiones. El área de acopio de materiales finos se ubicará alejada de caminos de acceso y de los límites del predio, minimizando riesgos hacia cuerpos de agua y población cercana. Los caminos de uso interno serán nivelados y compactados periódicamente, con aplicación de agua para reducir el levantamiento de polvo en temporadas secas. Se establecerá una barrera vegetal perimetral con especies nativas de follaje denso (arbustivas y arbóreas) para disminuir la dispersión de partículas hacia áreas externas. En zonas críticas se complementará con montículos de material inerte como rompe-vientos. Se dará seguimiento al volumen de material almacenado, evitando que supere la capacidad de los patios de acopio y de las barreras físicas establecidas. En caso de excedentes, se dispondrán de manera programada para su traslado o venta.
4.	El diseño y operación de bancos de materiales pétreos deberá sujetarse a lo siguiente: a) Utilizar un área de explotación de hasta el 60% de la superficie del predio b) Creación de una franja de protección y conservación con el 40% del área restante, la	Tal y como se menciono con antelación, no se pretende el aprovechamiento de mád del 60% del polígono autorizado, destinando únicamente esta proporción para las actividades extractivas. El 40% restante se mantendrá como zona de protección, sin actividad de

	cual deberá permanecer libre de toda instalación o depósito de materiales y equipo. c) Ubicar los equipos y plantas para trituración de material pétreo deberán instalarse y operarse dentro del área de explotación. e) En caso de requerir autorización de Cambio de usos de suelo de terrenos forestales (CUSTF), sujetarse al área autorizada y mantener el resto de la superficie con la cobertura natural, libre de cualquier instalación, depósito de material, equipo o maquinaria.	extracción, libre de instalaciones y destinada a la conservación de vegetación nativa. Esta franja funcionará como barrera natural de protección hacia el entorno. Todo el equipo y plantas de trituración (si se instalan) estarán ubicados exclusivamente dentro del área de explotación delimitada, evitando su dispersión en el predio y reduciendo impactos sobre la franja de conservación. Se realizará el trámite para la obtención de autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales.
5.	Las obras y actividades para la extracción de materiales pétreos y sustancias no reservadas a la federación deberán implementar medidas para mitigar los impactos sobre la calidad del agua y evitar el aumento en la vulnerabilidad específica del acuífero, tales como evitar el afloramiento de agua subterránea, evitar la realización de trabajos de mantenimiento al interior del sitio de extracción, evitar la acumulación y/o depósito de residuos sólidos, contar con instalaciones sanitarias para los empleados con el tratamiento adecuado de sus efluentes.	La extracción de materiales se limitará a las profundidades autorizadas por la autoridad competente. No se realizarán trabajos de mantenimiento de maquinaria pesada dentro del área de extracción. Las actividades de reparación, lubricación y cambio de aceites se llevarán a cabo fuera del polígono, en talleres autorizados, reduciendo el riesgo de infiltración de hidrocarburos al subsuelo. Se implementará un programa de manejo integral de residuos sólidos, con acopio temporal en contenedores adecuados y recolección periódica por empresas autorizadas o servicios municipales, evitando acumulación o disposición dentro del banco.

		Para el personal se instalarán sanitarios portátiles, garantizando la correcta recolección y tratamiento de los efluentes. El servicio de vaciado y disposición final será realizado por empresas registradas y autorizadas, asegurando que no exista descarga directa al suelo o cuerpos de agua.
6.	Las obras y actividades para la extracción de materiales pétreos y sustancias no reservadas a la federación deberán presentar información respecto a: 1) La profundidad actual e histórica del manto freático, la variación anual del nivel estático del acuífero y el patrón de los flujos (dirección y velocidad). 2) Mecánica de suelo, para determinar la estructura del karst, la caracterización del material a extraer, la permeabilidad del sustrato y la existencia de cavernas o cenotes.	Previo al inicio de operaciones, se recopiló información de estudios hidrogeológicos regionales (CONAGUA, CFE y estudios académicos disponibles) para establecer la profundidad actual e histórica del nivel freático y su variación anual. Además se realizarán los estudios requeridos necesarios para asegurar que las actividades respetarán las profundidades explotables del terreno Se realizaron los estudios necesarios para determinar las características mecánicas del suelo asegurando factibles las actividades de aprovechamiento de un banco de material. En caso de detectar cavernas o cuerpos de agua subterránea, estas áreas serán excluidas de la explotación, quedando como zonas de conservación dentro del proyecto.
7.	Las obras y actividades para la extracción de materiales pétreos y sustancias no reservadas a la federación deberán establecer medidas de mitigación de impactos ambientales incluyendo	La profundidad de aprovechamiento se limitará a lo establecido. Se diseñará un sistema de drenaje superficial mediante zanjas de desvío y pozos de absorción, para canalizar las aguas pluviales y evitar erosión de

	los siguientes aspectos siguientes: a) Establecer como profundidad máxima de excavación una distancia no menor a 2 metros del nivel superior estacional de la capa freática de las aguas subterráneas (considerando el nivel máximo en 10 años). b) Establecer sistemas de drenaje de las aguas pluviales y escorrentías de modo que minimicen la erosión de las superficies expuestas y eviten la saturación e inundación en períodos extraordinarios de lluvia. c) Procurar la extracción de los depósitos más nutridos para reducir la pérdida de suelo. d) Ubicar los pozos, zanjas, socavones y barrenos de exploración fuera de sitios susceptibles de inundación, con el propósito de evitar la migración de contaminantes hacia los cuerpos de agua subterráneos. f) Desmontar el área conforme avanza la actividad de extracción. g) Procurar que los frentes de explotación se ubiquen en las zonas de mayor exposición de la roca con el fin de minimizar los movimientos de tierras. h) En bancos de baja profundidad, conformar taludes en los bordes del banco para facilitar la rehabilitación de la cobertura natural y con una inclinación que asegura su estabilidad.	taludes o inundaciones en lluvias extraordinarias. Se priorizará el aprovechamiento de las zonas con mayor concentración de material pétreo, reduciendo el volumen de suelo removido y minimizando áreas de impacto. Los barrenos, zanjas o socavones se ubican únicamente en áreas no susceptibles a inundaciones, con el fin de prevenir riesgos de infiltración de contaminantes hacia el subsuelo. El desmonte de vegetación se realizará de manera gradual conforme avance la extracción, evitando afectaciones innecesarias a la cobertura vegetal. Se buscará que los frentes de trabajo se ubiquen en zonas con roca más expuesta, reduciendo movimientos de tierra y aumentando la eficiencia en la extracción. En áreas de baja profundidad se conformarán taludes con inclinación estable (≤ 30°) para facilitar la rehabilitación natural y garantizar la seguridad estructural del banco. El material extraído y no aprovechado se depositará en sitios internos acondicionados, donde no pueda ser arrastrado por escorrentías, sin obstruir cauces naturales ni afectar vegetación nativa. Se establecerá un sitio específico para el acopio del suelo orgánico removido,

	i) Depositar el material removido en sitios donde no sea arrastrado por el drenaje pluvial, no obstruya los cauces naturales y no afecte la vegetación. j) Establecer un sitio para el almacenamiento de suelo orgánico que se obtenga de los frentes de explotación dentro del área del proyecto. k) Conforme van siendo abandonados, se deberán cubrir los frentes de trabajo con el suelo orgánico de la zona y revegetar los sitios con especies nativas.	dentro del polígono de extracción, para su posterior uso en procesos de restauración. Conforme las áreas sean abandonadas, se cubrirán con el suelo orgánico almacenado y se procederá a su reforestación con especies nativas, favoreciendo la restauración ecológica del predio.
8.	Al concluir la operación de bancos de material se deberán clausurar los pozos de reconocimiento, retirar las vialidades temporales (internas y de acceso), los edificios, las instalaciones y las estructuras que no resulten de utilidad, rehabilitar los terrenos mediante la siembra de especies nativas y reestablecer el patrón de escorrentía original.	Al concluir la operación del proyecto se retirará cualquier tipo de infraestructura presente, maquinaria, entre otros y se llevarán a cabo las actividades de reforestación del predio para que este regrese a sus condiciones originales.

3.2. Leyes.

3.2.1. Ley General de Equilibrio Ecológico y Prptección al Ambiente (LGEEPA)

ARTÍCULO 28: La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico a rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger al ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la secretaría:

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

Vinculación: El propósito principal de este proyecto es llevar a cabo la instalación de un banco de materiales pétreos. En virtud de esto, se hace necesario obtener una Autorización en Materia de Impacto Ambiental para llevar a cabo la implementación del proyecto. Con este fin, se presenta este documento para su exhaustiva revisión y posterior aprobación por parte de las autoridades competentes.

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.

Si después de la presentación de una Manifestación de Impacto Ambiental, se realizan modificaciones al proyecto de la obra o actividad respectiva, los interesados deberán hacerlas del conocimiento de la Secretaría, a fin de que ésta, en un plazo no mayor 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 los dispuesto en esta Ley.

Los contenidos del informe preventivo, así como las características y las modalidades de las Manifestaciones de Impacto Ambiental, y los Estudios de Riesgo serán establecidos por el Reglamento de la presente Ley.

Vinculación: Este documento se presenta con el propósito de someterse a una revisión detallada y obtener la aprobación para autorización en calidad de Manifestación de Impacto Ambiental.

ARTÍCULO 32.- En el caso de que un plan o programa parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico del territorio incluyan obras o actividades de las señaladas en el

artículo 28 de esta ley, las autoridades competentes de los Estados, el Distrito Federal o los Municipios, podrán presentar dichos planes o programas a la Secretaría, con el propósito de que ésta emita la autorización que en materia de impacto ambiental corresponda, respecto del conjunto de obras o actividades que se prevean realizar en un área determinada, en los términos previstos en el artículo 31 de esta ley.

Vinculación: El lugar destinado para la realización del proyecto está sujeto a regulaciones establecidas por el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Yucatán (POETY), así como toda la normativa aplicable. Los detalles sobre la conexión y cumplimiento de estas regulaciones se encuentran detallados en esta sección.

ARTÍCULO 35 BIS 1: Las personas que presten servicios de impacto ambiental, serán responsables ante la Secretaría de los informes preventivos, manifestaciones de impacto ambiental y estudios de riesgo que elaboren, quienes declararán 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.

Vinculación: Se adjunta una carta de protesta de veracidad emitida por la persona responsable de llevar a cabo el servicio de evaluación de impacto ambiental.

ARTÍCULO 79: Para la preservación y aprovechamiento sustentable de la flora y fauna silvestre, se considerarán los siguientes criterios:

I. La preservación y conservación de la biodiversidad y del hábitat natural de las especies de flora y fauna que se encuentran en el territorio nacional y en las zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.
II. La continuidad de los procesos evolutivos de las especies de flora y fauna y demás recursos biológicos, destinado a áreas representativas de los sistemas ecológicos del país a acciones de preservación e investigación.
III. La preservación de las especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial.
IV. El combate al tráfico o aprobación ilegal de especies.

V. El fomento y creación de las estaciones biológicas de rehabilitación y repoblamiento de especies de fauna silvestre.
VI. La participación de las organizaciones sociales, públicas o privadas y los demás interesados en la preservación de la biodiversidad.
VII. El fomento y desarrollo de la investigación de la fauna y flora silvestre, y de los materiales genéticos, con el objeto de conocer su valor científico, ambiental, económico y estratégico para la nación.
VIII. El fomento de trato digno y respetuoso a las especies animales, con el propósito de evitar la crueldad en contra de éstas.
IX. El desarrollo de actividades productivas alternativas para las comunidades rurales, y
X. El conocimiento biológico tradicional y la participación de las comunidades, así como los pueblos indígenas en la elaboración de programas de biodiversidad de las áreas en que habiten.

Vinculación: Este documento se presenta para la autorizacion en materia de impacto ambiental. En este contexto, se llevará a cabo una evaluación exhaustiva con el objetivo de identificar áreas de oportunidad dentro del proyecto. Además, se contempla la incorporación de una sección específica destinada a la conservación y preservación del entorno.

ARTÍCULO 98: Para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo, se considerarán los siguientes criterios:

I. El uso del suelo debe ser compatible con su vocación natural y no debe alterar el equilibrio de los ecosistemas.
II. El uso de los suelos debe hacerse de manera que estos mantengan su integridad física y su capacidad productiva.
III. Los usos productivos del suelo deben evitar prácticas que favorezcan la erosión, degradación o modificación de las características topográficas, con efectos ecológicos adversos.
IV. En las acciones de preservación y aprovechamiento sustentable del suelo, deberán considerarse las medidas necesarias para prevenir o reducir su erosión, deterioro de las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo y la pérdida duradera de la vegetación natural;

V. En las zonas afectadas por fenómenos de degradación o desertificación, deberán llevarse a cabo las acciones de regeneración, recuperación y rehabilitación necesarias, a fin de restaurarlas y ,

VI. La realización de obras públicas o privadas que por sí mismas puedan provocar deterioro severo de los suelos, deben incluir acciones equivalentes de regeneración, recuperación y restablecimiento de su vocación natural.

Vinculación: Considerando las disposiciones establecidas por los Programas aplicables a la zona donde se ejecutará el proyecto, se ha determinado que el propósito de este y el uso actual y permitido del suelo en esas áreas no presentan incompatibilidades, tanto en términos de vocación como de uso. En consecuencia, no hay conflictos con lo establecido en dichos instrumentos normativos.

ARTÍCULO 110.- Para la protección a la atmósfera se considerarán los siguientes criterios:

I. La calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y las regiones del país; y

II. Las emisiones de contaminantes a la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

Vinculación: Se buscará que toda la maquinaria necesaria para la ejecución del proyecto cuente con tarjetones de verificación de cumplimiento ambiental para asegurarse que no se estén causando mayores daños a la atmósfera. Así mismo se señala que se contará con un reglamento de uso de la maquinaria, buscando que esta no esté encendida en momentos donde no se utilice.

ARTÍCULO 117: Para la prevención y control de la contaminación del agua, se considerarán los siguientes criterios:

IV.- Las aguas residuales de origen urbano deben recibir tratamiento previo a su descarga en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo:

Vinculación: El proyecto propone la contratación de sanitarios portátiles durante toda la vida útil del proyecto, esto para asegurar que no existan filtraciones de aguas negras al manto acuífero, la empresa prestadora del servicio será la responsable de la recolección, tratamiento y disposición.

ARTÍCULO 121: No podrán descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo o corriente de agua o en el suelo o subsuelo, aguas residuales que contengan contaminantes, sin previo tratamiento y el permiso o autorización de la autoridad federal, o de la autoridad local en los casos de descargas en aguas de jurisdicción local o a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población.

Vinculación: se contará con sanitarios portátiles.

ARTÍCULO 134.- Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se considerarán los siguientes criterios:

I. Corresponde al Estado y la sociedad prevenir la contaminación del suelo.
II. Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos;
III. Es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para su reúso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición eficiente.

Vinculación: Como medida de gestión ambiental, se implementarán basureros con tapa debidamente identificados en el sitio del proyecto. Además, se establecerá la política de no realizar recarga de combustible dentro del área de trabajo, y se dispondrán letrinas portátiles para prevenir que los trabajadores realicen sus necesidades en lugares no designados. Estas acciones están alineadas con las directrices establecidas en el Plan de Manejo Integral de

Residuos, garantizando una adecuada disposición y manejo de los desechos generados durante la ejecución del proyecto.

ARTÍCULO 136.- Los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar:

I. La contaminación del suelo
II. Las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos
III. Las alteraciones en el suelo que perjudiquen su aprovechamiento, uso o explotación
IV. Riesgos y problemas de salud.

Vinculación: Para gestionar adecuadamente los residuos generados durante todas las etapas del proyecto, se implementarán contenedores de basura con tapa y etiquetados de manera apropiada. Estos contenedores tendrán la función de recolectar y almacenar temporalmente los residuos. Posteriormente, estos residuos serán trasladados al basurero municipal correspondiente o a un sitio debidamente autorizado para su disposición final. Este enfoque asegura una gestión responsable de los desechos, cumpliendo con los estándares ambientales y normativas locales pertinentes.

ARTÍCULO 151: La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contrate los servicios de manejo y disposición final de los residuos peligrosos con empresas autorizadas por la secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas independientemente de la responsabilidad que, en su caso, tenga quien los generó.

ARTÍCULO 152 BIS: Cuando la generación, manejo o disposición final de materiales o residuos peligrosos produzca contaminación del suelo, los responsables de dichas operaciones deberán llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restablecer las condiciones del mismo, con el propósito de que éste pueda ser destinado a algunas de las actividades previstas en el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable, para el predio o zona respectiva.

Vinculación: Aunque el proyecto no tiene prevista la generación de residuos peligrosos, se han establecido procedimientos específicos para abordar cualquier eventualidad en la que se llegaran a generar. En dichos casos, se llevarán a cabo los procedimientos necesarios para asegurar el manejo, traslado y disposición adecuados de estos residuos. Además, se gestionarán los avisos correspondientes ante la Secretaría o entidad competente. Este enfoque proactivo respalda el compromiso del proyecto con prácticas seguras y responsables en relación con la gestión de residuos.

ARTÍCULO 155.- Quedan prohibidas las emisiones de ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica, y la generación de contaminación visual, en cuanto rebasen los límites máximos establecidos en las normas oficiales mexicanas que para este efecto expida la Secretaría, considerando los valores de concentración máxima permisibles para el ser humano de contaminantes en el ambiente que determine la Secretaría de Salud. Las autoridades federales o locales, según su esfera de competencia, adoptarán las medidas para impedir que se transgredan dichos límites y en su caso, aplicarán las sanciones correspondientes.

En la construcción de obras o instalaciones que generen energía térmica o lumínica, ruido o vibraciones, así como en la operación o funcionamiento de las existentes deberán llevarse a cabo acciones preventivas y correctivas para evitar los efectos nocivos de tales contaminantes en el equilibrio ecológico y el ambiente.

Vinculación: se anticipa la generación de ruido, pero se garantiza que este no sobrepasará los niveles máximos permitidos establecidos por la NOM-080-SEMARNAT-2001. Además, se implementarán las medidas preventivas necesarias para asegurar el cumplimiento de las regulaciones mencionadas, y los detalles específicos de estas medidas se encuentran detallados en el Capítulo 6 de este documento. Este enfoque refleja la atención cuidadosa hacia la gestión del ruido, asegurando el respeto a los límites establecidos y el bienestar de la comunidad circundante durante la fase de construcción.

3.2.2. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos.

ARTÍCULO 19: Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes:

> I. Residuos de las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen para este fin, así como los productos derivados de la descomposición de las rocas, excluidos de la competencia federal conforme a las fracciones IV y V del artículo 5 de la Ley Minera;
>
> II. Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general;

ARTÍCULO 20: La clasificación de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, sujetos a planes de manejo se llevará a cabo de conformidad con los criterios que se establezcan en las normas oficiales mexicanas que contendrán los listados de los mismos y cuya emisión estará a cargo de la Secretaría.

ARTÍCULO 26: Las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias y en coordinación con la Federación, deberán elaborar e instrumentar los programas locales para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, de conformidad con esta Ley, con el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos y demás disposiciones aplicables.

ARTÍCULO 28: Estarán obligados a la formulación y ejecución de los planes de manejo, según corresponda:

> III. Los grandes generadores y los productores, importadores, exportadores y distribuidores de los productos que al desecharse se convierten en residuos sólidos urbanos o de manejo especial que se incluyan en los listados de residuos sujetos a planes de manejo de conformidad con las normas oficiales mexicanas correspondientes; los residuos de envases plásticos, incluyendo los de poliestireno expandido; así como los importadores y distribuidores de neumáticos usados, bajo los principios de valorización y responsabilidad compartida.

ARTÍCULO 99: Los municipios, de conformidad con las leyes estatales, llevarán a cabo las acciones necesarias para la prevención de la generación, valorización y la gestión integral de los residuos sólidos urbanos.

ARTÍCULO 100: La legislación que expidan las entidades federativas, en relación con la generación, manejo y disposición final de residuos sólidos urbanos podrá contener las siguientes prohibiciones:

I. Verter residuos en la vía pública, predios baldíos, barrancas, cañadas, ductos de drenaje y alcantarillado, cableado eléctrico o telefónico, de gas; en cuerpos de agua; cavidades subterráneas; áreas naturales protegidas y zonas de conservación ecológica; zonas rurales y lugares no autorizados por la legislación aplicable;

II. Incinerar residuos a cielo abierto, y

III. Abrir nuevos tiraderos a cielo abierto.

Vinculación: En cada fase del proyecto, se producirán desechos sólidos urbanos, así como residuos considerados de manejo especial, debido al giro del proyecto; por lo que se contará con la Licencia Ambiental Única emitida por la autoridad competente.

ARTÍCULO 40.- Los residuos peligrosos deberán ser manejados conforme a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento, las normas oficiales mexicanas y las demás disposiciones que de este ordenamiento se deriven.

ARTÍCULO 42.- Los generados y demás poseedores de residuos peligrosos, podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la Secretaría, o bien, transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos.

Vinculación: El proyecto no tiene prevista la generación de residuos peligrosos en ninguna de sus fases.

3.2.3. Ley de Aguas Nacionales.

ARTÍCULO 14 BIS 5: Los principios que sustentan la política hídrica nacional son:

I. El agua es un bien de dominio público federal, vital, vulnerable y finito, con valor social, económico y ambiental, cuya preservación en cantidad y calidad y sustentabilidad es tarea fundamental del Estado y la Sociedad, así como prioridad y asunto de seguridad nacional.

Vinculación: la zona del proyecto contará con abastecimiento de agua potable por medio de la contratación del servicio de pipas.

ARTÍCULO 44: La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales superficiales o del subsuelo por parte de los sistemas del Distrito Federal, estatales o municipales de agua potable y alcantarillado, se efectuarán mediante asignación que otorgue “La autoridad del agua”, en los términos dispuestos por el Título Cuarto de esta Ley.

Las personas que infiltren o descarguen aguas residuales en el suelo o subsuelo o cuerpos receptores distintos de los sistemas municipales de alcantarillado de las poblaciones, deberán obtener el permiso de descarga respectivo, en los términos de esta Ley independientemente del origen de las fuentes de abastecimiento.

ARTÍCULO 45: Es competencia de las autoridades municipales, con el concurso de los gobiernos de los estados en los términos de esta Ley, la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales que se les hubieran asignado, incluyendo las residuales, desde el punto de su extracción o de su entrega por parte de “La Autoridad del Agua”, hasta el sitio de su descarga a cuerpos receptores que sean bienes nacionales. La explotación, uso o aprovechamiento se podrá efectuar por dichas autoridades a través de sus entidades paraestatales o de concesiones en los términos de la Ley. En el reúso de aguas residuales, se deberán respetar los derechos de terceros relativos a los volúmenes de éstas que estén inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua.

Vinculación: la zona del proyecto contará con abastecimiento de agua potable por medio del servicio de pipas.

ARTÍCULO 88 BIS 1.- Las descargas de aguas residuales de uso doméstico que no formen parte de un sistema municipal de alcantarillado, se podrán llevar a cabo con sujeción a las Normas Oficiales Mexicanas que al efecto se expidan y mediante un aviso por escrito a “La Autoridad del Agua”.

Vinculación: Se contará con sanitarios portátiles para el uso de los trabajadores.

3.2.4. Ley de Protección al Medio Ambiente del Estado de Yucatán.

ARTÍCULO 57.- Quienes realicen obras o actividades que contaminen o degraden los suelos o desarrollen actividades relacionadas con la exploración, explotación, extracción y aprovechamiento de materiales o sustancias no reservadas a la Federación están obligados a:

I. Fomentar prácticas y aplicar tecnologías que mitiguen o eviten los impactos ambientales
II. Implementar programas de restauración, rehabilitación o remediación de las áreas utilizadas o en su caso, de compensación del daño, de conformidad con el programa de abandono o al final de la vida útil del banco o cantera;
III. Salvaguardar los bancos y canteras mediante obras de contención, protección y estabilización de los taludes que resulten, y
IV. Obtener la autorización que al efecto emita la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales si realizan explotación superficial, subacuática o subterránea.

Vinculación: en el capítulo correspondiente se abordan las medidas de mitigación a daños ambientales, así mismo se el proyecto contará con programas de reforestación y restauración de las zonas destinadas al aprovechamiento de material pétreo. La presente se realiza en harás de contar con autorización en materia de impacto ambiental.

ARTÍCULO 95.- Las emisiones contaminantes a la atmósfera tales como; humo, polvos, gases, vapores, olores, ruido, vibraciones y energía lumínica; no deberán rebasar los límites máximos permisibles contenidos en las normas oficiales vigentes, en las normas técnicas ambientales que se expidan y en las demás disposiciones locales aplicables en el Estado de Yucatán.

Vinculación: Se llevará a cabo la solicitud a la empresa arrendadora de maquinaria para proporcionar comprobantes de mantenimiento de los vehículos y maquinaria empleados a lo largo del proyecto. Asimismo, se garantizará el cumplimiento estricto de los límites máximos estipulados en las Normas Oficiales y/o técnicas pertinentes. Se prestará una atención especial para programar estas actividades en horarios que no interfieran con las actividades locales, demostrando así un compromiso consciente con la armonía con el entorno y la comunidad circundante

ARTÍCULO 105.- Los propietarios o poseedores de vehículos automotores que circulen en el territorio de la entidad, tendrán la obligación de someter a verificación sus vehículos con el propósito de controlar las emisiones contaminantes, con la periodicidad y condiciones establecidas por el Poder Ejecutivo.

Vinculación: Como se mencionó anteriormente, se solicitará a la empresa arrendadora de maquinaria y vehículos, comprobantes de mantenimiento periódico.

ARTÍCULO 111.- La generación de aguas residuales en cualquier actividad susceptible de producir contaminación, conlleva la responsabilidad de su tratamiento previo a su uso, reúso o descarga, de manera que la calidad del agua cumpla con la normativa vigente.

Vinculación: Se contratará el servicio de sanitarios portátiles durante toda la vida útil del proyecto.

3.3. Reglamentos

3.3.1. Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Al Ambiente.

3.3.1.1. 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:

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;
II. Cambio de uso del suelo de áreas forestales a cualquier otro uso, con excepción de las actividades agropecuarias de autoconsumo familiar, que se realicen en predios con pendientes inferiores al cinco por ciento, cuando no impliquen la agregación ni el desmonte de más del veinte por ciento de la superficie total y ésta no rebase 2 hectáreas en zonas templadas y 5 en zonas áridas, y
III. Los demás cambios de uso del suelo, en terrenos o áreas con uso de suelo forestal, con excepción de la modificación de suelos agrícolas o pecuarios en forestales, agroforestales o silvopastoriles, mediante la utilización de especies nativas.

Vinculación: Se presenta este documento con el fin de dar cumplimiento al inciso O del artículo 5 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Impacto Ambiental.

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

I. Regional
II. Particular

Vinculación: Se presenta este documento en su modo particular.

3.3.1.2. En Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera

ARTÍCULO 28: Las emisiones de olores, gases, así como de partículas sólidas y líquidas a la atmósfera que se generen por fuentes móviles, no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisión que se establezcan en las normas técnicas ecológicas que expida la Secretaría en coordinación con la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial y de Energía, Minas e Industria Paraestatal, tomando en cuenta los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente determinados por la Secretaría de Salud.

Vinculación: Se garantizará que los vehículos automotores utilizados en todas las fases del proyecto se mantengan en óptimas condiciones de funcionamiento para evitar emisiones atmosféricas. Esto se logrará mediante un mantenimiento adecuado y continuo, que incluirá verificaciones periódicas para asegurar que los vehículos cumplan con los estándares ambientales establecidos.

3.3.2. Reglamento de la Ley de Protección al Ambiente del Estado de Yucatán.

ARTÍCULO 41.- Deberán contar con la autorización previa de la Secretaría en materia de impacto ambiental, las personas físicas o jurídicas colectivas que pretendan realizar obras o actividades que tengan por objeto el aprovechamiento de minerales o sustancias no reservadas a la federación, tales como canteras, piedras, sascab o cualquier tipo de suelo a que se refieren los artículos 42 y 43 de la Ley.

Vinculación: Se presenta Manifiesto de Impacto Ambiental para evaluación y posterior aprobación.

ARTÍCULO 44.- No se permitirán trabajos de exploración o explotación de depósitos de los materiales referidos, dentro de los límites urbanos y en las zonas de protección que se señalen

en los Programas de Desarrollo Urbano ni en Áreas Naturales Protegidas, salvo que sea material desventajoso y perjudicial a éstas.

ARTÍCULO 45.- El área de explotación no excederá del sesenta por ciento de la superficie del área donde se realizará el aprovechamiento. Siempre se dejará una franja de protección en la cual se deberá distribuir proporcionalmente, a partir de los límites del predio, el cuarenta por ciento restante de la superficie.

Vinculación: El proyecto no se ubica dentro de los límites urbanos marcados en los programas urbanos aplicables, tampoco se ubica dentro o cercano a un área natural protegida. El área de aprovechamiento no rebasa el límite establecido del 60% de aprovechamiento, aunado a esto se realizarán actividades de reforestación y restauración de la zona una vez terminen los trabajos de aprovechamiento.

ARTÍCULO 47.- En los trabajos de explotación de yacimientos se cumplirán las siguientes especificaciones:

I. Para materiales como canteras, sascab, entre otros, excepto arena, se dejará una franja de protección mínima de treinta metros de ancho alrededor de la zona de explotación. El ancho de esa franja de protección se medirá a partir de las colindancias del predio o caminos, líneas de conducción, transmisión y telecomunicaciones, hasta la intersección del terreno natural con la parte superior del talud resultante;

II. Esta franja de protección debe quedar totalmente libre de cualquier instalación o depósito de material almacenado. La Secretaría determinará cuando esta franja debe ser ampliada, de acuerdo con las condiciones bajo las cuales estas zonas deban ser reforestadas, así como el plazo máximo para realizar estas acciones, las cuales serán con cargo al titular de la autorización. El incumplimiento de la observancia de esta protección ocasionará la revocación inmediata de la autorización de explotación, además de que aquél deberá cubrir los costos de los daños al área;

III. El almacenamiento de combustibles y lubricantes será en un depósito cubierto y localizado a más de treinta metros de cualquier acceso o lugar de reunión del personal del banco y estará controlado por alguna persona; y

IV. Por lo que se refiere a las medidas de seguridad en el manejo, transportación y almacenamiento de explosivos, deberán cumplirse estrictamente las disposiciones expedidas por la Secretaría de la Defensa Nacional, con base en la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos y en su Reglamento.

Vinculación: se contará con una franja de amortiguamiento a los alrededores de la zona en la que pretende realizarse el aprovechamiento de material pétreo, así mismo se señala que dicha zona no colinda con vialidades importantes de la localidad. No se contempla el almacenamiento de combustibles dentro de las inmediaciones del predio, sin embargo de ser necesario se hará de acuerdo a lo establecido. Para el uso de los explosivos se contará con las autorizaciones emitidas por la autoridad competente en la materia.

ARTÍCULO 134: Las emisiones de cualquier tipo de contaminante de la atmósfera no deberán exceder los niveles máximos permitidos, por tipo de contaminante o por fuente de contaminación, de conformidad con lo establecido en las Normas oficiales mexicanas aplicables.

ARTÍCULO 152: Las emisiones de gases, partículas sólidas y líquidas a la atmosfera, emitidas por el escape de los vehículos automotores que circulen en el estado y que utilicen gasolina, diésel biogás o gas licuado del petróleo como combustible, no deberán exceder los niveles máximos permitidos de emisiones, establecidos en las normas oficiales vigentes

ARTÍCULO 155: Los vehículos automotores que están registrados en el estado, deberán someterse obligatoriamente a verificación en las fechas que fije la secretaría en los programas que para el efecto publicará.

ARTÍCULO 195: Todas las descargas de aguas residuales domésticas deberán ser vertidas a fosas sépticas o algún tipo de sistema de recolección, que cuente con el tratamiento que garantice la reducción de contaminantes del agua residual.

ARTÍCULO 207: Para su conservación y aprovechamiento posterior los suelos que se produzcan con motivo de la remoción de la cubierta vegetal, serán dispuestos en los sitios que la Secretaría determine.

ARTÍCULO 209: En los proyectos para la realización de obras en el territorio del Estado, se deberá contemplar el establecimiento de las áreas verdes, cuyo objeto será el de cumplir con la función de generar oxígeno, mantener el clima de la zona y compensar la afectación del área por el desarrollo de la obra o actividad.

Vinculación: La vegetación retirada durante la fase de preparación del sitio será reintegrada al suelo natural del terreno en las zonas donde no se realice el aprovechamiento. Se promoverá el uso de materiales y accesorios que minimicen los impactos ambientales, y toda esta información será comunicada a la empresa constructora. Todos los vehículos utilizados durante todas las etapas del proyecto deberán poseer un certificado de verificación vehicular vigente. Se contratará a una empresa especializada en el servicio de alquiler de sanitarios portátiles, la cual será responsable de recolectar, tratar y disponer de las aguas residuales generadas durante la vida util del proyecto. El diseño del proyecto cumple con los porcentajes establecidos por las autoridades en cuanto al aprovechamiento del territorio, se resalta que se contará con programas de reforestación y restauración una vez finalicen los trabajos de aprovechamiento.

3.4. Normas Oficiales Mexicanas:

3.4.1. En Materia de Aguas Residuales.

NOM-001-SEMARNAT-2021. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.

Vinculación: Durante las fases todas las etapas del proyecto, se implementarán letrinas portátiles para los trabajadores. Las aguas sanitarias resultantes de este proceso serán recolectadas y tratadas por la empresa proveedora del servicio de arrendamiento de letrinas, garantizando que no se ocasionen impactos en el agua subterránea durante estas etapas.

3.4.2. En Materia de Emisiones a la Atmósfera

NOM-041-SEMARNAT-2006. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que utilizan gasolina como combustible.

NOM-045-SEMARNAT-2006. Esta Norma establece los niveles máximos permisibles de capacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diésel o mezclas que incluyan diésel como combustible y es de observancia obligatoria para los responsables de los centros de verificación vehicular, así como para los responsables de los citados vehículos.

Vinculación: Las camionetas utilizadas en la obra estarán equipadas con el tarjetón de verificación vehicular para evaluar las emisiones de gases contaminantes. Aunque esta norma no se aplica a la maquinaria, se verificará que ésta reciba mantenimiento periódico. Los camiones de volteo y la maquinaria utilizados en la operación deberán someterse a mantenimiento regular para prevenir problemas como desajustes en la alimentación de combustible al motor, entre otros aspectos, con el fin de prevenir y controlar las emisiones de opacidad del humo.

3.4.3. En Materia de Ruido.

NOM-080-SEMARNAT-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.

Vinculación: Es importante mencionar que se deberá cumplir cuando menos con la Norma Oficial Mexicana NOM-080-STPS-1993 relativa a la determinación del nivel sonoro continuo equivalente, al que se exponen los trabajadores en los centros de trabajo, así también se considera que los niveles de ruido no rebasarán los límites máximos permisibles (68 dB(A) de las 6:00 a 22:00, 65 dB(A) de las 22:00 a 6:00) establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, que establece los Límites Máximos Permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.

3.4.4. En Materia De Recursos Naturales

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.

Vinculación: Durante los muestreos a zonas aledañas del predio se encontraron especies pertenecientes a alguna categorización de la presente norma, por lo que se propone a esta Autoridad la elaboración de programas de reubicación y rescate de estos ejemplares para asegurar su prosperidad en el medio.

3.5. Decretos De Áreas Naturales Protegidas Y; En Su Caso, Sus Planes De Manejo, Donde Se Identifiquen Las Obras Y Actividades Permitidas En Las Zonas De Restricción.

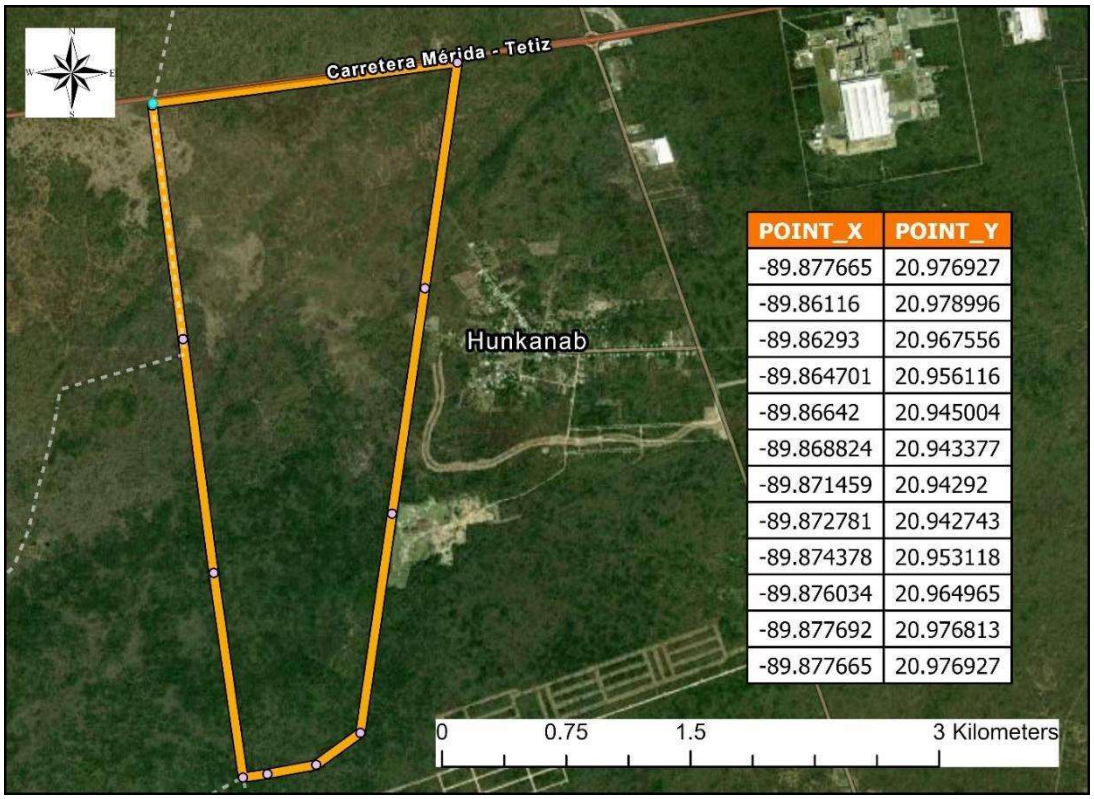
No aplica.

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

4.1. Delimitación Del Sistema Ambiental

El área de estudio se ubica en dos Unidades de Gestión Ambiental: en UGA039-APROV-HUN y en la UGA059-APROV-CHO, siendo en ambas la minería no metálica considerada compatible bajo el cumplimiento de los criterios 2–8 del POETY, lo que implica diseñar y operar con medidas estrictas por la alta vulnerabilidad y recarga del acuífero.

En UGA039-APROV-HUN predomina un paisaje fuertemente transformado donde los asentamientos humanos ocupan más de una cuarta parte de la superficie y se combinan con terrenos forestales y preferentemente forestales, aunque gran parte del territorio está clasificado como sin cobertura natural o degradado.

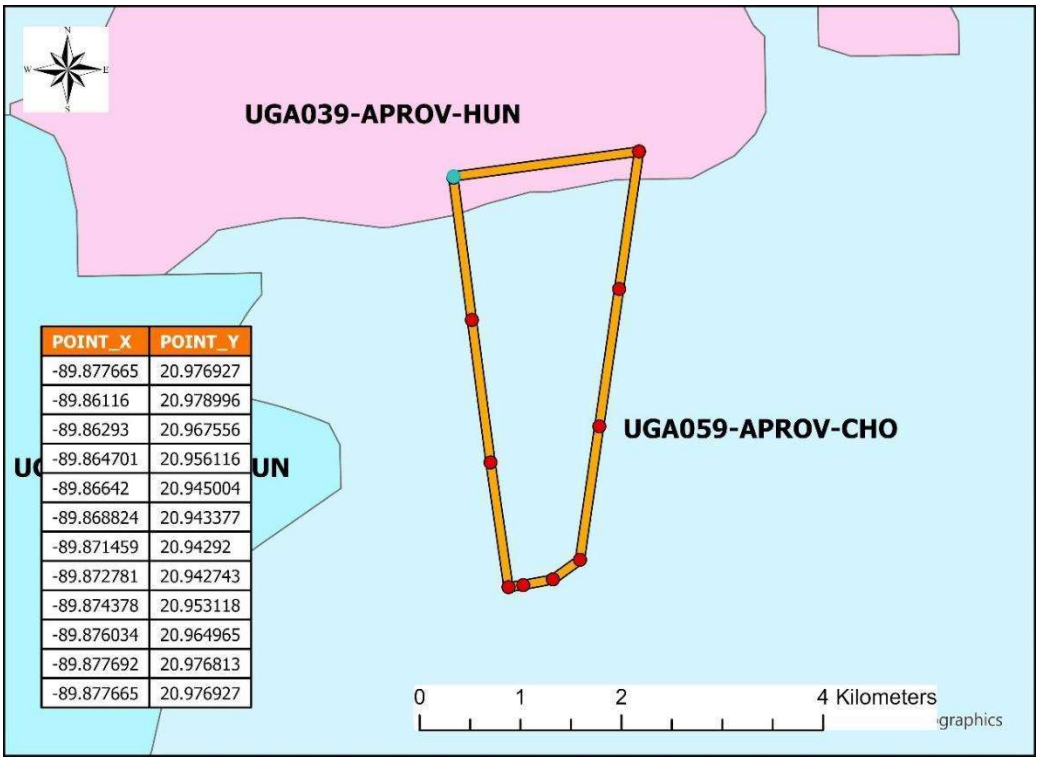


POINT_X	POINT_Y
-89.877665	20.976927
-89.86116	20.978996
-89.86293	20.967556
-89.864701	20.956116
-89.86642	20.945004
-89.868824	20.943377
-89.871459	20.94292
-89.872781	20.942743
-89.874378	20.953118
-89.876034	20.964965
-89.877692	20.976813
-89.877665	20.976927

Ubicación del área de estudio y cuadro de coordenadas

En contraste, la UGA059-APROV-CHO conserva una mayor proporción de terrenos forestales y preferentemente forestales, aunque también cuenta con un porcentaje importante de superficies no forestales; aquí la presión urbana es menor, con asentamientos reducidos.

De acuerdo con la cartografía de vegetación y uso de suelo del INEGI series VII, el área de estudio se caracteriza por ubicarse en una zona de transición ecológica, donde la selva baja caducifolia secundaria pasa gradualmente hacia una selva mediana subcaducifolia secundaria.

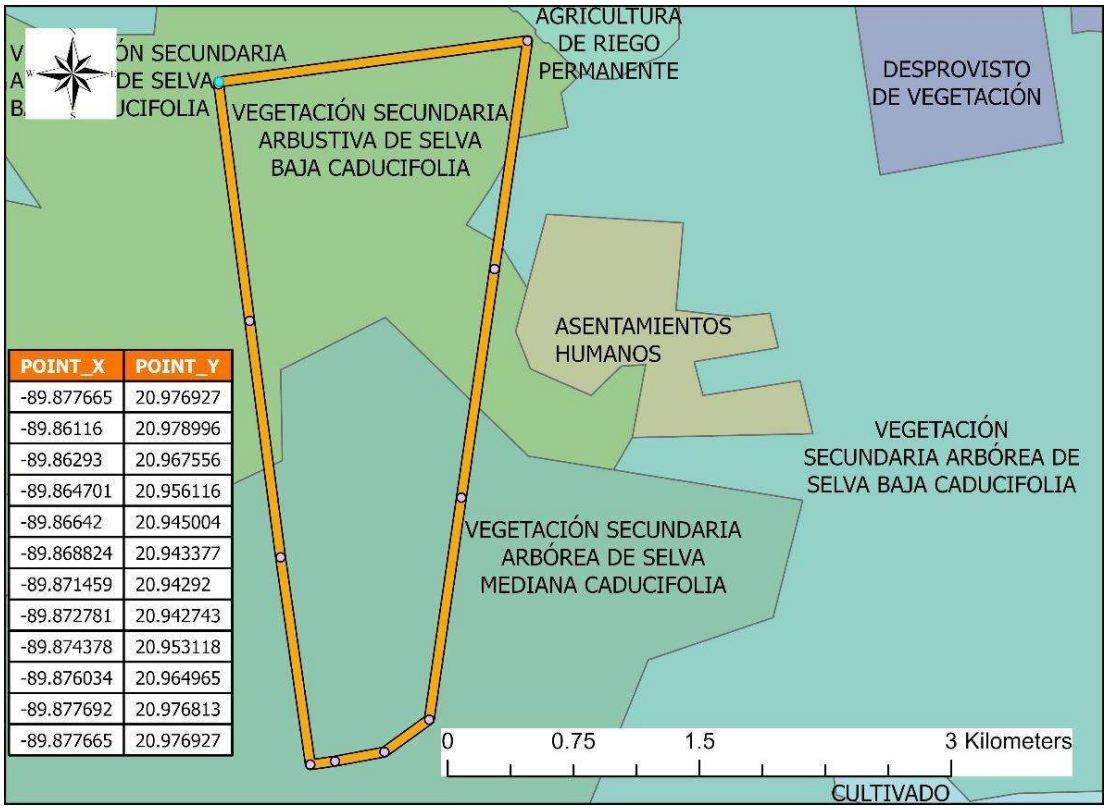


POINT_X	POINT_Y
-89.877665	20.976927
-89.86116	20.978996
-89.86293	20.967556
-89.864701	20.956116
-89.86642	20.945004
-89.868824	20.943377
-89.871459	20.94292
-89.872781	20.942743
-89.874378	20.953118
-89.876034	20.964965
-89.877692	20.976813
-89.877665	20.976927

Ubicación del área de estudio y UGAs de POETY

En la primera, predomina un paisaje fuertemente transformado donde los asentamientos humanos ocupan más de una cuarta parte de la superficie y se combinan con terrenos forestales y preferentemente forestales, aunque gran parte del territorio está clasificado como sin cobertura natural o degradado.

Ambas formaciones muestran un estado de conservación secundario, resultado de procesos previos de perturbación y aprovechamiento de los recursos. Actualmente, predominan las actividades de agricultura de temporal, la ganadería extensiva y la extracción de materia forestal, particularmente destinada a la producción artesanal de carbón vegetal, lo que ha limitado la recuperación plena de la cobertura arbórea original y mantiene al paisaje en un mosaico de vegetación secundaria con claros usos antrópicos.



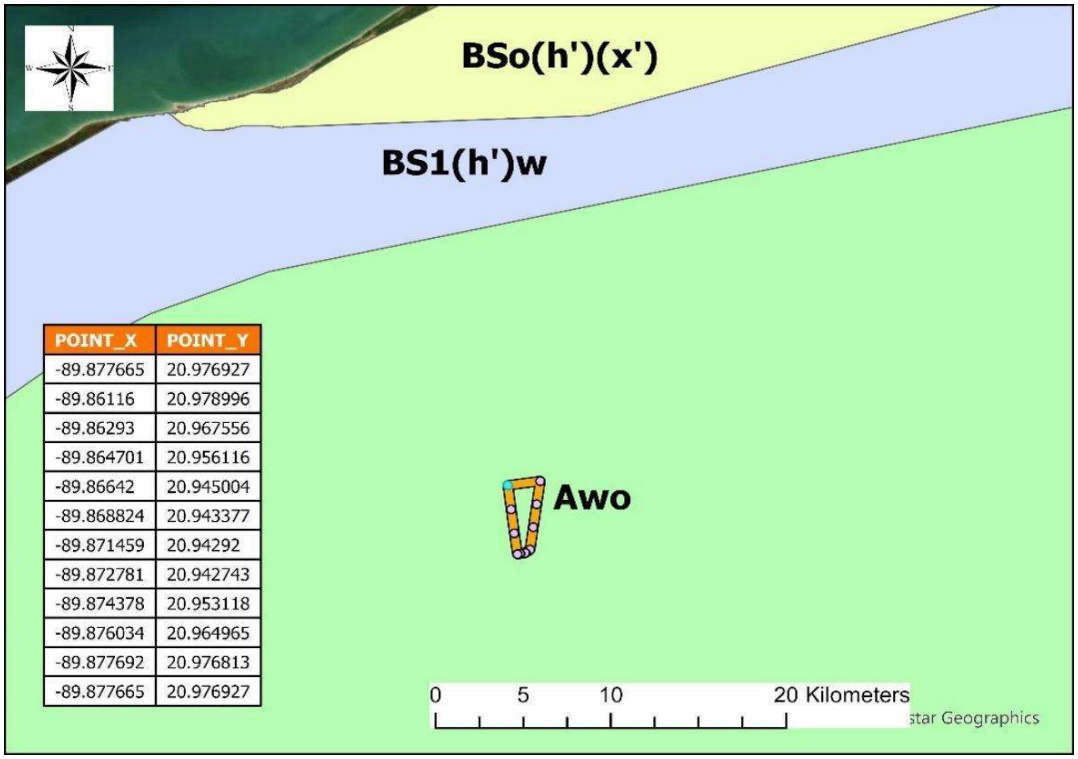
POINT_X	POINT_Y
-89.877665	20.976927
-89.86116	20.978996
-89.86293	20.967556
-89.864701	20.956116
-89.86642	20.945004
-89.868824	20.943377
-89.871459	20.94292
-89.872781	20.942743
-89.874378	20.953118
-89.876034	20.964965
-89.877692	20.976813
-89.877665	20.976927

Mapa de vegetación y uso de suelos INEGI series VII en contexto del área de estudio

4.2.1. Aspectos Abióticos

Clima de la región de estudio

El clima es el factor exógeno principal que modela el paisaje, regula el ciclo hidrológico y condiciona el desarrollo de los ecosistemas y las actividades humanas. El área de estudio se caracteriza por un régimen climático con un marcado déficit hídrico y temperaturas elevadas durante la mayor parte del año. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada para México, el clima predominante en el área de estudio corresponde al Semiseco muy cálido y cálido (BS1(h') w), el cual abarca el 86.33% de la superficie. Una porción menor del territorio, que representa el 12.84%, se clasifica como Seco muy cálido y cálido (BS0(h') w), mientras que una fracción marginal (0.83%) presenta un clima Cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw0). Esta clasificación denota una región donde la evaporación potencial supera a la precipitación anual, resultando en condiciones de aridez y una ausencia casi total de cuerpos de agua superficiales permanentes.



POINT_X	POINT_Y
-89.877665	20.976927
-89.86116	20.978996
-89.86293	20.967556
-89.864701	20.956116
-89.86642	20.945004
-89.868824	20.943377
-89.871459	20.94292
-89.872781	20.942743
-89.874378	20.953118
-89.876034	20.964965
-89.877692	20.976813
-89.877665	20.976927

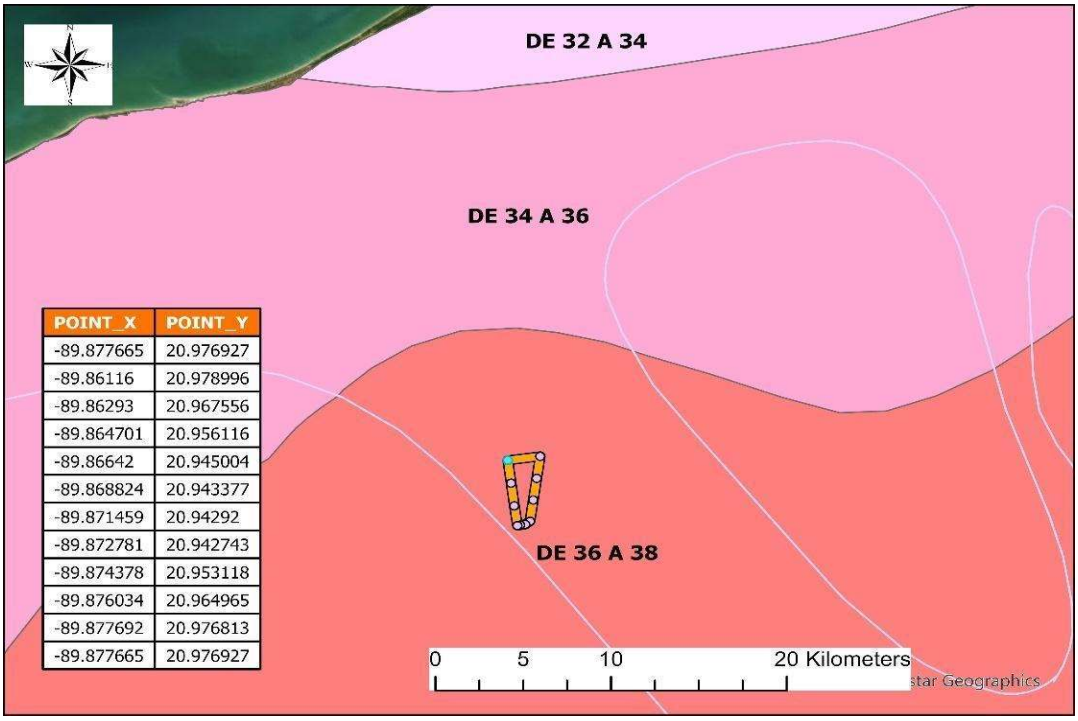
Variación climática regional y área de estudio

Precipitación y temperatura

El régimen térmico se define por veranos largos, cálidos y opresivos, e inviernos cortos y templados. A lo largo del año, la temperatura del aire generalmente oscila entre 19 °C y 35 °C, con eventos poco frecuentes en los que desciende por debajo de 15 °C o supera los 38 °C. Se distinguen dos temporadas principales:

- La temporada calurosa tiene una duración aproximada de 4.7 meses, extendiéndose desde principios de abril hasta finales de agosto. Durante este periodo, la temperatura máxima promedio diaria supera los 34 °C. El mes más cálido del año es mayo, con una temperatura máxima promedio de 35 °C y una mínima promedio de 24 °C.
- La temporada fresca abarca 2.8 meses, desde finales de noviembre hasta mediados de febrero, con una temperatura máxima promedio diario inferior a 30 °C.

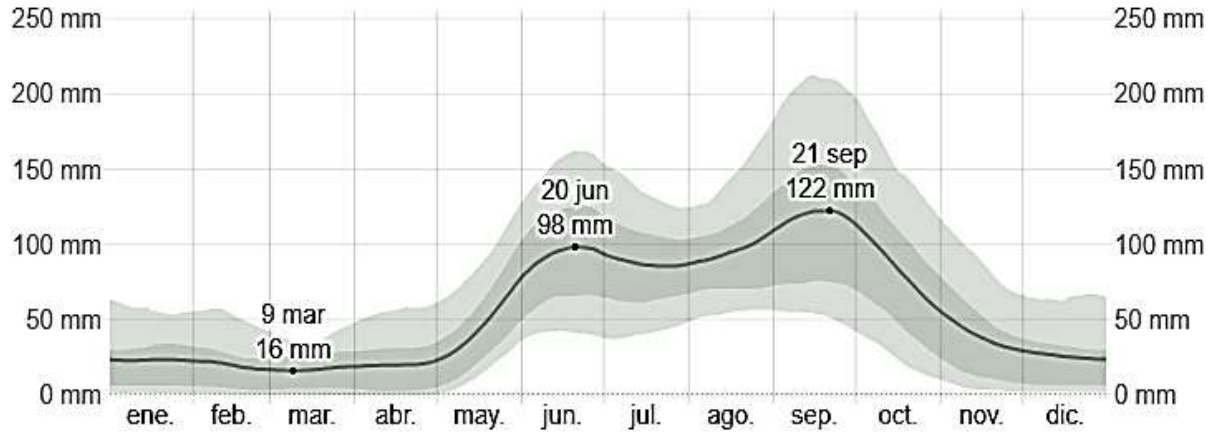
El rango de temperatura media anual para el municipio se sitúa entre 24 °C y 28 °C , con una media a nivel estatal de 26 °C.



Variación en temperatura regional y área de estudio

La precipitación en el área de estudio es marcadamente estacional, concentrándose en los meses de verano y principios de otoño, lo que es congruente con su clasificación climática. El rango de precipitación total anual varía entre 400 mm y 1,000 mm. La porción noroccidental de la península, donde se ubica el área de estudio, registra los valores de precipitación más bajos, que pueden ser de tan solo 500 mm anuales. Los pronósticos meteorológicos para la zona indican una alta frecuencia de chubascos y lluvias débiles durante la temporada húmeda, con probabilidades de precipitación que a menudo superan el 50-60% en días específicos.

La combinación de un régimen de temperaturas "muy cálido" y una precipitación "semiseca" genera un significativo déficit hídrico climático. A nivel estatal, la evaporación potencial media anual se estima en 2,255 mm, una cifra que más que duplica la precipitación media anual. Este desbalance hídrico impide la formación de escorrentías superficiales y cuerpos de agua permanentes, ya que la mayor parte del agua de lluvia que no se infiltra rápidamente en el subsuelo se pierde por evapotranspiración. Esta realidad climática subraya la dependencia absoluta y crítica del ecosistema y de las poblaciones humanas del acuífero subterráneo como única fuente de agua disponible.



Variación anual en la precipitación de la región de estudio

Exposición a Eventos Climáticos Extremos

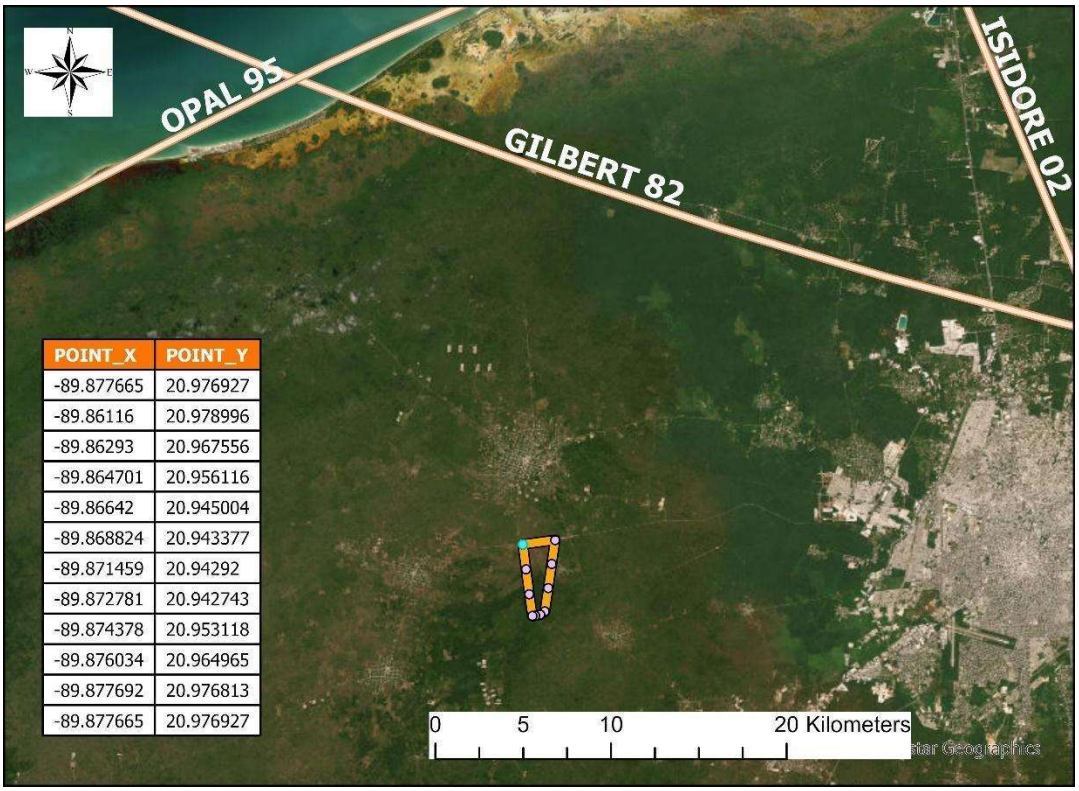
El área de estudio se encuentra en una región geográfica susceptible a la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos. Estos eventos, aunque de baja frecuencia, poseen un alto potencial destructivo y constituyen el principal riesgo agudo para la población, la infraestructura y la estabilidad de los ecosistemas locales.

- Ciclones Tropicales: Este es el peligro hidrometeorológico de mayor relevancia para el área de estudio. El Atlas Nacional de Riesgos clasifica el grado de peligro por presencia de ciclones tropicales a nivel municipal como "Muy alto" y "Alto". Históricamente, la península de Yucatán ha sido afectada recurrentemente por estos fenómenos, siendo la causa más frecuente de declaratorias de desastre y la que ha requerido la mayor asignación de recursos federales para la atención de emergencias entre 1999 y 2018. Eventos notables ocurrieron en 2002 y 2005, afectando a 85 y 126 municipios del estado, respectivamente. Las trayectorias de los ciclones que impactan la región se originan predominantemente en el Mar Caribe y el Océano Atlántico Norte.
- Temperaturas Extremas: El área está expuesta a periodos de calor intenso. El Atlas de Riesgos municipal indica que la condición de "Límite de tolerancia", definida por temperaturas superiores a 35 °C, puede presentarse hasta 86 días al año. Esta condición incrementa el riesgo de "golpes de calor" y otras afecciones a la salud humana, además de aumentar el estrés hídrico en la vegetación y el riesgo de incendios forestales.
- Lluvias Extremas e Inundaciones: Asociadas principalmente al paso de ciclones y ondas tropicales, las lluvias extremas representan un peligro "Alto" para la mayor parte del territorio de estudio. Esta clasificación corresponde a la probabilidad de recibir

precipitaciones acumuladas de entre 180 y 210 mm en un lapso de 24 horas. Si bien la naturaleza kárstica del terreno favorece una rápida infiltración que puede mitigar la duración de las inundaciones superficiales, el gran volumen de agua movilizado puede saturar la capacidad de absorción del suelo y generar encharcamientos severos en zonas bajas y planas.

- Sequías: Aunque los ciclones y las lluvias extremas representan el peligro agudo más visible, la región también es vulnerable a periodos de sequía. El grado de peligro por sequía se clasifica entre "Bajo" y "Medio". Las sequías, aunque menos catastróficas a corto plazo, imponen un estrés crónico sobre el acuífero al reducir su recarga y pueden exacerbar los conflictos por el uso del agua.

La relación del área de estudio con las lluvias extremas es paradójica. Por un lado, estos eventos representan una amenaza directa por inundaciones y vientos destructivos. Por otro, constituyen el principal y casi único mecanismo de recarga para el acuífero subterráneo, que es la única fuente de agua dulce. El agua de escorrentía, cargada con contaminantes de superficies agrícolas, zonas urbanas o sitios de disposición de residuos, es inyectada directamente en el acuífero sin pasar por procesos de filtración natural, transformando el evento que repone el agua en el principal evento de su contaminación.



POINT_X	POINT_Y
-89.877665	20.976927
-89.86116	20.978996
-89.86293	20.967556
-89.864701	20.956116
-89.86642	20.945004
-89.868824	20.943377
-89.871459	20.94292
-89.872781	20.942743
-89.874378	20.953118
-89.876034	20.964965
-89.877692	20.976813
-89.877665	20.976927

Ubicación del área de estudio y rutas históricas de huracanes

Geología y Fisiografía

La geología y las formas del relieve resultantes son el factor endógeno determinante que define la extrema vulnerabilidad ambiental del área de estudio. La composición del subsuelo y los procesos geomorfológicos que lo han modelado controlan directamente la hidrología, la formación de suelos y la sensibilidad del sistema ante las presiones antropogénicas.

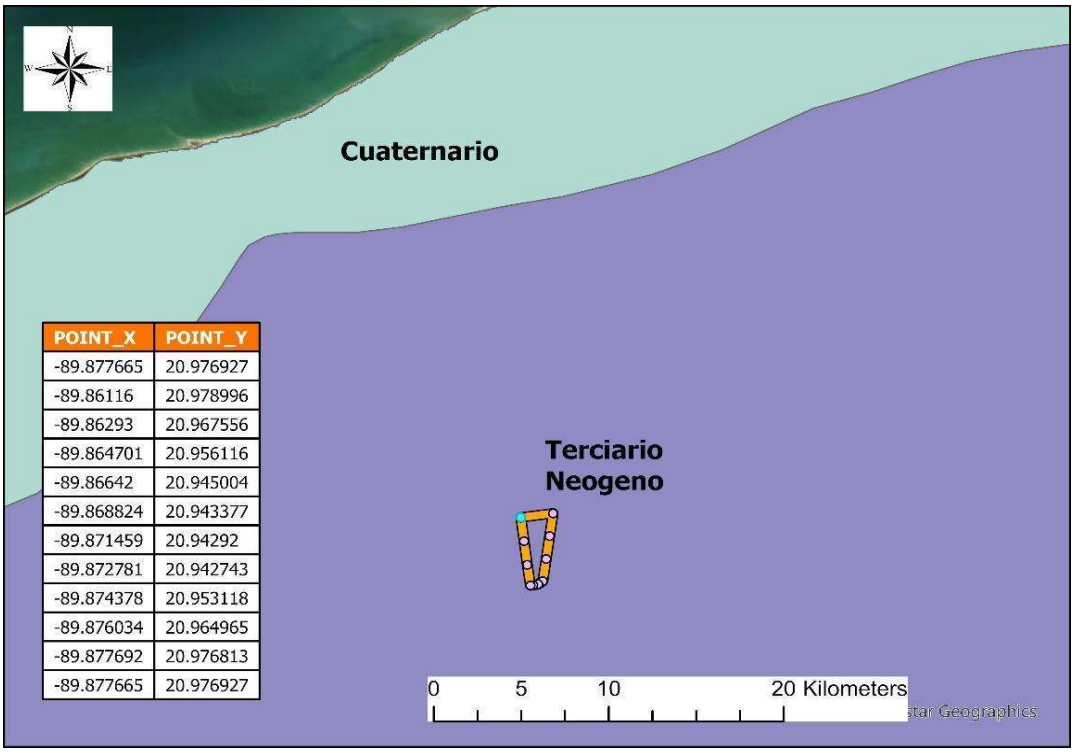
El área se localiza en la provincia fisiográfica Península de Yucatán y, más específicamente, en la subprovincia denominada Carso Yucateco. El relieve es el de una planicie de plataforma nivelada o penillanura, con altitudes que varían entre 5 y 20 metros sobre el nivel del mar y pendientes casi nulas (0-0.5 grados). Las topoformas dominantes son la Llanura rocosa de piso rocoso o cementado, que ocupa el 47.16% del territorio, y, en la franja más cercana a la costa, la Llanura aluvial costera inundable y salina (26.67%) y la Playa o barra inundable salina (26.17%).

Geológicamente, el área está constituida por una potente secuencia de rocas sedimentarias de origen marino, predominantemente calizas. La mayor parte de la superficie (69.53%) está cubierta por rocas del periodo Neógeno, mientras que la zona costera (26.74%) presenta sedimentos no consolidados del Cuaternario, como depósitos lacustres y litorales. Estas rocas calizas se formaron a partir de la acumulación de arrecifes de coral y sedimentos marinos en mares someros, que posteriormente fueron expuestos por cambios en el nivel del mar.

El rasgo geológico definitorio y de mayor implicación ambiental es la intensa karstificación del sustrato rocoso. Este proceso consiste en la disolución de la roca caliza (carbonato de calcio) por la acción del agua de lluvia, que se acidifica ligeramente al entrar en contacto con el dióxido de carbono de la atmósfera y del suelo. A lo largo de millones de años, este proceso ha generado un paisaje kárstico con características únicas:

La disolución ha creado una densa red de fracturas, grietas, conductos y cavernas que otorgan a la masa rocosa una permeabilidad y una velocidad de flujo hídrico subterráneo extremadamente altas. La rápida infiltración del agua de lluvia impide la formación de ríos y arroyos superficiales. Todo el drenaje hídrico de la región ocurre de manera subterránea.

Esta configuración geológica es la variable maestra que controla todo el riesgo ambiental en el área de estudio. La alta permeabilidad del subsuelo, combinada con la ausencia de capas impermeables superficiales y la escasa capacidad de filtración de los suelos, crea una conexión hidráulica directa y rápida entre la superficie y el acuífero. Una práctica agrícola o industrial que podría ser manejable en un entorno con suelos arcillosos profundos se convierte en una amenaza crítica e inmediata en este contexto geológico, que ha sido descrito acertadamente como un territorio de "alta fragilidad o de alta vulnerabilidad ambiental".



POINT_X	POINT_Y
-89.877665	20.976927
-89.86116	20.978996
-89.86293	20.967556
-89.864701	20.956116
-89.86642	20.945004
-89.868824	20.943377
-89.871459	20.94292
-89.872781	20.942743
-89.874378	20.953118
-89.876034	20.964965
-89.877692	20.976813
-89.877665	20.976927

Ubicación del área de estudio y regiones geológicas

Edafología de la región

Los suelos del área de estudio son, en su mayoría, extremadamente delgados, jóvenes y poco desarrollados, reflejando directamente la naturaleza del material parental (roca caliza) y el paisaje kárstico. La distribución de los grupos de suelo dominantes, según la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB), es la siguiente:

- Leptosol (69.73%): Es el grupo de suelo predominante por un amplio margen. Los Leptosoles son, por definición, suelos muy someros limitados en profundidad por la presencia de roca dura continua a menos de 25 cm de la superficie. Son suelos

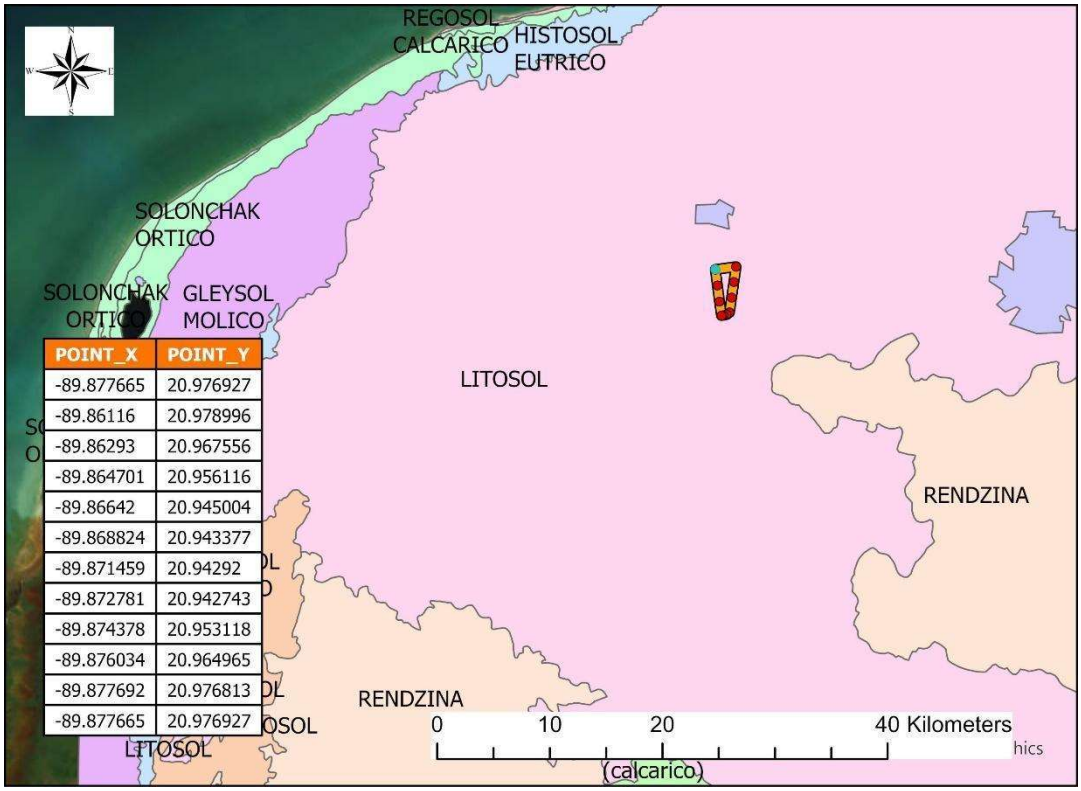
esqueléticos, con un alto contenido de fragmentos de roca y un desarrollo de perfil casi nulo.

- Regosol (10.54%): Son suelos minerales jóvenes sin un desarrollo de horizontes significativo, más allá de un horizonte superficial (A). Se encuentran sobre materiales no consolidados y reflejan una etapa temprana de la edafogénesis.
- Solonchak (9.33%): Característicos de la zona costera, estos suelos se definen por su alta concentración de sales solubles. Se forman en áreas con alta evaporación y sujetas a la influencia de aguas salinas, como las llanuras mareales y salitrales.
- Histosol (5.55%): Son suelos orgánicos, compuestos principalmente por materia vegetal en descomposición. Se desarrollan en condiciones de saturación hídrica permanente o casi permanente, como en las zonas de manglar.
- Arenosol (1.03%): Corresponden a los suelos arenosos de las dunas costeras, caracterizados por su textura gruesa, alta permeabilidad y muy baja capacidad para retener agua y nutrientes.

El dominio abrumador de los Leptosoles significa que en casi el 70% del territorio, existe una capa de suelo de apenas unos centímetros de espesor que separa la superficie de la roca caliza altamente fracturada.

Perfiles y Características de los Suelos Dominantes en el Área de Estudio

Grupo de Suelo (WRB)	Cobertura (%)	Perfil Típico	Profundidad y Textura	Características y Limitaciones Clave
Leptosol (LP)	69.73%	A/R,A/C/R	Muy someros (<25 cm), rocosos.	Suelo extremadamente delgado sobre roca caliza continua. Muy bajo desarrollo de horizontes. No apto para la agricultura. Alta pedregosidad.
Regosol (RG)	10.54%	A/C	Someros, textura variable.	Suelos jóvenes con desarrollo de perfil incipiente. A menudo asociados con depósitos recientes o zonas de erosión. Baja fertilidad.
Solonchak (SC)	9.33%	Ahk/C	Variable, asociados a zonas costeras.	Alta concentración de sales solubles. Típicamente en llanuras costeras inundables y salinas. Fuerte limitación para la vegetación no halófita.



POINT_X	POINT_Y
-89.877665	20.976927
-89.86116	20.978996
-89.86293	20.967556
-89.864701	20.956116
-89.86642	20.945004
-89.868824	20.943377
-89.871459	20.94292
-89.872781	20.942743
-89.874378	20.953118
-89.876034	20.964965
-89.877692	20.976813
-89.877665	20.976927

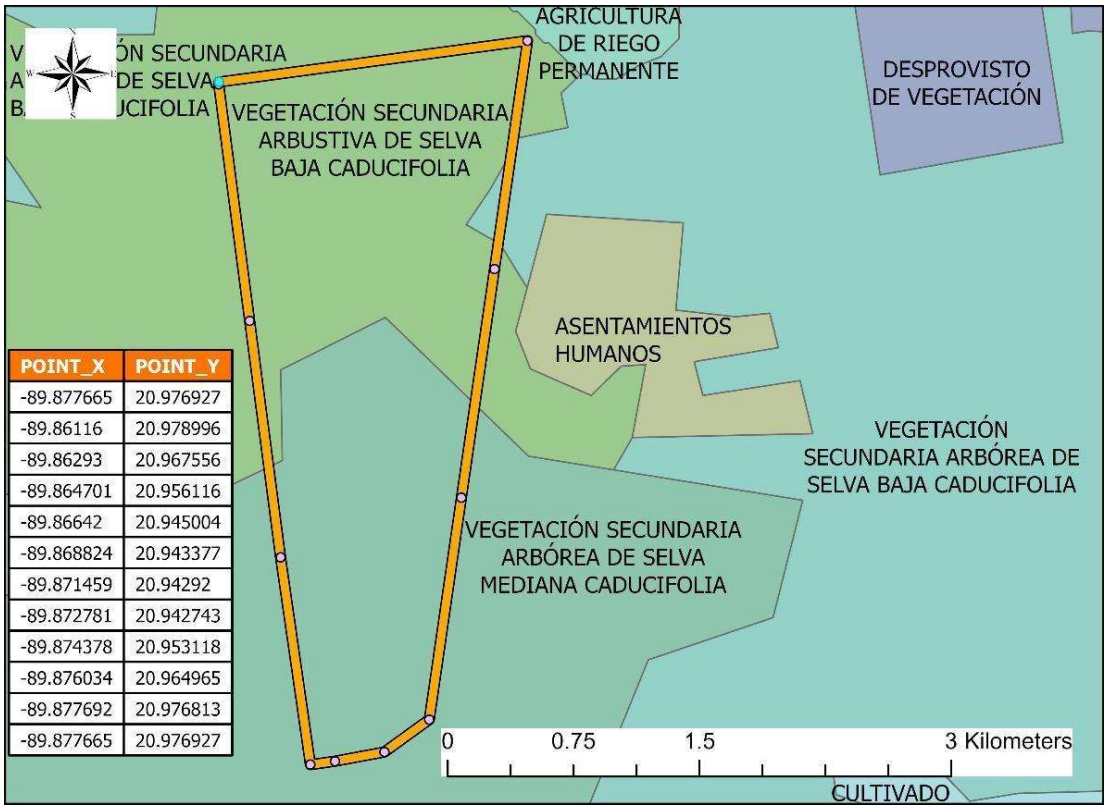
Ubicación del área de estudio y suelos de la región

4.2. Aspectos Bióticos

4.2.1. Flora en el Área de Estudio

Vegetación terrestre

La vegetación predominante en el área de estudio corresponde a una zona de transición entre selva baja caducifolia secundaria y selva mediana subcaducifolia. Este ecotono, producto de la historia de uso de suelo y las condiciones ambientales locales, presenta una estructura y composición florística particular que refleja la mezcla de ambas comunidades vegetales. La estructura de esta vegetación es heterogénea. Se caracteriza por un dosel irregular que generalmente oscila entre los 3 y 15 metros de altura. En las áreas con mayor influencia de la selva baja caducifolia secundaria, la vegetación es más densa y arbustiva, con árboles de menor porte y una abundancia de lianas y enredaderas. A medida que se transita hacia zonas con características de selva mediana subcaducifolia, el dosel se vuelve más alto y se definen estratos arbóreos más claros de hasta 15 m.



POINT_X	POINT_Y
-89.877665	20.976927
-89.86116	20.978996
-89.86293	20.967556
-89.864701	20.956116
-89.86642	20.945004
-89.868824	20.943377
-89.871459	20.94292
-89.872781	20.942743
-89.874378	20.953118
-89.876034	20.964965
-89.877692	20.976813
-89.877665	20.976927

Mapa de vegetación y uso de suelos INEGI series VII en contexto del área de estudio







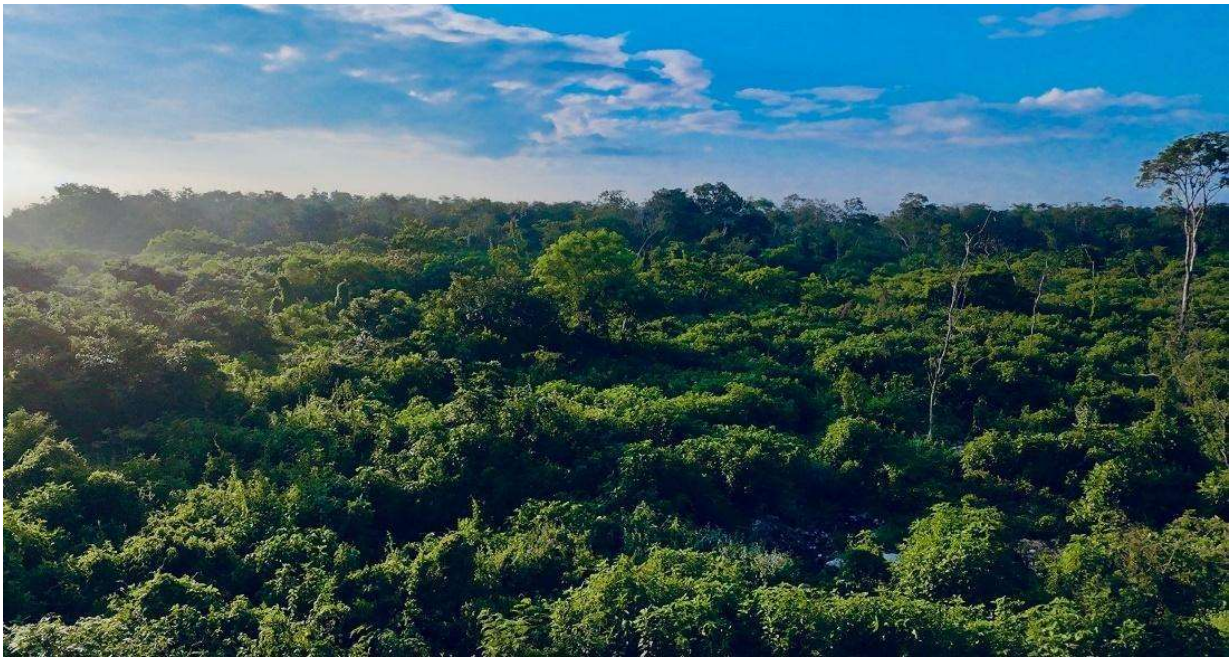
Perspectivas de sobrevuelo de la vegetación del área estudio en las zonas con estructura vegetal y mayor porte de altura en los árboles.

En la zona con mayor desarrollo estructural destacan los elementos de la selva mediana subcaducifolia, se encuentran especies como el "tzalam" (*Lysiloma latisiliquum*) y el "chukum" (*Havardia albicans*). La combinación de estas floras da como resultado una comunidad dominada por especies leguminosas que dominan el dosel alto (hasta 14 metros) junto a especies de rápido crecimiento como *Bursera simaruba* (Chaka) y *Piscidia piscipula* (Jabín).

Por la zona de menor desarrollo estructural y alta perturbación corresponde a selva baja caducifolia, son comunes árboles como el "dzidzilché" (*Gymnopodium floribundum*), el "chacá" (*Bursera simaruba*), y el *Piscidia piscipula* (Jabín) y diversas especies de leguminosas espinosas del género Acacia. Estas especies se caracterizan por perder sus hojas durante la temporada de sequía, una estrategia de adaptación a la marcada estacionalidad de la región.



Perspectiva interna de la vegetación del área de estudio









Perspectiva de la vegetación del área de estudio

Metodología de muestreo aplicada a la caracterización de la vegetación del predio

La caracterización de la vegetación leñosa en el área de estudio se llevó a cabo mediante un diseño de muestreo estructurado que permitió evaluar tanto la composición florística como la estructura del estrato arbóreo. Para este propósito, se delimitaron diez sitios de muestreo distribuidos a lo largo del predio, en los cuales se trazaron 10 cuadrantes de 20 metros de largo por 20 metros de ancho, lo que generó una superficie total de análisis de 4,000 m² (equivalente a 0.40 hectáreas). Dentro de cada unidad de muestreo se registraron las alturas y los diámetros de los fustes, medidos antes del primer punto de ramificación, de aquellos individuos que presentaban una altura igual o superior a 3 metros y un grosor (DAP) mínimo de 10 centímetros.

Paralelamente, durante los recorridos de campo se identificaron in situ las especies presentes. Cuando no fue posible una determinación precisa en el sitio, se procedió a la recolección de material botánico fértil o vegetativo, el cual fue posteriormente analizado para su correcta clasificación taxonómica. Esta estrategia permitió obtener una visión integral tanto de la diversidad específica como de los atributos estructurales de la vegetación leñosa del predio.

Se contrató personal local de la comisaría de Hunkanab para la apertura de brechas y la localización de las zonas con mayor desarrollo estructural de la vegetación. Como resultado, el presente análisis presenta un sesgo intencional hacia dichas áreas, priorizando la caracterización de las zonas mejor conservadas y con mayor porte vegetal. Esto permitió enfocar el estudio en las especies arbóreas de mayor tamaño y representatividad estructural, reflejando con mayor precisión el potencial ecológico y la madurez sucesional del sitio.







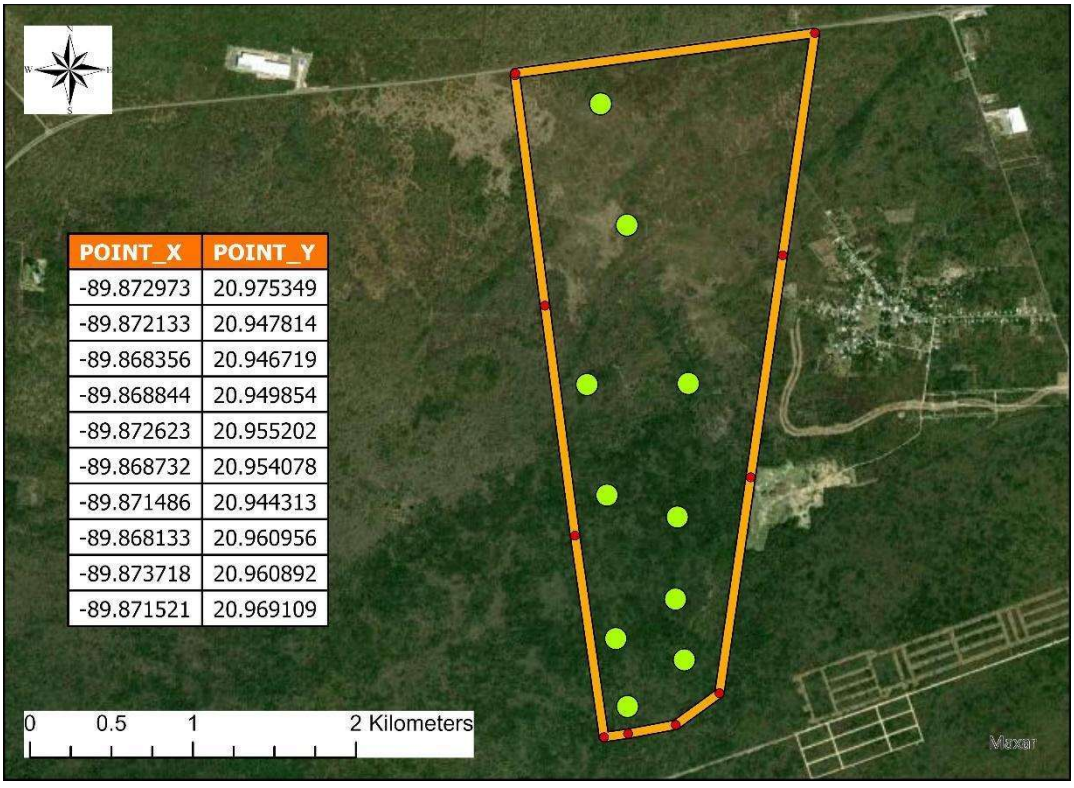

Perspectiva de integración de trabajo de campo con gente de la comunidad







Perspectiva marcaje de arboles durante muestreo de vegetación



Detalle de la ubicación de los puntos de muestreo en el área de estudio



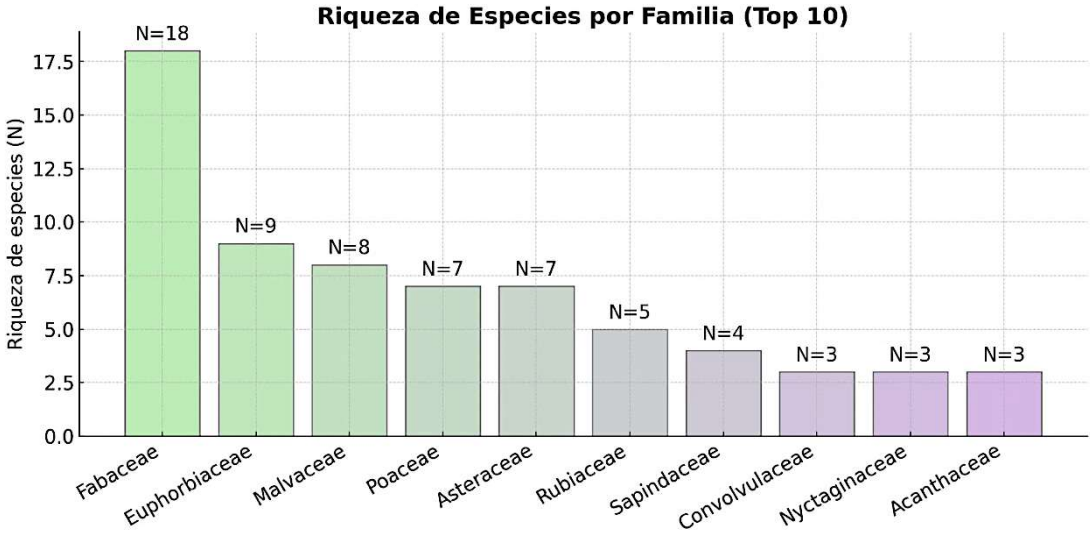


Detalle de trazado de cuadrantes de muestreo

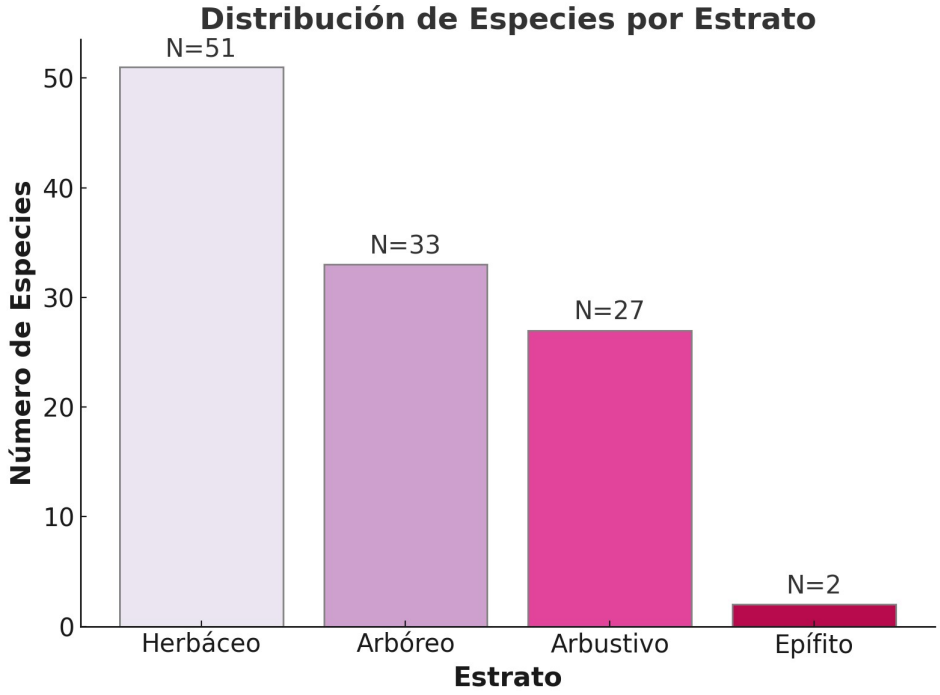
Resultados del muestreo vegetal

En el sitio de estudio se identificaron un total de 113 especies distribuidas en 41 familias botánicas. Las familias con mayor representación fueron Fabaceae, Euphorbiaceae, Malvaceae, Poaceae y Asteraceae, todas ampliamente reconocidas por su alta diversidad y presencia dominante en comunidades de vegetación secundaria de la península de Yucatán.

Las familias más diversas, como Fabaceae y Euphorbiaceae, se caracterizan por su alta producción de semillas y estrategias de dispersión efectivas, como la anemocoria y zoocoria, lo que les permite colonizar con rapidez los espacios abiertos tras disturbios naturales o antrópicos. Ninguna de las especies registradas se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, en la Lista Roja de la UICN, ni en los Apéndices de la CITES.



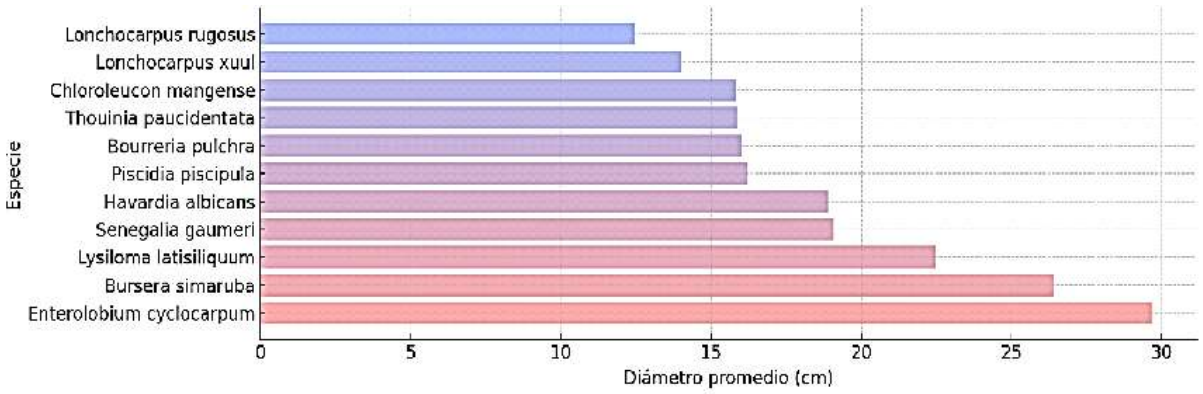
Las formas biológicas dominantes correspondieron principalmente a especies herbáceas (51 spp.), seguidas por arbóreas (33 spp.) y arbustivas (27 spp.), reflejando una composición estructural heterogénea típica de zonas sujetas a perturbación o en etapas intermedias de sucesión ecológica.



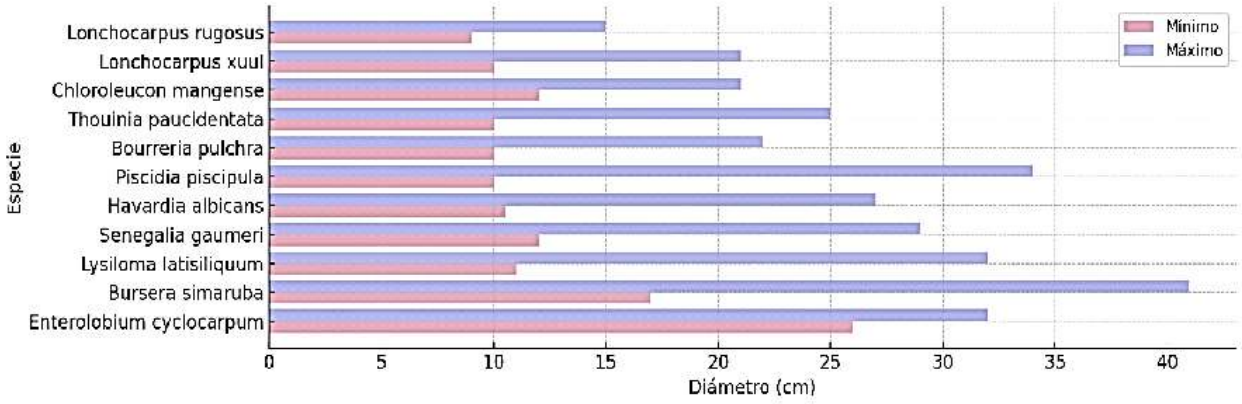
Basado en el registro de un total de 156 indivIduos leñosos, se observó que, en términos de diámetro promedio, las especies con mayores valores correspondieron a *Enterolobium*

cyclocarpum, *Bursera simaruba* y *Lysiloma latisiliquum*, con promedios cercanos a los 25–30 cm, reflejando su papel dominante en la estructura arbórea del sitio. Estas especies presentan además los valores máximos de diámetro más altos, alcanzando hasta los 40 cm, lo cual evidencia su madurez estructural y mayor contribución al dosel.

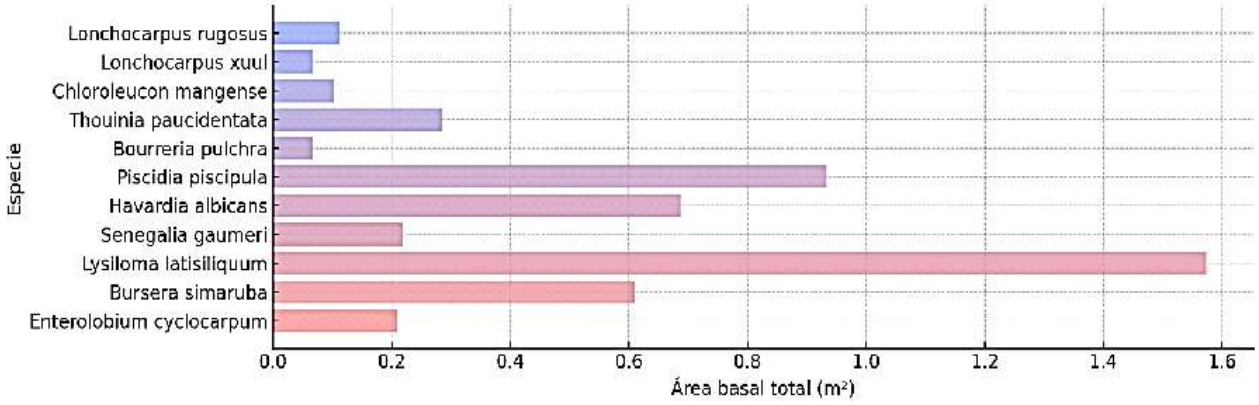
Por otro lado, especies como *Lonchocarpus rugosus, Lonchocarpus xuul* y *Chloroleucon mangense* mostraron los diámetros más bajos (inferiores a 15 cm), representando principalmente individuos en etapas intermedias de desarrollo o pertenecientes a estratos secundarios.



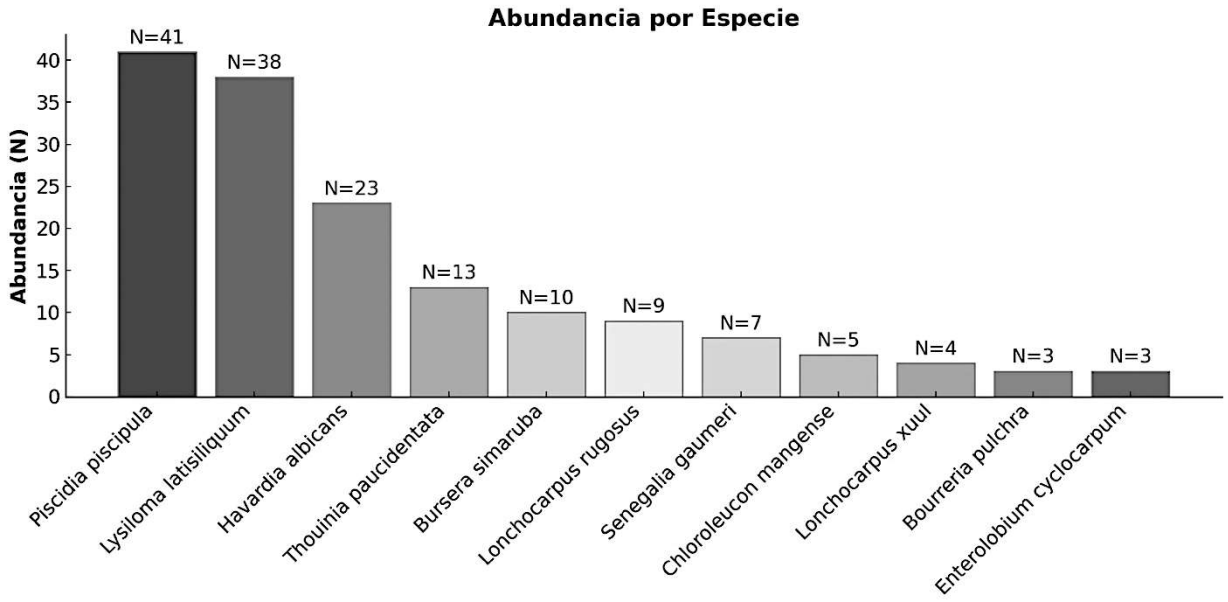
Diámetro promedio por especie en cm



Diámetro mínimo y máximo por especie en cm



Area basal por especie en m2



Resumen de la abundancia por especie registradas en los cuadrantes de muestreo

Índices de diversidad: Shannon y Simpson

```
# Vector de abundancias (con nombres)
abund <- datos$Abundancia
names(abund) <- datos$Especie

N <- sum(abund)
S <- sum(abund > 0)

H_shannon <- vegan::diversity(abund, index = "shannon")   # log natural
D_gini <- vegan::diversity(abund, index = "simpson")      # 1 - sum(p_i^2)

tibble::tibble(
  Métrica = c("Individuos totales (N)", "Riqueza de especies (S)", "Shannon (H')", "Simpson (1 - D)"),
  Valor   = c(N, S, H_shannon, D_gini)
) %>% knitr::kable(digits = 6, caption = "Resumen de índices de diversidad")
```

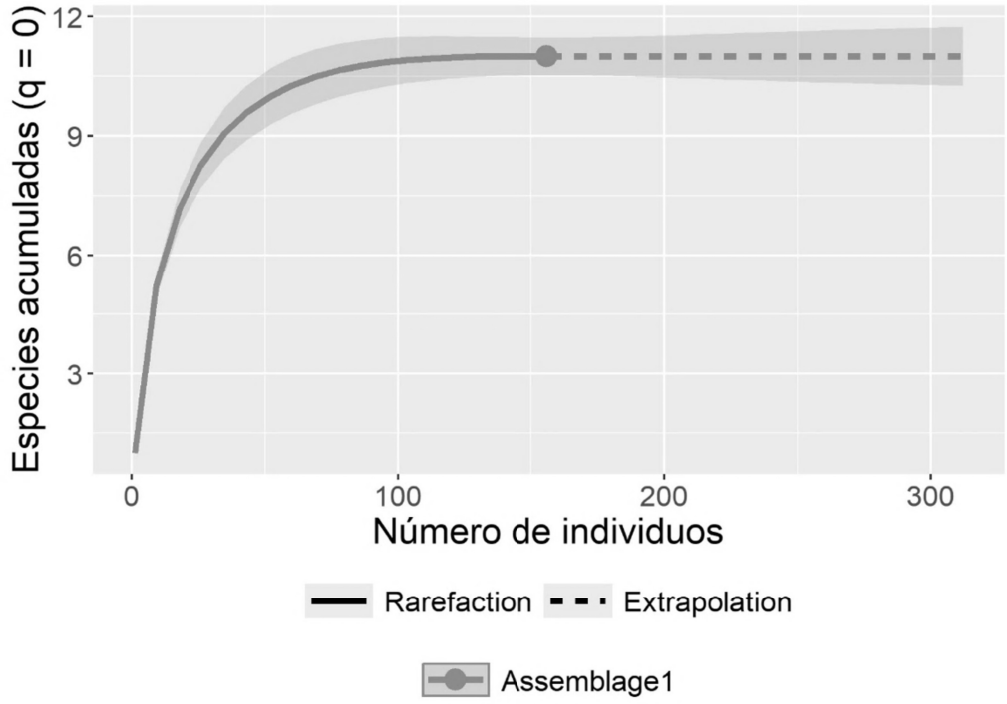
Resumen de índices de diversidad

Métrica	Valor
Individuos totales (N)	156.000000
Riqueza de especies (S)	11.000000
Shannon (H’)	2.020678
Simpson (1 - D)	0.831032

Curva de acumulación (iNEXT, q = 0) Usamos q = 0 (riqueza). Eje X = Número de individuos; eje Y = Especies acumuladas (q = 0).

```
set.seed(123)
out <- iNEXT::iNEXT(abund, q = 0, datatype = "abundance")

p1 <- ggiNEXT(out, type = 1) +
  labs(x = "Número de individuos",
       y = "Especies acumuladas (q = 0)",
       title = NULL)
p1
```

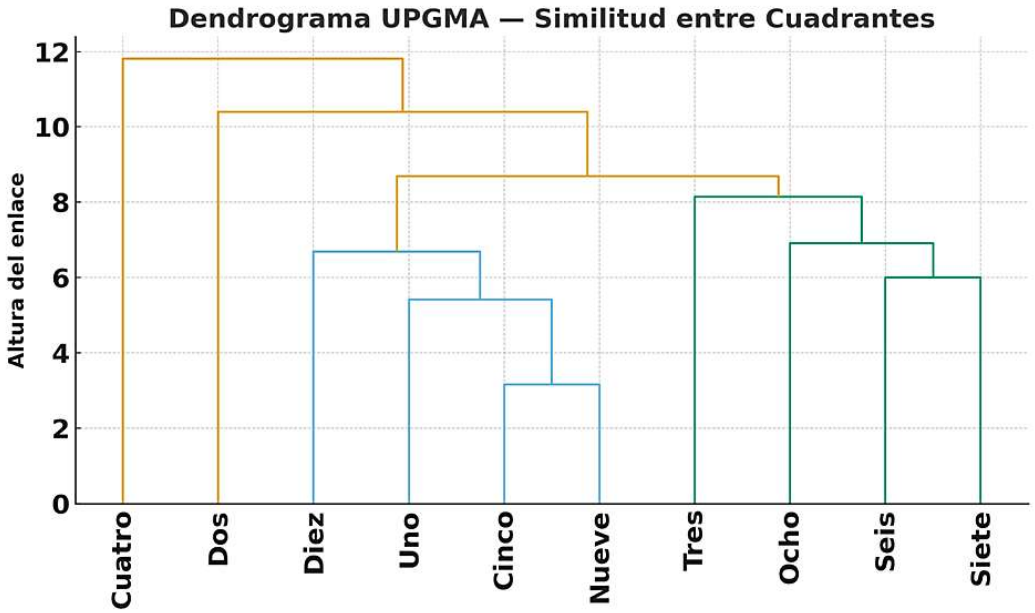


Reproducibilidad

```
sessionInfo()
## R version 4.3.0 (2023-04-21 ucrt)
## Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit)
## Running under: Windows 11 x64 (build 22631)
```

El análisis de similitud entre cuadrantes, realizado mediante el método de agrupamiento jerárquico UPGMA (Average Linkage) con distancia euclidiana, evidenció patrones claros de afinidad florística que reflejan la heterogeneidad estructural del área de estudio. Los cuadrantes con mayor similitud se agrupan en sectores donde predominan especies típicas de selva mediana subcaducifolia, como *Lysiloma latisiliquum* (tzalam), *Havardia albicans* (chukum) y *Bursera simaruba* (chaká), caracterizados por un dosel alto (10–15 m) y una estructura más

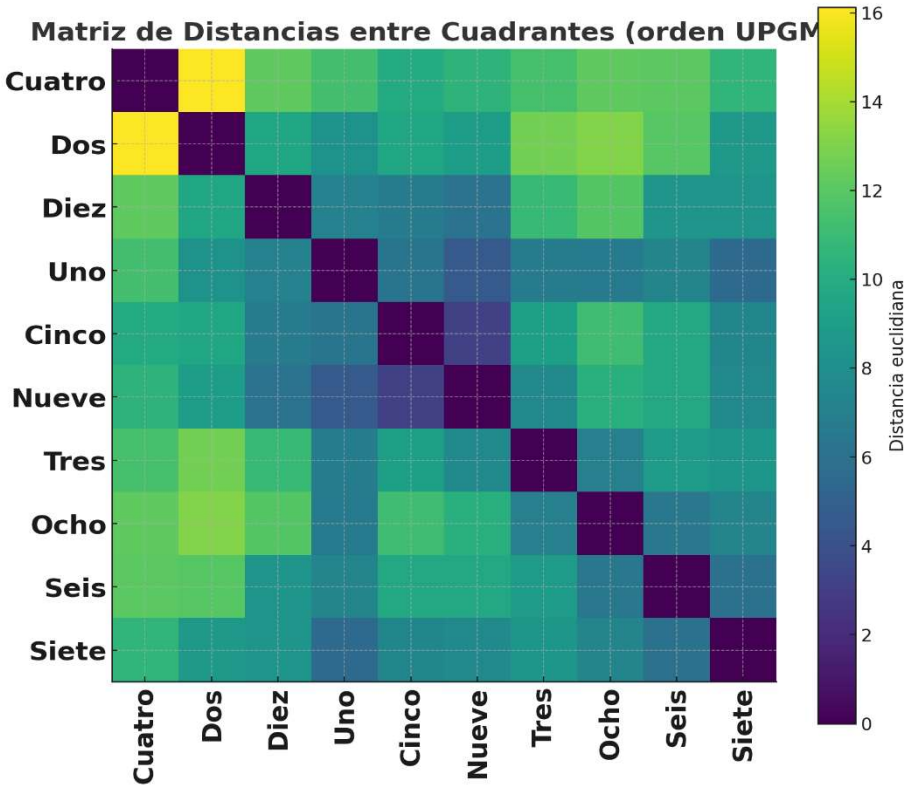
consolidada. En contraste, los cuadrantes más distantes en el dendrograma corresponden a zonas de selva baja caducifolia secundaria, donde abundan especies adaptadas a condiciones más secas y abiertas, como *Gymnopodium floribundum* (dzidzilché), *Piscidia piscipula* (jabín) y diversas *Acacia spp*.



Análisis de similitud entre puntos de muestreo

Estos patrones de agrupamiento reflejan el gradiente ecológico existente entre la selva baja y la selva mediana subcaducifolia, propio de un ecotono influenciado por la historia de uso del suelo y las condiciones edáficas locales. La similitud entre cuadrantes indica que las zonas con mayor porte y cobertura arbórea presentan una composición florística más homogénea, mientras que los sitios con mayor perturbación muestran una comunidad más disímil y dominada por especies pioneras.

En conjunto, el análisis confirma que el área de estudio mantiene una estructura vegetal heterogénea, donde coexisten sectores de vegetación madura con parches secundarios en regeneración. Esta variación florística y estructural refleja la dinámica sucesional del ecosistema y aporta información valiosa para orientar estrategias de conservación, restauración y manejo diferencial dentro del predio.



Análisis de similitud UPGMA heatmap entre puntos de muestreo

Tabla 1. Relación florística de especies registradas en el predio del proyecto. Incluyendo nombre común y forma de vida.

Familia	Especie	Nombre común	Estrato
Acanthaceae	*Aphelandra scabra (Vahl) Sm.*	sulub, chaknal (maya)	Herbáceo
Acanthaceae	*Blechum pyramidatum (Lam.) Urb.*	viento de lluvia (español); aka'xiiw, sak ch'iilib (maya)	Herbáceo
Acanthaceae	*Ruellia nudiflora (Engelm. & A. Gray) Urb.*	berraco xiiw, cruz xiiw (español-maya); che'su'uk (maya)	Herbáceo
Amaranthaceae	*Alternanthera flavescens Kunth*	sak pay che' (maya)	Herbáceo
Amaranthaceae	*Celosia virgata Jacq.*	sak payche', ya'ax tees (maya)	Herbáceo
Anacardiaceae	*Metopium brownei (Jacq.) Urb.*	cheechem, boox cheechem (maya)	Arbóreo
Annonaceae	*Sapranthus campechianus (Kunth) Standl.*	chak ma'ax, poochil, sak éelemuy (maya)	Arbóreo
Apocynaceae	*Cascabela thevetia (L.) Lippold.*	campanilla (español); aak'its, k'an lool (maya)	Arbóreo
Arecaceae	*Sabal yapa C. Wright. ex Becc.*	guano macho (español); julok' xa'an, xa'an (maya)	Arbóreo
Asparagaceae	*Agave fourcroydes Lem.*	henequen (español)	Herbáceo
Asteraceae	*Bidens pilosa L. var. minor (Blume) Sherff.*	té de milpa (español); k'an tumbuub (maya)	Herbáceo
Asteraceae	*Calea urticifolia (Mill.) DC.*	xikin, tu' xikin (maya)	Arbustivo
Asteraceae	*Parthenium hysterophorus L.*	altanisa (español); jaway (maya)	Herbáceo
Asteraceae	*Porophyllum punctatum (Mill.) S.F. Blake.*	uuk'xiiw, tu' xiiw, keliil, susuk xiiw (maya)	Herbáceo
Asteraceae	*Sanvitalia procumbens Lam.*	ojo de gallo, sanguinaria (español); manzana xiiw (español-maya)	Herbáceo
Asteraceae	*Tithonia rotundifolia (Mill.) S.F. Blake.*	árnica, tajonal (español); su'um, su'un k'aak (maya)	Arbustivo
Asteraceae	*Viguiera dentata (Cav.) Spreng. var. dentata*	tajonal (español); taj, sak xo' xiiw (maya)	Herbáceo
Bignoniaceae	*Arrabidaea floribunda (Kunth) Loes.*	anilkab, anil aak', bilin aak', sak aak' (maya)	Herbáceo
Bignoniaceae	*Cydista diversifolia (Kunth) Miers.*	anilkab (maya)	Herbáceo
Bignoniaceae	*Tabebuia rosea (Bertol.) DC.*	roble (español); jokab, jok' ab mak'ulis (maya)	Arbóreo
Boraginaceae	*Bourreria pulchra (Millsp.) Greenm.*	bakal che', sak boj (maya)	Arbóreo

Boraginaceae	*Cordia dodecandra DC.*	siricote (español); chak k'oopte' (maya)	Arbóreo
Boraginaceae	*Varronia curassavica Jacq.*	k'opeche', nej ma'ax, ich ch'o' (maya)	Herbáceo
Bromeliaceae	*Bromelia karatas L.*	piñuela (español); chak ch'om (maya)	Herbáceo
Bromeliaceae	*Tillandsia brachycaulos Schltdl.*	gallito (español); me'ex nuk xiib (maya)	Epífito
Burseraceae	*Bursera simaruba (L.) Sarg.*	chakaj (maya)	Arbóreo
Caricaceae	*Carica papaya L.*	papaya (español)	Arbustivo
Convolvulaceae	*Ipomoea hederifolia L.*	chak lool (maya)	Herbáceo
Convolvulaceae	*Ipomoea nil (L.) Roth.*	tu' xikin, chak waj (maya)	Herbáceo
Convolvulaceae	*Merremia aegyptia (L.) Urb.*	tso' ots' aak' (maya)	Herbáceo
Cucurbitaceae	*Cionosicys excisus (Griseb.) C. Jeffrey.*	calabacilla (español); aak'il k'aax (maya)	Herbáceo
Ebenaceae	*Diospyros yatesiana Standl.*	palo prieto (español); siliil, boox siliil (maya)	Arbóreo
Euphorbiaceae	*Acalypha leptopoda Müll. Arg.*	ya'ax ch'ilib tuux, sak baakel kaan (maya)	Arbustivo
Euphorbiaceae	*Acalypha setosa A. Rich.*	ya'ax nej, nej ch' omak (maya)	Herbáceo
Euphorbiaceae	*Cnidoscolus aconitifolius (Mill.) I.M. Johnst.*	chaya silvestre (español); chaay, chin chin chaay (maya)	Arbustivo
Euphorbiaceae	*Cnidoscolus souzae McVaugh.*	mala mujer (español); ts'iim, ts'iim chaay (maya)	Arbustivo
Euphorbiaceae	*Croton flavens L.*	ek' balam (maya)	Herbáceo
Euphorbiaceae	*Dalechampia scandens L.*	sak p'opox, mo'ol koj (maya)	Herbáceo
Euphorbiaceae	*Euphorbia heterophylla L.*	golondrina (español); pool kuuts, jobon k'aak' (maya)	Herbáceo
Euphorbiaceae	*Euphorbia ocymoidea L.*	golondrina (español); sak iits (maya)	Herbáceo
Euphorbiaceae	*Tragia yucatanensis Millsp.*	chak p'op ox, p'op ox (maya)	Herbáceo
Fabaceae	*Acacia collinsii Saff.*	subin, subin che' (maya)	Arbustivo
Fabaceae	*Acacia pennatula (Schltdl. & Cham.) Benth. ssp. pennatula*	ch'i' may, k'ank' i ilische' (maya)	Arbóreo
Fabaceae	*Bauhinia divaricata L.*	pata de vaca (español); ts' ulub took' (maya)	Arbustivo
Fabaceae	*Caesalpinia gaumeri (Britton & Rose) Greenm.*	kitim che', kitam che' (maya)	Arbóreo
Fabaceae	*Caesalpinia yucatanensis (Britton & Rose) Greenm.*	taa k'in che' (maya)	Arbóreo

Fabaceae	*Chloroleucon mangense (Jacq.) Britton & Rose.*	a' ax eek' (maya)	Arbóreo
Fabaceae	*Desmanthus virgatus (L.) Willdenow.*	cocoite negro (español);bu'ul k'aax (maya)	Herbáceo
Fabaceae	*Desmodium incanum DC.*	pega pega (español); k'axab yuuk (maya)	Herbáceo
Fabaceae	*Enterolobium cyclocarpum Griseb.*	pich (maya)	Arbóreo
Fabaceae	*Havardia albicans (Kunth) Britton & Rose.*	chukum (maya)	Arbóreo
Fabaceae	*Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit. ssp. leucocephala*	waaxim (maya)	Arbóreo
Fabaceae	*Lonchocarpus rugosus Benth.*	k'anasín (maya)	Arbóreo
Fabaceae	*Lonchocarpus xuul Lundell.*	k'an xu'ul (maya)	Arbóreo
Fabaceae	*Lysiloma latisiliquum (L.) Benth.*	tsalam (maya)	Arbóreo
Fabaceae	*Mimosa bahamensis Benth.*	sak káatsim blanco (maya-español); sak káatsim (maya)	Arbustivo
Fabaceae	*Piscidia piscipula (L.) Sarg.*	ja'abin (maya)	Arbóreo
Fabaceae	*Senegalia gaumeri (S. F. Blake) Britton & Rose*	box kaatsim (maya)	Arbóreo
Fabaceae	*Senna racemosa (Mill.) H.S. Irwin & Barneby. var. racemosa*	k'an lool, k'an ja' abin (maya)	Arbóreo
Lamiaceae	*Callicarpa acuminata Kunth.*	kú uk k'iin, pukin (maya)	Arbustivo
Lamiaceae	*Vitex gaumeri Greenm.*	ya'axnik (maya)	Arbóreo
Loranthaceae	*Psittacanthus rhynchanthus (Benth.) Kuijt.*	káawis (maya)	Epífito
Malpighiaceae	*Bunchosia swartziana Griseb.*	manzanillo (español); sip che' (maya)	Arbustivo
Malpighiaceae	*Malpighia glabra L.*	wayate' (maya)	Arbustivo
Malvaceae	*Abutilon permolle (Willd.) Sweet.*	sak xiiw, le'miis, sak miis (maya)	Herbáceo
Malvaceae	*Ayenia abutilifolia (Turcz.) Turcz.*	piix t'oon, sak le´, sak mul ooch, mul ooch (maya)	Herbáceo
Malvaceae	*Ceiba pentandra (L.) Gaertner.*	ceiba (español); ya'ax che'(maya)	Arbóreo
Malvaceae	*Helicteres baruensis Jacq.*	sutup (maya)	Arbustivo
Malvaceae	*Herissantia crispa (L.) Brizicky.*	sak le', p'up'ul iik', sak miis (maya)	Herbáceo

Malvaceae	*Malvaviscus arboreus Cav.*	tulipán (español); bisil, taman che (maya)	Arbustivo
Malvaceae	*Sida acuta Burm. f.*	chi'chi'bej (maya)	Herbáceo
Malvaceae	*Waltheria indica L.*	malva del monte (español); sak mis bil (maya)	Herbáceo
Meliaceae	*Ehretia tinifolia L.*	roble (español); beek (maya)	Arbóreo
Meliaceae	*Trichilia hirta L.*	cabo de hacha (español); k'ulin siis (maya)	Arbóreo
Menispermaceae	*Cissampelos pareira L.*	barba de viejo (español); sak xiiw (maya)	Herbáceo
Myrtaceae	*Eugenia foetida Pers.*	sak loob (maya)	Arbóreo
Nyctaginaceae	*Boerhavia erecta L.*	hierba blanca (español); sak xiiw (maya)	Herbáceo
Nyctaginaceae	*Neea psychotrioides Donn. Sm.*	ta'tsi' (maya)	Arbustivo
Nyctaginaceae	*Pisonia aculeata L.*	uña de gato (español); béeb (maya)	Arbustivo
Poaceae	*Cenchrus brownii Roem. & Schult.*	mul (maya)	Herbáceo
Poaceae	*Chloris ciliata Sw.*	yook t'uut', yook t'uut' su'uk (maya)	Herbáceo
Poaceae	*Dactyloctenium aegyptium (L.) Willd.*	chimes su'uk, k' an toop su'uk (maya)	Herbáceo
Poaceae	*Lasiacis divaricata (L.) Hitchc var. divaricata*	carricillo(español); siit, táabil siit (maya)	Herbáceo
Poaceae	*Melinis repens (Willd.) Zizka*	barba de mula (español); chak su'uk (maya)	Herbáceo
Poaceae	*Panicum maximum Jacq*	pasto guinea (español)	Herbáceo
Poaceae	*Paspalum virgatum L.*	xuhh (maya)	Herbáceo
Polygonaceae	*Gymnopodium floribundum Rolfe.*	ts'iits'ilche', sak ts'iits'il che' (maya)	Arbóreo
Polygonaceae	*Neomillspaughia emarginata (H. Gross) S.F Blake.*	sak iitsa' (maya)	Arbustivo
Pteridaceae	*Adiantum tenerum Sw.*	culantrillo de pozo (español)	Herbáceo
Rhamnaceae	*Colubrina greggii S. Watson. var. yucatanensis M.C. Johnst.*	pimienta che' (español-maya); puukin (maya)	Arbustivo
Rhamnaceae	*Gouania lupuloides (L.) Urb.*	chéen peek', ch'omak (maya)	Herbáceo
Rubiaceae	*Guettarda gaumeri Standl.*	chak yak che, kitche (maya)	Arbóreo
Rubiaceae	*Hamelia patens Jacq.*	coloradillo (español); k'anan (maya)	Arbustivo
Rubiaceae	*Randia aculeata L.*	tinta che', cruz k'iix (español-maya)	Arbustivo
Rubiaceae	*Randia longiloba Hemsl.*	cruz k'iix (español-maya)	Arbustivo

Rubiaceae	*Spermacoce verticillata L.*	culantrillo (español); romero xiiw (español-maya)	Herbáceo
Rutaceae	*Citrus aurantium L.*	naranja agria (español)	Arbóreo
Salicaceae	*Samyda yucatanensis Standl.*	puuts' mukuy, kaba pak'aal che', xikin juj (maya)	Arbustivo
Sapindaceae	*Paullinia fuscescens Kunth.*	chililllo (español); chéen aak', pukin aak' (maya)	Herbáceo
Sapindaceae	*Serjania adiantoides Radlk.*	paj sakan, wayuum aak', p'aak'aak' (maya)	Herbáceo
Sapindaceae	*Thouinia paucidentata Radlk.*	madera dura, (español); k'an chuunup (maya)	Arbóreo
Sapindaceae	*Urvillea ulmacea Kunth.*	k'an sep aak', pak aak' (maya)	Herbáceo
Scrophulariaceae	*Capraria biflora Britton*	claudiosa (español); boosx (maya)	Herbáceo
Simaroubaceae	*Alvaradoa amorphoides Liebm. ssp. amorphoides*	palo de hormiga (español); bel siinik che' (maya)	Arbóreo
Solanaceae	*Solanum erianthum D. Don.*	palo hediondo (español); chal che', pukin (maya)	Arbustivo
Solanaceae	*Solanum hirtum Vahl*	tomatillo (español); puut baalam (maya)	Arbustivo
Solanaceae	*Solanum torvum Sw.*	prendedora (español); sikil múuch (maya)	Arbustivo
Urticaceae	*Cecropia peltata L.*	guarumbo (español); k'ooch k'aax (maya)	Arbóreo
Verbenaceae	*Duranta erecta L.*	k'an pok'ool che' (maya)	Arbustivo
Verbenaceae	*Lantana camara L.*	orégano xiiw (español-maya); mo'ol peek (maya)	Herbáceo
Verbenaceae	*Priva lappulacea (L.) Pers.*	pega pega (español); ts'a yun t'say (maya)	Herbáceo
Violaceae	*Hybanthus yucatanensis Millsp.*	sak-babekan, sak babel kan (maya)	Arbustivo
Vitaceae	*Cissus verticillata (L.) Nicolson & C.E. Jarvis var. verticillata*	sanalotodo (español); xta'kanil (maya)	Herbáceo

4.2.2. Fauna en el área de estudio

Las selvas secas del estado de Yucatán albergan una fauna diversa y adaptada a las condiciones estacionales propias de este ecosistema, donde la marcada estacionalidad de las lluvias y las prolongadas sequías influyen en la dinámica ecológica. La riqueza faunística de estas comunidades se explica por su ubicación en la región biogeográfica Neotropical, su clima cálido subhúmedo y la heterogeneidad ambiental que ofrecen los distintos estratos de vegetación. En estas selvas, coexisten especies endémicas de la península con otras de amplia distribución, algunas de ellas incluidas en categorías de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Incluso en áreas con signos de perturbación, las selvas secas conservan un valor ecológico fundamental. Los remanentes de selva secundaria y los paisajes agropecuarios o de transición actúan como refugios y corredores biológicos, permitiendo el desplazamiento y la persistencia de especies generalistas, así como de aquellas con mayores requerimientos ecológicos. Aunque la fauna tiende a estar dominada por especies tolerantes a la fragmentación, estos ambientes mantienen procesos ecológicos clave como la dispersión, la polinización y la conectividad del paisaje.

En este contexto, el monitoreo faunístico se convierte en una herramienta preventiva indispensable antes del desarrollo de proyectos antropogénicos. Su implementación es esencial para identificar la presencia de especies prioritarias para la conservación, diagnosticar la funcionalidad ecológica del área de influencia y establecer medidas de mitigación pertinentes que prevengan o compensen los impactos. Este enfoque proactivo es un pilar para la planificación ambiental sostenible y el cumplimiento de los principios de conservación.

No obstante, la presión antropogénica ha generado un proceso de ahuyentamiento de fauna silvestre, principalmente por la modificación del hábitat, el tránsito vehicular y las actividades humanas recurrentes. A ello se suma la cacería de subsistencia, práctica aún común en varias

Metodología: Inventario de Vertebrados Terrestres

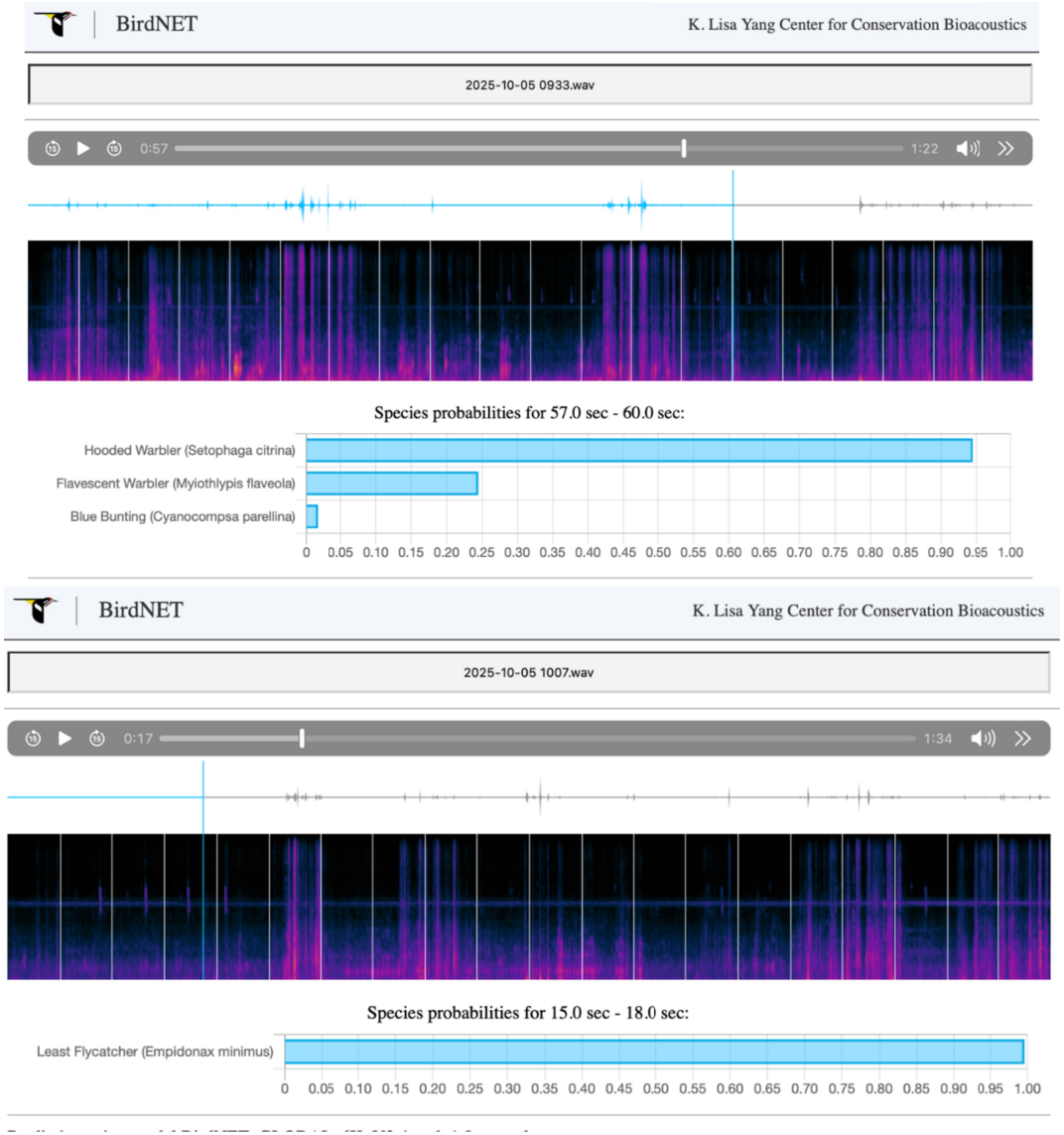
Para la caracterización de la comunidad de vertebrados terrestres en el área de estudio, se implementó una metodología mixta que integra técnicas de observación directa e indirecta. Este enfoque combinado fue diseñado para maximizar la detectabilidad de las especies y superar los sesgos inherentes a cualquier técnica individual, garantizando así un inventario faunístico lo más completo y representativo posible.

Estrategia General de Muestreo

Los recorridos de muestreo se realizaron de forma aleatoria a través del área de estudio, concentrándose en las primeras horas del día (aproximadamente de 06:00 a 10:00), periodo en el que la actividad de la mayoría de los grupos faunísticos alcanza su punto máximo. Esta estrategia buscó maximizar la probabilidad de encuentro con las especies presentes. Como evidencia documental, se realizó un registro fotográfico de los individuos y rastros observados siempre que las condiciones lo permitieron, con el fin de contar con material de soporte para la confirmación de las identificaciones.

Avifauna

El registro de la comunidad de aves se basó en una combinación de observación directa y registros acústicos. La observación directa mediante recorridos en transecto permitió la identificación de especies conspicuas. Sin embargo, dada la dificultad para observar visualmente a muchas especies que permanecen ocultas en el dosel o son de hábitos sigilosos, esta técnica fue complementada de manera crucial con el registro de vocalizaciones. Durante los recorridos, al detectar cantos o llamados audibles, se realizaron grabaciones de audio de hasta cinco minutos. Posteriormente, estas grabaciones fueron analizadas en laboratorio. Se consideraron como registros válidos aquellas identificaciones con una confiabilidad superior al 70%. Las identificaciones con un porcentaje menor solo fueron aceptadas si existía una confirmación visual en campo o si correspondían a especies de amplia y común distribución en



Identificación de aves presentes en el predio a través de patrones acústicos

Mastofauna

Debido a los hábitos nocturnos, crípticos y elusivos de la mayoría de los mamíferos, el muestreo de este grupo se basó principalmente en técnicas indirectas. Se realizó una

identificación. Adicionalmente, se documentaron otros indicios de presencia, como madrigueras, comederos y señales de alimentación.

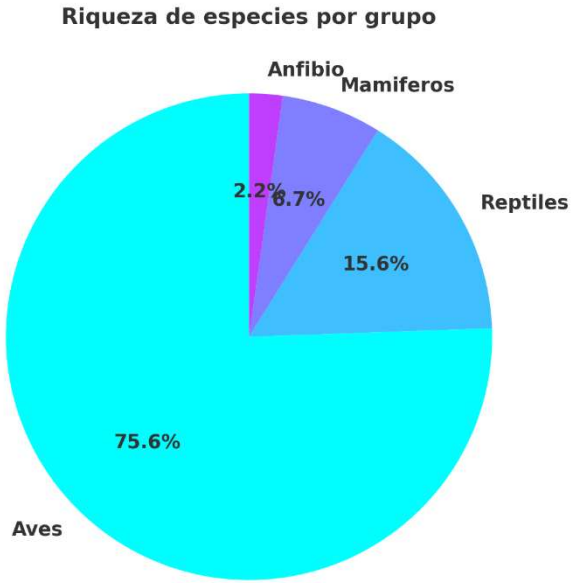


Especies detectas en el predio a través de rastros A) *Odocoileus virginianus* B) *Cyanocorax yucatanicus*

Herpetofauna

El registro de anfibios y reptiles se realizó primordialmente mediante la técnica de observación directa durante los recorridos. Esta técnica es particularmente eficiente para este grupo, ya que muchas especies de reptiles son diurnas y pueden ser observadas mientras termorregulan, y los anfibios son detectables en áreas con mayor humedad. La búsqueda activa se realizó revisando microhábitats potenciales como troncos caídos, hojarasca y cuerpos de agua temporales. La presencia de este grupo también fue confirmada a través de indicios indirectos,

de selvas en transición y bordes sometidos a impactos antropogénicos (como incendios recurrentes, apertura de brechas y expansión de zonas agropecuarias o urbanas), donde las aves, por su alta movilidad, aprovechan mosaicos de hábitats secundarios y áreas abiertas con vegetación dispersa.



Entre las especies registradas, destaca la presencia de *Buteo platypterus* (Aguililla alas anchas), listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría Pr (Sujeta a Protección Especial). Esta especie es un rapaz migratorio y depredador generalista, que caza principalmente lagartijas, pequeños mamíferos y aves menores en claros y bordes de vegetación. Su presencia indica la disponibilidad de presas y cierta conectividad ecológica en el paisaje. Aunque las obras del proyecto podrían modificar temporalmente su hábitat, su amplia capacidad de vuelo y desplazamiento le permite relocalizarse hacia parches con mejor conservación y retornar posteriormente al área una vez implementadas las medidas de mitigación y restauración de la cobertura vegetal.



Fauna presente en el predio A) *Buteo platypterus* (aguililla alas anchas, protegida), B) *Incilius valliceps* (Sapo costero).

Asimismo, se registró *Amazona albifrons* (Loro frente blanca), también clasificada como Pr (Sujeta a Protección Especial). Esta especie utiliza árboles maduros para anidar y alimentarse de frutos y semillas, por lo que depende de la presencia de vegetación arbórea, incluso en áreas fragmentadas. Su detección indica que el hábitat aún mantiene elementos funcionales, como árboles de porte medio y alto. Aunque es sensible a la tala y al ruido, el mantenimiento de árboles nativos y la revegetación con especies locales favorecerán su persistencia y retorno una vez finalizadas las actividades de obra.

De igual forma, se observó el *Laemanctus serratus* (Tolok coronado), reptil de la familia Corytophanidae, también sujeto a protección especial. Habita en selvas bajas y medianas subcaducifolias, utilizando la vegetación arbustiva para refugiarse y termorregularse. Aunque puede verse afectado por la alteración del hábitat, su plasticidad ecológica y la recuperación vegetal posterior a las medidas de mitigación facilitarán su recolonización del área una vez



Fauna presente en el predio A) *Eumomota superciliosa* (Pájaro Tho) y B) *Sceloporus chrysostictus* (Lagartija de puntos amarillos).

En cuanto a la mastofauna, se registró la presencia de *Urocyon cinereoargenteus* (Zorrita gris), *Nasua narica* (Coatí) y *Odocoileus virginianus* (Venado cola blanca). La detección del venado fue indirecta, mediante el hallazgo de excretas y huellas recientes, mientras que los avistamientos de la zorrita gris y el coatí fueron directos, aunque no se obtuvieron registros fotográficos debido a la velocidad de los encuentros. Ambas especies fueron observadas desplazándose entre áreas de vegetación secundaria y zonas de cultivo temporal, lo que sugiere una adaptación a paisajes fragmentados y al aprovechamiento de recursos agrícolas. Particularmente, el coatí (*Nasua narica*) utiliza los parches agrícolas que la población local destina al cultivo de calabaza y maíz de temporal, acercándose con frecuencia a alimentarse de los frutos y raíces disponibles. Este comportamiento ha generado interacciones negativas con los pobladores, quienes practican la cacería de control tanto para evitar daños a sus

y bordes de selva presentes en el sitio. El pavo ocelado es una especie altamente apreciada por los pobladores locales, y la cacería de subsistencia constituye una práctica habitual, particularmente entre habitantes de Hunkanab, Texán de Palomeque y Hunucmá, quienes ingresan ocasionalmente al área de estudio para aprovechar ejemplares silvestres. A pesar de ello, su presencia indica que el hábitat aún mantiene una estructura vegetal funcional capaz de sustentar poblaciones viables de esta especie.

De acuerdo con los testimonios de los habitantes locales y del personal que acompañó los recorridos de campo, las actividades de cacería en la zona no constituyen una práctica principal, sino que se realizan de manera complementaria a otras actividades rurales. Generalmente, la cacería ocurre durante la extracción de leña, el mantenimiento de parcelas agrícolas o en el proceso de producción artesanal de carbón vegetal, los cuales son usos tradicionales del territorio. En estas circunstancias, los pobladores suelen portar armas de bajo calibre, empleadas de forma oportunista ante encuentros fortuitos con fauna silvestre. Es importante destacar que esta práctica no representa una actividad de subsistencia esencial, ni la dieta de la población depende directamente de las especies cazadas, sino que se trata de una actividad complementaria de aprovechamiento ocasional dentro de las dinámicas productivas locales.

Composición de la fauna del área de estudio y especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Grupo	Familia	Especie	Nombre común	NOM
Anfibio	Bufonidae	*Incilius valliceps*	sapo costero	
Aves	Accipitridae	*Buteo plagiatus*	Aguililla gris	
Aves	Accipitridae	*Buteo platypterus*	Aguililla alas anchas	Pr
Aves	Accipitridae	*Rupornis magnirostris*	Aguililla caminera	
Aves	Caprimulgidae	*Chordeiles minor*	Chotacabras zumbón	
Aves	Cardinalidae	*cyanocompsa parelilla*	colorin azulnegro	
Aves	Cardinalidae	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal	

Aves	Icteridae	*Icterus gularis*	Calandria dorso negro mayor	
Aves	Icteridae	*amblycercus holosericeus*	cacique pico claro	
Aves	Icteridae	*Icterus auratus*	Calandria dorso naranja	
Aves	Icteridae	*Icterus cucullatus*	Calandria dorso negro menor	
Aves	Mimidae	*Mimus gilvus*	Centzontle tropical	
Aves	Momotidae	*Eumomota superciliosa*	Pájaro Tho	
Aves	Odontophoridae	*Colinus nigrogularia*	Codorniz	
Aves	Parulidae	*Setophaga citrina*	chipe encapuchado	
Aves	Phasianidae	*Meleagris ocellata*	Pavo ocelado	A
Aves	Picidae	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero chepe	
Aves	Polioptilidae	*Polioptila caerulea*	Perlita azulgris	
Aves	Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	Pr
Aves	Thamnophilidae	*Thamnophilus doliatus*	Batará barrado	
Aves	Thraupidae	*Volatinia jacarina*	Semillero brincador	
Aves	Thraupidae	*Volatinia jacarina*	Semillero brincador	
Aves	Troglodytidae	*pheugopedius maculipectus*	saltapared moteado	
Aves	Troglodytidae	*Thryothorus ludovicianus*	Saltapared de California	
Aves	Troglodytidae	*Troglodytes musculus*	Cucaracheo común	
Aves	Tyrannidae	*myiarchus tyrannulus*	papamoscas griton	
Aves	Tyrannidae	*Tyrannus couchii*	Tirano cuir	
Aves	Tyrannidae	*Empidonax minimus*	papamoscas chico	
Aves	Tyrannidae	*myiarchus tuberculifer*	papamoscas triste	
Aves	Vireonidae	*Cyclarhis gujanensis*	Vireón cejas canela	
Aves	Vireonidae	*Vireo griseus*	Vireo ojos blancos	
Mamiferos	Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorrita gris	

Reptiles	Colubridae	*Leptodeira frenata*	Culebra ojo de gato de selva	
Reptiles	Colubridae	*Mastigodryas melanolomus*	culebra lagartijera común	
Reptiles	Teiidae	*Ameiva undulata*	Lagartija arcoiris	
Reptiles	Teiidae	*Aspidocelis angusticeps*	Huico yucateco	
Reptiles	Corytophanidae	*Laemanctus serratus*	Toloque coronado	Pr

Índices de diversidad: Shannon y Simpson

```
# Vector de abundancias (con nombres)
abund <- datos$Abundancia
names(abund) <- datos$Especie

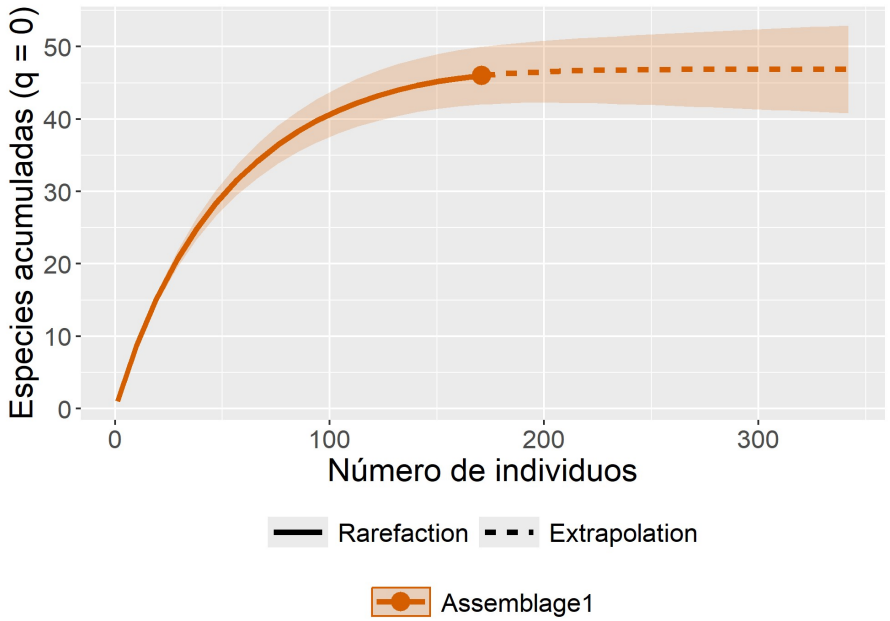
N <- sum(abund)
S <- sum(abund > 0)

H_shannon <- vegan::diversity(abund, index = "shannon")   # log natural
D_gini <- vegan::diversity(abund, index = "simpson")      # 1 - sum(p_i^2)

tibble::tibble(
  Métrica = c("Individuos totales (N)", "Riqueza de especies (S)", "Shannon (H')", "Simpson (1 - D)"),
  Valor   = c(N, S, H_shannon, D_gini)
) %>% knitr::kable(digits = 6, caption = "Resumen de índices de diversidad — fAUNA BANCO")
```

Resumen de índices de diversidad

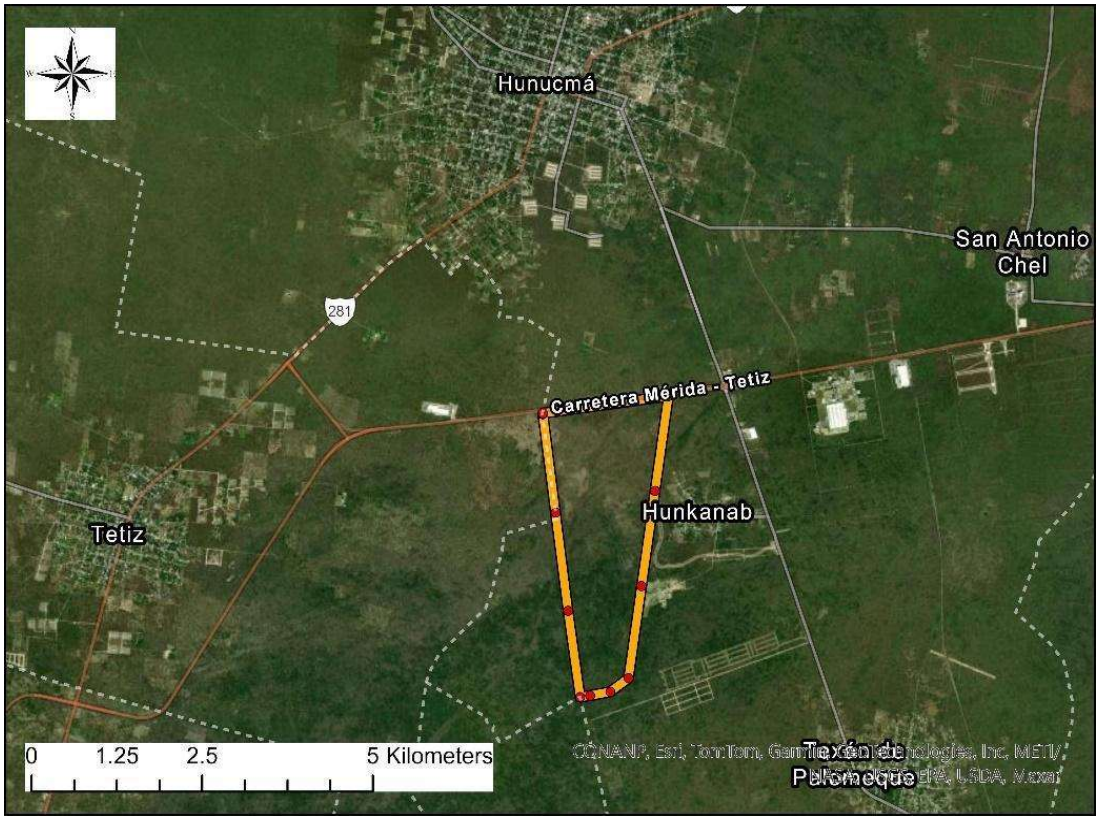
Métrica	Valor
Individuos totales (N)	171.000000
Riqueza de especies (S)	46.000000
Shannon (H’)	3.598519
Simpson (1 - D)	0.864399



Curva de acumulación de especies mediante avistamientos realizados.

4.3. Diagnóstico de paisaje

El paisaje que enmarca el área del proyecto corresponde a una matriz periurbana del poniente de Mérida, en el corredor Mérida–Tetiz, con clara influencia antrópica. El sitio se ubica entre las localidades de Hunucmá y Tetiz, en la comisaría de Hunkanab, y su trazo se desarrolla de manera lineal siguiendo caminos/ derechos de vía existentes, con un patrón en “U” que conecta y corre paralelo a la Carretera Mérida–Tetiz. En el entorno inmediato se distinguen límites municipales (línea punteada) y un mosaico de parches rectangulares asociados a desmontes, lotificación rural y agricultura de temporal, intercalados con manchones de selva baja caducifolia en estado secundario. La infraestructura vial principal (Carretera Mérida–Tetiz) y la red de caminos secundarios generan un marcado efecto de borde: incremento de ruido y luminosidad nocturna, ingreso de residuos, mayor probabilidad de incendios inducidos y dispersión de especies ruderales/invasoras a lo largo de los márgenes. A escala paisajística, la fragmentación es evidente por la retícula de accesos y claros, lo que reduce la continuidad de



Perspectiva de paisaje del área de estudio con relación a poblados cercanos

5. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.

Inicialmente, es relevante subrayar que, según se desprende de secciones previas, el proyecto se dividirá en tres fases: preparación del sitio, construcción y operación. En este contexto, en esta sección se pretende identificar y clasificar los posibles efectos e impactos ambientales que el proyecto BANCO DE MATERIALES PETREOS podría generar durante cada una de estas etapas.

5.1. Descripción de la metodología.

como la transformación del entorno resultante de la intervención humana o de procesos naturales.

Estas definiciones resaltan la idea de que cualquier iniciativa o acción, incluyendo el proyecto BANCO DE MATERIALES PETREOS, implica efectos que deben ser evaluados para determinar su naturaleza y magnitud. En este contexto, el proyecto, al igual que cualquier obra, engendra impactos tanto positivos como negativos. Por consiguiente, se vuelve crucial examinar de manera minuciosa los posibles efectos resultantes de las acciones emprendidas, proponiendo estrategias destinadas a prevenir o reducir los riesgos asociados. Además, se persigue la identificación de áreas de oportunidad con el propósito de maximizar los beneficios en diversas dimensiones. En resumen, se busca un enfoque integral que considere las repercusiones ambientales y proponga medidas para optimizar el equilibrio entre los aspectos positivos y negativos del proyecto.

5.1.1. Identificación de impactos.

Un indicador de impacto se define como un elemento del entorno que experimenta alteraciones o que podría potencialmente ser afectado por un agente de cambio. Esto implica que las distintas actividades planificadas dentro del proyecto pueden ejercer influencia en diversos aspectos ambientales, abarcando dimensiones físicas, químicas, bióticas, ambientales y socioeconómicas.

A partir de la enumeración que se detallará a continuación, se realizará un análisis exhaustivo de los componentes mencionados con el objetivo de evaluar de qué manera podrían ser impactados durante la ejecución de las actividades planificadas. Este enfoque integral permitirá identificar y comprender los posibles efectos que el proyecto BANCO DE MATERIALES PETREOS podría tener en el entorno circundante. Cada indicador de impacto proporcionará una perspectiva detallada de los posibles cambios y ayudará a desarrollar estrategias específicas para mitigar los efectos adversos y potenciar los beneficios en cada una de las dimensiones consideradas. Este análisis detallado contribuirá a una toma de decisiones

de la misma manera en que el proyecto se divide en múltiples etapas o fases para su implementación, se adoptará un enfoque similar para llevar a cabo la evaluación de impacto ambiental. Este enfoque escalonado permite realizar un análisis más preciso y detallado, considerando las particularidades y dinámicas específicas de cada fase.

Lista indicativa de indicadores de impacto.

COMPONENTE	INDICADOR
Abióticos (Físicos y Químicos)	Calidad del aire Calidad del suelo Estabilidad del suelo Calidad de agua subterránea Disponibilidad de Agua Generación de ruido
Bióticos (Flora y Fauna)	Vegetación Terrestre Fauna Terrestre Hábitat Terrestre
Abióticos	Estructura del paisaje Microclima Calidad sanitaria del ambiente
Socioeconómicos	Empleo y mano de obra Infraestructura y servicios Calidad de vida Patrones de vida

5.1.2. Metodología para evaluar impactos ambientales.

Se sugiere un enfoque para la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) basado en un modelo de evaluación que fusiona el método de matrices causa y efecto, derivado de la matriz de Leopold con resultados cualitativos, y el método cuantitativo del Instituto Batelle-Columbus. Este modelo se presenta como un cuadro de doble entrada, donde las acciones generadoras de impacto se listan en las columnas, mientras que los factores ambientales propensos a recibir impactos se detallan en las filas (Conesa Fdez.- Vitora Vicente, Madrid 2000).

La evaluación cuantitativa del impacto ambiental implica la conversión de medidas de impacto,

La evaluación de los impactos identificados se realizará mediante matrices, empleando criterios de evaluación que abarcan aspectos como naturaleza, magnitud, importancia, grado de certeza, tiempo de aparición, duración, alcance, reversibilidad, tipo, entre otros.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN				
	Denominación o significado del criterio	Valor	Clasificación	Impacto
(CI)	Carácter del impacto.			
	Se refiere al efecto benéfico o perjudicial de las diferentes acciones que van a incidir sobre los factores ambientales considerados.	(+)	Positivo.	
		(−)	Negativo.	
		(X)	Previsto.	Difícil de calificar sin estudios detallados, que reflejarán efectos cambiantes difíciles de predecir o efectos asociados a circunstancias externas al proyecto, cuya naturaleza (beneficiosa o perjudicial) no puede precisarse sin un estudio global de las mismas.
(I)	Intensidad del impacto.			
	(Grado de afectación) Representa la cuantía o el grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en que actúa.	(1)	Baja.	Afectación mínima.
		(2)	Media.	
		(4)	Alta.	
		(8)	Muy alta.	
		(12)	Total	Destrucción casi total del factor.
(EX)	Extensión del impacto.			
	Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto (% del área respecto al entorno en que se manifiesta el efecto).	(1)	Puntual.	Efecto muy localizado.
		(2)	Parcial.	Incidencia apreciable en el medio.
		(4)	Extenso.	Afecta una gran parte del medio.
		(8)	Total.	Generalizado en todo el entorno

	reforzamiento de dos o más efectos simples, pudiéndose generar efectos sucesivos y relacionados que acentúan las consecuencias del impacto analizado.			actuando sobre un factor no incide en otras acciones que actúan sobre un mismo factor.
		(2)	Sinérgico	Presenta sinergismo moderado.
		(4)	Muy sinérgico	Altamente sinérgico
(PE)	Persistencia.			
	Refleja el tiempo que supuestamente permanecería el efecto desde su aparición.	(1)	Fugaz.	(< 1 año).
		(2)	Temporal.	(De 1 a 10 años).
		(4)	Permanente.	(> 10 años).
(EF)	Efecto.			
	Se interpreta como la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción, o lo que es lo mismo, expresa la relación causa – efecto.	(D)	Directo o primario.	Su efecto tiene una incidencia inmediata en algún factor ambiental, siendo la representación de la acción consecuencia directa de esta.
		(I)	Indirecto o secundario.	Su manifestación no es directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando éste como una acción de segundo orden.
(MO)	Momento del impacto.			
	Alude al tiempo que transcurre entre la acción y el comienzo del efecto sobre el factor ambiental.	(1)	Largo plazo.	El efecto demora más de 5 años en manifestarse.
		(2)	Mediano Plazo.	Se manifiesta en términos de 1 a 5 años.
		(4)	Corto Plazo.	Se manifiesta en términos de 1año.
		(+4)	Crítico,	Si ocurriera alguna circunstancia crítica en el momento del impacto se adicionan 4 unidades.
(AC)	Acumulación.			

				efectos, ni en la de su acumulación, ni en la de sinergia.
		(4)	Acumulativo.	Es el efecto que al prolongarse en el tiempo la acción del agente inductor, incrementa progresivamente su gravedad, al carecer el medio de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento de la acción causante del impacto.
(MC)	Recuperabilidad.			
	Posibilidad de introducir medidas correctoras, protectoras y de recuperación. Se refiere a la posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retomar a las condiciones iníciales (previas a la acción) por medio de la intervención humana.	(1)	Recuperable de inmediato.	El efecto puede recuperarse parcialmente.
		(2)	Recuperable a mediano plazo.	
		(4)	Mitigable.	
		(8)	Irrecuperable	Alteración imposible de recuperar, tanto por la acción natural como por la humana.
(RV)	Reversibilidad.			
	Posibilidad de regresar a las condiciones iníciales por medios naturales. Hace referencia al efecto en el que la alteración puede ser asimilada por entorno (de forma medible a corto, mediano o largo plazo) debido al funcionamiento de los procesos naturales.	(1)	Corto plazo.	Retorno a las condiciones iníciales en menos de 1 año.
		(2)	Mediano plazo.	Retorno a las condiciones iníciales en entre 1 y 10 años.
		(4)	Irreversible.	Imposibilidad o dificultad extrema de retornar por medios naturales a las condiciones naturales, o hacerlo en un periodo

				constante en el tiempo.
Valoración cuantitativa del impacto				
(IM)	Importancia del efecto.			
	Se obtiene a partir de la valoración cuantitativa de los criterios explicados anteriormente	IM = ±[3(I) + 2(EX) + SI + PE + EF + MO + AC + MC + RV + PR]		
(CLI)	Clasificación del impacto.			
	Partiendo del análisis del rango de la variación del mencionado importancia del efecto (IM).	(CO)	Compatible	Si el valor es menor o igual que 25
		(M)	Moderado	si su valor es mayor que 25 y menor o igual que 50
		(S)	Severo	si el valor es mayor que 50 y menor o igual que 75
		(C)	Critico	Si el valor es mayor que 75

No existe una metodología específica aplicable a todos los desarrollos o tipos de impacto, lo que implica que la elección de la metodología de evaluación para cada proyecto es única y varía en función de su naturaleza y características particulares. En este sentido, se puede afirmar que la magnitud e importancia de los impactos dependen de factores y elementos específicos relacionados con el proyecto BANCO DE MATERIALES PETREOS. Estos elementos incluyen las características inherentes al sitio donde se llevará a cabo el proyecto, como áreas protegidas o de importancia, zonas destacadas, tipo de vegetación presente, estructura del paisaje, hábitats, entre otros. Además, la duración de las actividades y los métodos utilizados para la implementación del proyecto también desempeñan un papel crucial en la generación de impactos.

En este contexto, se presenta a continuación una Matriz de Identificación de Impactos que abarca las tres etapas del proyecto. Esta herramienta permitirá una evaluación estructurada y detallada de los posibles efectos en el entorno, teniendo en cuenta los factores mencionados anteriormente. La matriz servirá como guía para identificar, clasificar y comprender mejor la naturaleza y el alcance de los impactos en cada fase del proyecto, lo que facilitará la posterior

FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS	Calidad del Aire	La entrada y salida de los vehículos y maquinarias del personal generan la incorporación de polvos y partículas hacia la atmósfera.	PS - C - O
		Se generarán emisiones a la atmósfera tales como gases de combustión.	PS - C - O
	Calidad del suelo	Se consideran las afectaciones de los lixiviados, residuos sólidos y fisiológicos que generarán los trabajadores.	PS - C
		Posible afectación por la generación de fugas o derrames de combustibles.	PS – C
	Estabilidad del Suelo	Se afectará la estabilidad del suelo durante los trabajos de excavación y nivelación, se disminuirá la cubierta natural en la superficie a utilizar.	PS- C
	Calidad de Agua Subterránea	Debido a la infiltración el manto es vulnerable a la contaminación por fugas o derrames accidentales de aceites, combustibles y otros residuos.	PS - C - O
	Disponibilidad de agua	Durante la operación el proyecto necesitará el abastecimiento de agua para su funcionamiento.	O
	Generación de ruido	Durante las actividades de extracción, carga y transporte de material, se generarán emisiones sonoras por el funcionamiento de maquinaria y camiones..	PS - C
FACTORES BIÓTICOS	Vegetación terrestre	Existirá remoción de la cubierta vegetal.	PS
	Fauna Terrestre	Las actividades del proyecto ocasionarán que la fauna se refugie	PS - C

FACTORES ABIÓTICOS	paisaje	cambiará la calidad visual de la zona.	
	Microclima	Se afectará al microclima de la zona ya que se implantará una nueva característica inexistente anteriormente.	PS - C - O
	Calidad sanitaria del ambiente	Se generarán residuos sólidos y fisiológicos de los trabajadores así como residuos sólidos no peligrosos (restos de comida, embalajes).	PS - C - O
FACTORES SOCIOECONÓMICOS	Empleo y mano de obra	Se necesitará mano de obra durante la ejecución de los trabajos.	PS - C - O
	Infraestructura y servicios	Durante algunas etapas se requerirán los servicios de empresas especializadas en el manejo y transporte de residuos fisiológicos, ya que se instalarán letrinas móviles para el uso de los empleados	PS - C
		Durante la etapa de operación se requerirá los servicios de Recolección de basura	O
	Calidad de vida	Ganancias económicas por el empleo temporales de los trabajadores	PS - C - O
	Patrones de vida	Afectaciones mínimas en cambios y efectos benéficos sobre los patrones de vida de los pobladores cercanos a la obra.	PS - C – O

5.2. Matriz de identificación de impactos.

5.2.1. Evaluación de los impactos.

- Se analizará cada factor impactado asignándole un valor numérico a cada criterio de análisis (mencionados en la tabla anterior)
- Tomando en cuenta la sumatoria de todos los criterios, se sortearán dichos factores de impacto en las siguientes clasificaciones:
    - Compatibles (CO): sumatoria menor o igual a 25.
    - Moderado (M): sumatoria entre 25 y 50.
    - Severo (S): sumatoria mayor a 50 y menor a 75.
    - Crítico (C): valores mayores a 75.

La metodología utilizada se deriva del modelo de Fernández, V y Vitoria, (2000), publicado en su libro “Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental” unificamos las 3 matrices (por etapa del proyecto) y analizamos los factores dentro de la misma matriz asignando valores diferentes para cada etapa del proyecto, de esta manera podemos ponderar qué impacto es más significativo para cada etapa y desarrollar un plan de acción específico para mitigar el impacto o minimizarlo.

A continuación, se presenta la tabla de análisis de los factores de impacto en sus diferentes etapas:

FACTOR IMPACTADO	ETAPA EN LA QUE SE GENERARÁ EL IMPACTO	VALORIZACIÓN POR CRITERIO											
		CI	I	EX	SI	PE	EF	MO	AC	MC	RV	PR	IM
CALIDAD DEL AIRE	**Preparación del sitio**	–	2	2	1	1	D	4	2	2	2	2	–28
	Operación y Mantenimiento	–	4	4	2	2	D	4	4	2	2	4	–48
	Restauración	+	2	2	1	2	I	2	2	2	2	2	27
CALIDAD DEL SUELO	**Preparación del sitio**	–	3	2	1	2	D	4	2	2	2	2	–33

ESTABILIDAD DEL SUELO	**Preparación del sitio**	–	3	2	1	2	D	4	2	2	2	2	–33
	Operación y Mantenimiento	–	4	3	2	2	D	4	4	2	2	4	–47
	Restauración	+	2	2	2	2	I	2	2	2	2	2	29
CALIDAD DE LA HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA	**Preparación del sitio**	–	2	2	1	1	I	2	2	1	1	1	–18
	Operación y Mantenimiento	–	3	2	1	2	I	2	2	1	2	2	–27
	Restauración	+	1	1	1	2	I	2	1	2	1	2	15
GENERACIÓN DE RUIDO Y SUPERFICIE	**Preparación del sitio**	–	2	2	1	1	D	4	1	1	2	2	–24
	Operación y Mantenimiento	–	4	3	2	2	D	4	2	2	2	4	–44
	Restauración	–	1	1	1	1	D	2	1	1	1	2	–12
COBERTURA DE VEGETACIÓN	**Preparación del sitio**	–	4	2	1	2	D	4	2	2	4	2	–42
	Operación y Mantenimiento	–	2	2	1	2	D	4	2	2	4	2	–30
	Restauración	+	3	3	2	4	I	2	2	2	1	2	41
DISTRIBUCIÓN DE LA FAUNA	**Preparación del sitio**	–	2	2	1	1	I	4	1	1	2	2	–23
	Operación y Mantenimiento	–	3	2	2	2	I	4	2	2	2	2	–33
	Restauración	+	2	2	2	2	I	2	2	2	1	2	29

	Restauración	+	3	3	2	4	I	2	2	2	1	2	41
CALIDAD SANITARIA DEL PAISAJE	**Preparación del sitio**	–	2	2	1	1	I	2	1	2	1	2	–18
	Operación y Mantenimiento	–	2	2	1	2	I	2	2	2	2	2	–24
	Restauración	+	2	2	1	2	I	2	1	2	1	2	20
CALIDAD ESTÉTICA DEL PAISAJE	**Preparación del sitio**	–	3	2	1	2	D	4	2	2	4	2	–37
	Operación y Mantenimiento	–	3	3	2	2	D	4	2	2	4	2	–41
	Restauración	+	3	3	2	4	I	2	2	2	1	2	41
ECONOMÍA LOCAL Y GENERACIÓN DE EMPLEO	**Preparación del sitio**	+	2	2	1	1	I	2	1	1	1	2	17
	Operación y Mantenimiento	+	4	3	2	4	I	4	4	1	1	4	47
	Restauración	+	2	2	1	2	I	2	1	1	1	2	20
CALIDAD DE VIDA Y BENEFICIOS SOCIALES	**Preparación del sitio**	+	2	2	1	1	I	2	1	1	1	2	17
	Operación y Mantenimiento	+	4	3	2	4	I	4	4	1	1	4	47
	Restauración	+	2	2	1	2	I	2	1	1	1	2	20
PATRONES DE VIDA SOCIAL	**Preparación del sitio**	+	1	2	1	1	I	2	1	1	1	2	12
	Operación y	+	2	2	1	2	I	2	2	1	1	2	25

Una vez analizados, categorizados y valorizados los impactos, se realizó un análisis de dichos valores para generar un promedio de incidencia. En la siguiente tabla se resumen dichos promedios.

SUBSISTEMA	FACTOR	ETAPA DEL PROYECTO			VALOR DEL IMPACTO	
		PREPARACIÓN DEL SITIO	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	PROMEDIO DEL FACTOR	PROMEDIO DEL SUBSISTEMA
ABIÓTICO	Calidad del aire	–28	–48	27	–16.3	-15
	Calidad del suelo	–33	–43	29	–15.7	
	Estabilidad del suelo	–33	–47	29	–17.0	
	Hidrología subterránea	–18	–27	15	–10.0	
	Ruido	–24	–44	–12	–26.7	
	Calidad sanitaria del ambiente	–18	–24	20	–7.3	

BIÓTICO	Cobertura vegetal	–42	–30	41	–10.3	-10.6
	Fauna (distribución)	–23	–33	29	–9.0	
	Hábitat	–37	–41	41	–12.3	
SOCIOECONÓMICO	Economía local y empleo	17	47	20	28	19
	Calidad de vida y beneficios sociales	17	47	20	28	
	Patrones de vida social	12	25	20	19	
PROMEDIO		15.3	39.7	27.7	25	-2.2

Resultados.

El balance del proyecto muestra que los efectos más sensibles se concentran en el medio físico–biótico durante la operación/extracción, especialmente por el movimiento de maquinaria, el tránsito de camiones y la apertura de frentes de trabajo. Estas acciones inciden sobre el paisaje, suelo/estabilidad, hábitat y ruido. Aun así, el diseño operativo y las medidas previstas —humectación de caminos y patios, barreras vegetales, control de frentes, drenaje superficial, operación en horario diurno y ausencia de mantenimiento de maquinaria en sitio— permiten contener y mitigar dichas presiones dentro de rangos compatibles o moderados, según el caso.

balance global cuando las medidas de prevención y control se aplican de manera continua y verificable.

Es relevante resaltar que la secuencia del proyecto juega a favor: la preparación del sitio concentra impactos temporales y localizados; la operación/extracción exige la mayor atención de gestión; y la rehabilitación —con reposición de suelo y revegetación con especies nativas— compensa y corrige buena parte de las alteraciones paisajísticas y de hábitat, ayudando a restablecer funciones ecológicas y a dejar el predio en condiciones compatibles con su entorno. Este enfoque es consistente con la metodología de evaluación y criterios de la MIA, que orientan la lectura integrada de los impactos y la priorización de medidas por factor.

6. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

En este segmento, se expondrán el diseño y el programa de implementación de las medidas, acciones y políticas destinadas a prevenir, eliminar, reducir y compensar los impactos previamente identificados y reportados con respecto al proyecto BANCO DE MATERIALES PETREOS.

El conjunto de medidas descritas en este capítulo deberá ser aplicado durante las diversas etapas y fases del proyecto, abarcando la preparación, construcción y operación del sitio, según corresponda.

Es crucial distinguir entre dos tipos de medidas:

1. Medidas Preventivas o Protectoras: Estas acciones están diseñadas para minimizar, antes de su ocurrencia o concreción, los impactos asociados al desarrollo del proyecto. En otras palabras, estas medidas poseen un carácter preventivo y están orientadas a anticipar posibles impactos negativos.
2. Medidas Mitigadoras: Por otro lado, estas medidas se emplearán para subsanar los daños que inevitablemente se producirán durante todas las etapas del desarrollo del proyecto. Tienen un enfoque correctivo y están diseñadas para contrarrestar o reducir los efectos adversos que puedan surgir durante la ejecución del proyecto.

El diseño y la implementación efectiva de estas medidas son esenciales para garantizar una gestión ambientalmente responsable y sostenible del proyecto, procurando la preservación del entorno y minimizando los impactos negativos en la medida de lo posible.

6.1. Descripción de las medidas preventivas

Las medidas de prevención y mitigación que se describen a continuación tienen como finalidad evitar, reducir o controlar los posibles impactos negativos derivados de las actividades de

- Componente Abiótico
    - Suelo

Durante las labores de extracción se evitará remover suelo más allá del área autorizada para el aprovechamiento, delimitando físicamente el polígono de trabajo con señalización visible y cordones de seguridad. El material vegetal y orgánico superficial retirado durante la preparación del sitio será acopiado y conservado en un área específica para su reutilización posterior en las acciones de rehabilitación y revegetación.

Para prevenir procesos erosivos o arrastres de material, los taludes generados se conformarán con pendientes estables que no superen los límites de seguridad recomendados, y se estabilizarán mediante compactación o colocación de material pétreo en las zonas más expuestas. En caso de lluvias intensas, se construirán canales o zanjas de desvío que conduzcan los escurrimientos hacia zonas de infiltración dentro del mismo predio, evitando erosión o afectaciones a terrenos colindantes.

Se prohíbe el vertido de aceites, combustibles o cualquier residuo sobre el terreno natural. Cualquier derrame accidental deberá ser contenido de inmediato utilizando material absorbente y retirado por personal capacitado, garantizando su disposición final adecuada mediante gestor autorizado.

    - Aire

Las principales emisiones a la atmósfera provendrán del polvo generado por las actividades de extracción, carguío, transporte interno y tránsito de maquinaria pesada. Para controlar estas emisiones se aplicarán medidas preventivas como la humectación periódica de caminos mediante pipas de agua y el mantenimiento preventivo de todos los vehículos y equipos, asegurando su óptimo funcionamiento y evitando emisiones excesivas de gases o partículas.

El material extraído será cargado con precaución para evitar derrames y dispersión de partículas. Además, se fomentará el uso de cubiertas o lonas en los camiones de transporte externo para reducir el escape de partículas durante los traslados.

- Ruido

Las fuentes principales de ruido serán la maquinaria de extracción, los equipos de carga y los vehículos de transporte. Para mitigar este impacto se garantizará el mantenimiento periódico de motores y sistemas de escape, manteniendo los niveles de ruido dentro de los límites permisibles establecidos por la normatividad.

Se restringirán las labores más ruidosas al horario diurno (7:00 a 18:00 horas) y se evitarán maniobras nocturnas. En las zonas donde el ruido pudiera afectar a receptores sensibles, se promoverá la instalación de barreras naturales, como franjas vegetales o taludes amortiguadores.

El personal deberá utilizar equipo de protección auditiva durante las jornadas de trabajo prolongadas, en cumplimiento con las normas de seguridad e higiene aplicables.

- Componente Biótico
  - Flora

Previamente al inicio de los trabajos se realizará un recorrido de verificación para identificar y proteger los ejemplares de flora que se conserven en el área colindante al polígono de aprovechamiento. Se procurará respetar la vegetación que no interfiera con las actividades operativas, conservando franjas verdes perimetrales que funcionen como barreras naturales de protección.

El material vegetal retirado será reincorporado en las áreas de rehabilitación al cierre de cada etapa, utilizando las especies nativas propias de la región, preferentemente herbáceas y

- Fauna

Para minimizar el desplazamiento o afectación de la fauna silvestre presente en el área del proyecto, se limitará la circulación de maquinaria fuera de los caminos establecidos y se evitará la compactación innecesaria de zonas no destinadas a la operación. Estas acciones permitirán conservar microhábitats funcionales y reducir la fragmentación del entorno.

Previo al inicio de las actividades de extracción, se llevará a cabo una inspección y recorrido de reconocimiento en toda el área de influencia del proyecto, con el fin de detectar la presencia de madrigueras, refugios temporales o sitios de anidación. En caso de localizar ejemplares dentro del polígono de aprovechamiento, se procederá a ejecutar programas de ahuyentamiento, reubicación y rescate de fauna silvestre, los cuales se realizarán bajo la supervisión directa de un biólogo acreditado o del responsable ambiental del proyecto, conforme a los lineamientos establecidos por la autoridad competente.

Durante estos recorridos se pondrá especial atención a las especies enlistadas dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, que regula las especies de flora y fauna silvestres en riesgo. En la región es posible encontrar ejemplares pertenecientes a las categorías Sujetas a Protección Especial (Pr) y Amenazadas (A), particularmente reptiles y aves asociadas a vegetación secundaria y matorrales costeros. En caso de detectar la presencia de especies catalogadas, se registrará su ubicación, comportamiento y condición, elaborando un informe técnico con evidencia fotográfica y las medidas de manejo aplicadas.

Durante la etapa operativa se prohibirá estrictamente la caza, captura, manipulación o retención de fauna silvestre por parte del personal. Asimismo, no se permitirá el consumo de alimentos fuera de las zonas designadas, con el fin de evitar la atracción de animales hacia el área de trabajo. Las áreas de amortiguamiento y vegetación natural colindante se conservarán en su estado actual, sirviendo como corredores biológicos y refugios para las especies locales desplazadas temporalmente.

- Seguridad y Control Operativo

Con el fin de prevenir accidentes o afectaciones a la población local, se mantendrá una señalización visible en los accesos y caminos internos, indicando límites de velocidad, zonas de carga y descarga, y áreas restringidas.

El acceso al área de trabajo será exclusivamente para personal autorizado, quien deberá portar el equipo de protección personal adecuado. Los vehículos y maquinaria se mantendrán en condiciones mecánicas óptimas, y cualquier falla que represente riesgo ambiental o de seguridad deberá ser atendida de inmediato.

Se promoverá la contratación de personal local para las actividades de apoyo, lo que contribuirá al fortalecimiento económico de la comunidad sin generar presiones sobre los servicios existentes.

- Manejo del Agua y Saneamiento

Durante toda la vida útil del proyecto, el abastecimiento de agua se realizará únicamente mediante la contratación del servicio de pipas, evitando cualquier tipo de aprovechamiento directo de aguas subterráneas.

Las aguas residuales generadas por el personal se manejarán mediante sanitarios portátiles, los cuales serán limpiados y vaciados periódicamente por una empresa autorizada. Esta medida previene la infiltración de aguas negras al subsuelo y garantiza la protección del manto freático, característico de la geología cárstica de Yucatán.

- Manejo de Residuos

Se implementará un sistema de separación de residuos en el sitio de trabajo, clasificándolos en orgánicos, inorgánicos reciclables y no reciclables. Los residuos no peligrosos se almacenarán temporalmente en contenedores cerrados y serán retirados periódicamente por el servicio

generación y disposición, contratando únicamente empresas acreditadas ante la SEMARNAT para su transporte y manejo final.

En caso de derrames accidentales de hidrocarburos o sustancias contaminantes, se procederá de inmediato a su contención, neutralización y retiro del material afectado, notificando al responsable ambiental y registrando el evento en la bitácora correspondiente.

- Medidas Durante el Cierre y Abandono

Al término de las actividades de extracción, se realizará la limpieza y retiro de toda infraestructura temporal, maquinaria, residuos y materiales remanentes. Posteriormente se procederá al perfilado de taludes, estabilización de superficies y aplicación del material orgánico acopiado durante la etapa de preparación del sitio.

Se promoverá la revegetación con especies nativas para restablecer la cobertura vegetal y favorecer la integración paisajística del área rehabilitada. Durante los primeros meses posteriores al cierre se mantendrá la vigilancia ambiental para verificar la efectividad de las acciones de restauración y detectar posibles procesos erosivos o presencia de residuos remanentes.

Consideraciones Finales

Las medidas de prevención y mitigación aquí descritas serán implementadas de manera permanente durante todas las etapas del proyecto. Su correcta aplicación permitirá asegurar que las actividades del banco de materiales pétreos se desarrollen bajo condiciones ambientalmente responsables, minimizando los impactos negativos y contribuyendo a la conservación de los recursos naturales de la región.

7. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

En este apartado se profundiza en la comprensión de las condiciones actuales del entorno

Las actividades planificadas para el aprovechamiento del banco se estructuran bajo una visión integral que considera las distintas etapas del proyecto, desde la preparación del sitio, que incluye la limpieza y delimitación de las áreas de trabajo; la fase de operación, que contempla la extracción, cribado, carga y transporte del material pétreo; hasta la etapa de rehabilitación o abandono, en la que se aplicarán medidas de recuperación topográfica, revegetación y estabilización del suelo. Cada una de estas fases se analiza en función de su relación directa con los componentes ambientales, resaltando cómo las acciones humanas pueden generar impactos temporales y cómo éstos serán mitigados mediante la aplicación de buenas prácticas.

Asimismo, se delimitan las áreas específicas de intervención dentro de las 100 hectáreas proyectadas, diferenciando las zonas destinadas a la extracción, almacenamiento, caminos de acceso y áreas de conservación. Este ordenamiento permite identificar sinergias o posibles conflictos con la biodiversidad local, en particular con especies de flora y fauna enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, para las cuales se prevén programas de rescate, ahuyentamiento o reubicación bajo la supervisión de un especialista acreditado.

La proyección posterior a la implementación de las medidas de prevención y mitigación se aborda desde una perspectiva de sostenibilidad y resiliencia ecológica. Se valoran no solo los efectos inmediatos de la intervención, sino también las consecuencias a mediano y largo plazo sobre los procesos naturales de recuperación del ecosistema. Se analizan los mecanismos de autorregulación natural, como la regeneración vegetal y la recolonización faunística, y su interacción con las acciones de restauración inducida. También se consideran los factores externos como la variabilidad climática, la erosión y los eventos meteorológicos que podrían influir en la dinámica del sitio una vez concluidas las actividades extractivas.

En conjunto, este segmento no se limita a una visión estática del “antes y después”, sino que profundiza en la dinámica ambiental del área de aprovechamiento, ofreciendo una comprensión más amplia de la relación entre el proyecto y su entorno. De esta forma, se garantiza una evaluación más precisa de los impactos ambientales y se fortalece la planeación de medidas preventivas, correctivas y de restauración que aseguren la compatibilidad del banco de

Una vez analizados los elementos bióticos y abióticos en el Capítulo IV, y determinados los posibles impactos ambientales derivados de la ejecución del proyecto, se reitera la condición actual del sitio en función de las medidas preventivas y de mitigación establecidas.

El paisaje que enmarca el área de aprovechamiento corresponde a una matriz rural y agropecuaria del poniente del estado de Yucatán, caracterizada por actividades ganaderas y agrícolas de temporal, así como por la presencia de fragmentos de selva baja caducifolia secundaria. El sitio se localiza dentro del municipio de Hunucmá, en las inmediaciones de la comisaría de Hunkanab, formando parte del corredor Mérida–Tetiz, donde el entorno evidencia un grado moderado de transformación antrópica.

El trazo del banco de materiales pétreos se desarrolla de forma irregular y controlada dentro del polígono autorizado, siguiendo caminos de acceso y derechos de vía existentes. En el entorno inmediato se identifican lotes rurales desmontados, zonas de lotificación en proceso, y manchones de vegetación secundaria, que en conjunto conforman un paisaje fragmentado. La infraestructura vial primaria (carretera Mérida–Tetiz) y la red de caminos secundarios introducen un efecto de borde que se manifiesta en la alteración de la luminosidad nocturna, el incremento de ruido, la introducción de residuos sólidos y la dispersión de especies ruderales o invasoras a lo largo de los márgenes.

La etapa del proyecto con mayor incidencia sobre el medio ambiente corresponde a la preparación del sitio, en la cual se llevará a cabo la remoción de vegetación secundaria en las áreas designadas para la extracción. No obstante, el aprovechamiento se realizará de forma fraccionada y progresiva, permitiendo que una vez concluida la extracción en cada subárea, se implementen acciones de restauración y reforestación con especies nativas, asegurando la recuperación gradual del terreno y la reincorporación del paisaje natural.

Durante todas las etapas del proyecto, preparación, operación y cierre, se aplicarán medidas preventivas y mitigadoras, orientadas a la conservación del entorno natural, al manejo responsable de residuos, y al control de emisiones atmosféricas y partículas suspendidas. La

deriven en afectaciones críticas o irreversibles. Estas acciones incluyen tanto estrategias preventivas, que evitan la generación de impactos, como acciones correctivas, dirigidas a contrarrestar cualquier efecto adverso sobre los componentes ambientales.

Un ejemplo de la efectividad de estas medidas se observa en el manejo integral de residuos. Se impartirán capacitaciones al personal operativo sobre separación y disposición adecuada de los residuos generados. Los materiales no aprovechables se depositarán en contenedores diferenciados y no permanecerán en el sitio por más de tres días, asegurando su traslado a sitios autorizados por el municipio. Este manejo responsable evitará alteraciones en la composición, textura y color del suelo, favoreciendo su recuperación natural.

En cuanto al manejo de aguas residuales, el proyecto contará con sanitarios portátiles contratados a través de una empresa especializada, responsable de su recolección, transporte y disposición final en plantas autorizadas. Con ello se garantiza la no infiltración de aguas negras al subsuelo, evitando el riesgo de contaminación del manto freático.

Durante la fase operativa, se espera observar una mejora gradual en la calidad paisajística del sitio, derivada de las acciones de restauración, limpieza periódica y mantenimiento continuo de las áreas intervenidas.

En el componente socioeconómico, el proyecto generará beneficios directos e indirectos mediante la creación de empleos temporales y permanentes, así como la contratación de servicios locales para transporte, mantenimiento y alimentación, contribuyendo al bienestar de las familias de la región. Este impacto positivo persistirá durante toda la operación del banco, constituyendo un impacto residual favorable.

Finalmente, todas las actividades se desarrollarán en estricto cumplimiento con la normatividad ambiental vigente, las disposiciones ecológicas federales y estatales y los instrumentos de ordenamiento territorial aplicables. Con base en las condiciones actuales del predio y los resultados de la evaluación de impactos, se concluye que el proyecto no generará impactos

Un Programa de Vigilancia Ambiental es esencial para asegurar el cumplimiento de las directrices y medidas derivadas de la evaluación de impacto ambiental. Con el propósito de garantizar la adherencia a los principios ambientales y a las medidas de prevención y mitigación propuestas para los impactos ambientales, el promotor llevará a cabo el siguiente programa detallado para el proyecto BANCO DE MATERIALES PETREOS:

Objetivo del Programa

El presente Programa de Vigilancia Ambiental tiene como finalidad establecer las acciones de seguimiento, control y evaluación de los factores ambientales que pudieran verse afectados por las actividades de extracción, acopio y transporte de materiales pétreos dentro del banco. Su propósito es garantizar que las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas sean efectivas y que se cumpla con las disposiciones establecidas por la autoridad ambiental competente.

Este programa se implementará desde el inicio de las operaciones y permanecerá vigente durante toda la vida útil del proyecto, siendo revisado y actualizado conforme a los resultados obtenidos o a los requerimientos normativos aplicables.

Alcance y Aplicación

El programa abarca todas las fases del proyecto, desde la preparación del sitio y el inicio de las actividades extractivas hasta el transporte interno de materiales, el mantenimiento de maquinaria y vialidades, el manejo de residuos, la seguridad operativa y el eventual abandono o cierre del sitio.

Se considera la vigilancia sobre los componentes ambientales más susceptibles de impacto: aire, suelo, flora, fauna, ruido, manejo de residuos y control de tránsito.

Componentes ambientales

Se verificará la efectividad de las medidas de control, como el riego periódico de los caminos y el mantenimiento de la maquinaria. En caso de detectarse concentraciones visibles de polvo fuera del área de trabajo o quejas de comunidades cercanas, se intensificará la humectación, se reducirá la velocidad de circulación (máximo 20 km/h) y, de ser necesario, se suspenderán temporalmente las actividades en condiciones de viento fuerte o sequía extrema.

Las inspecciones serán diarias y se documentarán mediante registros fotográficos y bitácoras semanales. Estas acciones buscan mantener las emisiones dentro de los límites permisibles establecidos por las normas oficiales mexicanas y garantizar que las partículas no representen afectación al entorno inmediato.

- Manejo del Agua y Saneamiento

No se contempla el aprovechamiento directo de aguas subterráneas. El abastecimiento de agua durante la operación se realizará mediante la contratación del servicio de pipas, las cuales abastecerán las necesidades básicas del personal operativo y las acciones de humectación de caminos.

Las aguas residuales generadas se manejarán mediante sanitarios portátiles, los cuales permanecerán en el sitio durante toda la vida útil del proyecto. Estos serán limpiados y vaciados periódicamente por una empresa autorizada, que se encargará del transporte y disposición final de las aguas negras en sitios aprobados por la autoridad sanitaria.

Este esquema asegura que no se genere infiltración al subsuelo ni contaminación al manto freático, evitando así cualquier riesgo al recurso hídrico característico de la región kárstica yucateca.

- Vigilancia del Suelo y Control de Erosión

El monitoreo del suelo tendrá como objetivo prevenir la erosión, la pérdida de cobertura vegetal y el arrastre de materiales fuera del área autorizada. Se realizarán inspecciones mensuales

Si se detectan procesos erosivos, se aplicarán medidas de contención como la colocación de material pétreo, compactación de suelos o siembra de especies nativas que favorezcan la estabilización de los taludes y áreas intervenidas.

Estas acciones contribuirán a mantener la funcionalidad del suelo y evitarán afectaciones al entorno inmediato del banco.

- Monitoreo de Ruido

Las actividades del banco de materiales generarán ruido asociado principalmente al uso de maquinaria y vehículos de carga. Se realizarán mediciones trimestrales de los niveles sonoros en los puntos de mayor actividad, comparando los resultados con los límites permisibles establecidos por la normatividad vigente.

En caso de detectarse niveles superiores a los recomendados, se ejecutarán medidas correctivas como el mantenimiento de motores, instalación de barreras naturales o restrictivas y la limitación de horarios de operación para evitar molestias a las comunidades vecinas.

- Conservación de Flora y Fauna

El monitoreo biológico se realizará semestralmente, verificando la presencia y permanencia de las especies registradas durante la línea base. Se prestará especial atención a la fauna silvestre que pudiera ingresar al área de trabajo, estableciendo protocolos de rescate y reubicación bajo supervisión del responsable ambiental.

Se mantendrán áreas de conservación dentro del predio, respetando la vegetación natural y evitando la fragmentación de hábitats. Asimismo, se prohibirá la caza, captura o extracción de especies de flora y fauna silvestre por parte del personal.

- Manejo de Residuos y Control de Derrames

Los residuos peligrosos, como aceites y lubricantes usados, se almacenarán temporalmente en contenedores herméticos sobre superficies impermeables y bajo techo, con contención secundaria. Serán retirados del sitio por empresas autorizadas por la autoridad ambiental, garantizando su correcta disposición.

En caso de derrames de hidrocarburos o lubricantes, se procederá a su contención inmediata, utilizando material absorbente y notificando al responsable ambiental. Se registrará el incidente y se implementarán las acciones de limpieza y remediación necesarias.

- Control del Tránsito Interno y Seguridad Operativa

El tránsito de vehículos dentro del banco se controlará mediante rutas definidas, con señalización visible y límites de velocidad de 20 km/h. Se llevará una bitácora diaria de entradas y salidas de camiones, así como de las condiciones generales de las vías.

Los caminos de acceso serán humedecidos periódicamente y se mantendrán libres de material suelto o derrames. Las rutas externas también serán objeto de limpieza y mantenimiento para evitar la dispersión de polvo o material pétreo hacia la vía pública.

- Registro, Seguimiento y Reportes

Todas las acciones de vigilancia ambiental se documentarán en bitácoras diarias y registros fotográficos, que permitirán evaluar la evolución de las condiciones ambientales del sitio.

Se elaborarán informes mensuales con los resultados de las observaciones y reportes trimestrales que integren las tendencias, medidas correctivas y recomendaciones de mejora. En caso de presentarse incidentes o contingencias, se notificará a la autoridad ambiental en un plazo máximo de 48 horas, adjuntando evidencia documental y las acciones aplicadas para su control.

- Capacitación del Personal

Asimismo, se fomentará el cumplimiento de las buenas prácticas entre contratistas y operadores, buscando una cultura ambiental sólida y permanente dentro del sitio de trabajo.

- Vigilancia Durante el Cierre del Sitio

Durante la etapa de cierre o abandono, se mantendrá la vigilancia ambiental para asegurar la estabilidad física del terreno y la recuperación paulatina de la vegetación. Se realizará revegetación con especies nativas, estabilización de taludes y retiro de cualquier estructura temporal o residuo remanente.

El seguimiento post-cierre se mantendrá durante al menos dos años posteriores a la conclusión de las actividades, hasta comprobar que las condiciones ambientales son estables y que no persisten impactos negativos.

Consideraciones Finales

El presente Programa de Vigilancia Ambiental será la herramienta principal de control y seguimiento durante toda la operación del banco de materiales pétreos. Su implementación permitirá garantizar que las actividades extractivas se desarrollen de manera ordenada, segura y responsable, preservando los recursos naturales y asegurando el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente en el estado de Yucatán.

En caso de que se detecte que las medidas propuestas no fueron adecuadas, se replanteará nuevas medidas para reducir al máximo posible el daño ambiental ocasionado por el proyecto.

7.3. Conclusiones.

Después de una exhaustiva recopilación, análisis y evaluación de la información presentada en los capítulos anteriores referentes al proyecto BANCO DE MATERIALES PETREOS se llega a conclusiones fundamentales que respaldan la viabilidad ambiental y legal del proyecto.

la vialidad Mérida-Tetiz, sin embargo el acceso al área aprovechable se realizará por brechas que dan acceso directo a esta.

- Cumplimiento Legal:
    - El análisis de la legislación aplicable revela que el proyecto no contraviene los programas de ordenamiento territorial competentes en la región. Se destaca el compromiso de cumplir rigurosamente con las Normas Oficiales Mexicanas, criterios técnicos, decretos y reglas administrativas aplicables a los bancos de material en todas las etapas del proyecto, asegurando así la conformidad con las disposiciones legales establecidas.
- Conservación de Especies y Medio Ambiente:
    - El proyecto no contempla el aprovechamiento total del predio, sino que este será explotado de manera fraccionada y progresiva, con el fin de permitir la restauración inmediata de las áreas intervenidas conforme se concluya la extracción del material pétreo aprovechable. Esta estrategia de aprovechamiento por etapas garantiza la recuperación paulatina de la cobertura vegetal y favorece la recolonización de especies de flora y fauna endémicas, promoviendo así la resiliencia ecológica y la estabilidad ambiental del sitio a lo largo del tiempo.
- Beneficios Socioeconómicos y Conservación Ecológica:
    - El proyecto no solo busca el desarrollo de la infraestructura, sino también beneficios socioeconómicos para las comunidades locales. La conservación de la riqueza ecológica se considera un pilar fundamental para lograr la sustentabilidad. Esta estrategia contribuirá tanto al desarrollo económico de la población local como a la preservación del medio ambiente.
- Síntesis de la Viabilidad Ambiental:
    - En resumen, considerando todos los elementos presentados, se concluye que BANCO DE MATERIALES PETREOS es ambientalmente viable. El proyecto no solo cumple con los criterios de regulación ecológica, restricciones y normas oficiales aplicables a la región, sino que también demuestra un compromiso

En virtud de estas conclusiones, se espera que el proyecto se desarrolle de manera responsable, contribuyendo al bienestar de la comunidad local, fomentando la armonía con el entorno natural y sirviendo como un modelo de desarrollo sustentable en la región.

8. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

8.1. Anexos.

1. Expediente del Manifiesto de Impacto Ambiental en formato digital
2. Plano del proyecto.
3. Documentación legal de la persona promovente
4. Cédula Profesional del responsable del estudio.
5. Resumen Ejecutivo del estudio.
6. Plan de Manejo Integral de Residuos.

8.2. Bibliografía.

- Bautista, F., Palacio-Aponte, G., Quintana, P., y Zinck, J. A. (2011). Spatial distribution and development of soils in tropical karst areas from the Peninsula of Yucatan, Mexico. Geomorphology, 135(3), 308-321.
- Brokaw, N., Bonilla, N., Knapp, S., MacVean, A., Ortiz, J. J., Peña-Chamorro, M., . & Tun-Garrido, J. (2011). Arboles del mundo maya. Natural History Museum, Mérida.
- Calderón R., Bahena B., Calmé S. (2005). Anfibios y reptiles de la reserva de la biosfera de Sian Ka´an y zonas aledañas. Fondo para el medio ambiente mundial. Quintana roo, México. 111p
- Centro De Investigaciones Científicas De Yucatán. (s.f). Flora de la península de Yucatán. de
- Cervantes, M. (2007). Conceptos fundamentales sobre ecosistemas acuáticos y su estado en México. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, DF, México, 37-67.
- Chablé Santos, J. B. (2009). Tesis doctoral. Composición y distribución de la avifauna de la reserva estatal El Palmar, Yucatán, México. Universidad Autónoma de Nuevo León. 150 pgs.

- Durán R., Méndez M., Dorantes E.A. y Dzib G. (2007). Evaluación, diagnóstico y restauración de la vegetación y flora nativa de la duna costera en el norte de Yucatán, Informe final, SEMARNAT, Mérida, México.
- Fernández, V y Vitora (2000). Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental". Segunda edición. Madrid, España.
- Flores, S. J. y Espejel, C. I. 1994. Tipos de vegetación de la península de Yucatán. Fasc. 3. UADY. 135 p.
- Flores-Guido, J. S., & Espejel-Carvajal, I. (1994). Tipos de vegetación de la península de Yucatán. Etnoflora Yucatanense. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México. Fascículo, 3(10).Friedman, J. B. (2009). Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México. Volumen II. Instituto Nacional de Ecología.
- García, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kopen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Reporte Técnico, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- García-Gil, G. y Graniel-Castro E. (2010). Geología. En Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán, Durán García R. y M. Méndez González (eds.). Mérida [Yucatán]: Centro de Investigación Científica de Yucatán / Programa de Pequeñas Donaciones del Fondo para el Medio Ambiente / Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad / Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Yucatán, 4–6.
- Guadarrama P., Salinas P.L, Ramos Z.J., Castillo A.S., Bonilla V. L., Chiappa C.X. 2016. Métodos de estudio en comunidades vegetales costeras de Yucatán y guía de campo. Universidad Nacional Autónoma de México. Programa de apoyo a proyectos para la innovación y mejoramiento de enseñanza (PAPIME). Mérida, Yucatán. 171 p.
- Hubp, J. L., Quesado, J. F. A., y Pereño, R. E. (1992). Rasgos geomorfológicos mayores de la península de Yucatán. Revista mexicana de ciencias geológicas, 10(2), 143-150.
- J.S. Flores, R. Durán y J.J. Ortiz-Díaz. (2010). Comunidades vegetales terrestres. R.D. Yucatán, M. Méndez (Eds.), Biodiversidad y desarrollo humano, CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA (2010), pp. 125–129.
- Leirana-Alcocer, J. L. y Bautista-Zúñiga, F. (2014). Patrones de asociación entre la cobertura vegetal y la calidad del suelo en el matorral costero de la reserva Ría Lagartos, Yucatán. Ciencia UJAT, 8(2), 44-53.
- Llamosa N. E., Rodríguez M. G., (2011). Aves comunes de la península de Yucatán. Editorial Dante. Mérida Yucatán. 144p.
- López-Ramos, E. (1973). Península de Yucatán Geología Superficial. Heidi and Ward eds. Carbonate Rocks. Pág, 3.
- Macías Medrano, J. M., y Avendaño García, A. (2014). Climatología de tornados en México. Investigaciones geográficas, (83), 74-87.
- Matteucci. D. s., Colma A. (1982). Metodología para el estudio de la vegetación. Monografía 22. Serie biología. Secretaria general de la organización de los estados americanos, programa regional de desarrollo científico y tecnológico. Washington D.C.

- Pennington T.D. y Sarhukán J. 1998. Arboles tropicales de México. Universidad Nacional Aútonoma de México y Fondo Cultural. México, D.F. 52 1 p.
- Pla, Laura. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. Interciencia, 31(8), 583-590. Recuperado en 10 de agosto de 2021, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037818442006000800008&lng=es&tlng=es
- Secretaría de desarrollo sustentable. (S. F.). Bitácora ambiental, Programa del Ordenamiento Ecológico Territorial del estado de Yucatán. https://bitacoraordenamiento.yucatan.gob.mx/index.php
- Torres, W., Méndez, M., Dorantes, A., y Durán, R. (2010). Estructura, composición y diversidad del matorral de duna costera en el litoral yucateco. Boletín de la Sociedad Botánica de México, (86), 37-51.
- Tun-Dzul, F. y Manzanilla-Domínguez, H. (2005). Los Huracanes: Su Impacto en la Península de Yucatán en los Últimos 100 años.
- UNAM. (2010). Servicio Mareográfico Nacional. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geofísica. www.mareografico.unam.mx.
- Bautista, F. (2010). El suelo. Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. CICY/PPD-FMAM/CONABIO/SEDUMA, Mérida, 14-16.
- Bautista, F., Palacio-Aponte, G., Quintana, P., y Zinck, J. A. (2011). Spatial distribution and development of soils in tropical karst areas from the Peninsula of Yucatan, Mexico. Geomorphology, 135(3), 308-321.
- Cervantes, M. (2007). Conceptos fundamentales sobre ecosistemas acuáticos y su estado en México. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, DF, México, 37-67.
- Chablé Santos, J. B. (2009). Tesis doctoral. Composición y distribución de la avifauna de la reserva estatal El Palmar, Yucatán, México. Universidad Autónoma de Nuevo León. 150 pgs.
- Chan-Vermont C., Rico-Gray V. y Flores J.S. (2002). Guía Ilustrada de la Flora Costera Representativa de la Península de Yucatán. Programa Etnoflora Yucatanense. Fascículo No. 19. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida.
- DOF. 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Jueves 30 de diciembre de 2010.
- Duch Gary, J. (1988). La conformación territorial del estado de Yucatán: los componentes del medio físico. Universidad Autónoma de Chapingo, Centro Regional de la Península de Yucatán.
- Durán R., Méndez M., Dorantes E.A. y Dzib G. (2007). Evaluación, diagnóstico y restauración de la vegetación y flora nativa de la duna costera en el norte de Yucatán, Informe final, SEMARNAT, Mérida, México.
- Flores-Guido, J. S., & Espejel-Carvajal, I. (1994). Tipos de vegetación de la península de Yucatán. Etnoflora Yucatanense. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida.

- García-Gil, G. y Graniel-Castro E. (2010). Geología. En Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán, Durán García R. y M. Méndez González (eds.). Mérida [Yucatán]: Centro de Investigación Científica de Yucatán / Programa de Pequeñas Donaciones del Fondo para el Medio Ambiente / Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad / Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Yucatán, 4–6.
- Hubp, J. L., Quesado, J. F. A., y Pereño, R. E. (1992). Rasgos geomorfológicos mayores de la península de Yucatán. Revista mexicana de ciencias geológicas, 10(2), 143-150.
- J.S. Flores, R. Durán y J.J. Ortiz-Díaz. (2010). Comunidades vegetales terrestres. R.D. Yucatán, M. Méndez (Eds.), Biodiversidad y desarrollo humano, CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA (2010), pp. 125–129.
- Leirana-Alcocer, J. L. y Bautista-Zúñiga, F. (2014). Patrones de asociación entre la cobertura vegetal y la calidad del suelo en el matorral costero de la reserva Ría Lagartos, Yucatán. Ciencia UJAT, 8(2), 44-53.
- López-Ramos, E. (1973). Península de Yucatán Geología Superficial. Heidi and Ward eds. Carbonate Rocks. Pág, 3.
- Macías Medrano, J. M., y Avendaño García, A. (2014). Climatología de tornados en México. Investigaciones geográficas, (83), 74-87.
- Potenciano, A. B., Cubells, F., Andueza, V. I. L., Martínez, V. C. O., Girbés, P. M., & Palmar, E. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR).
- Secretaria de Fomento Económico (SEFOE). http://www.sefoe.yucatan.gob.mx/secciones/ver/yobain
- Consultado el día xx de xxxx
- Miller TE., Gornish E.S. y Buckley H.L. (2010). Climate and coastal dune vegetation: disturbance, recovery and succession. Plant ecology 206:97–104.
- Mueller-Dombois, D., y Ellenberg, H. (1974). Aims and methods of vegetation analysis. New York: Ed. J. Wiley & Sons, 547.
- Torres, W., Méndez, M., Dorantes, A., y Durán, R. (2010). Estructura, composición y diversidad del matorral de duna costera en el litoral yucateco. Boletín de la Sociedad Botánica de México, (86), 37-51.
- Tun-Dzul, F. y Manzanilla-Domínguez, H. (2005). Los Huracanes: Su Impacto en la Península de Yucatán en los Últimos 100 años.
- UNAM. (2010). Servicio Mareográfico Nacional. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geofísica. www.mareografico.unam.mx.

Bibliografía consultada

- Chablé Santos, J. B. (2009). Tesis doctoral. Composición y distribución de la avifauna de la reserva estatal El Palmar, Yucatán, México. Universidad Autónoma de Nuevo León. 150 pgs.
- Chan-Vermont C., Rico-Gray V. y Flores J.S. (2002). Guía Ilustrada de la Flora Costera Representativa de la Península de Yucatán. Programa Etnoflora Yucatanense.

- Durán R., Méndez M., Dorantes E.A. y Dzib G. (2007). Evaluación, diagnóstico y restauración de la vegetación y flora nativa de la duna costera en el norte de Yucatán, Informe final, SEMARNAT, Mérida, México.
- Flores-Guido, J. S., & Espejel-Carvajal, I. (1994). Tipos de vegetación de la península de Yucatán. Etnoflora Yucatanense. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México. Fascículo, 3(10).Friedman, J. B. (2009). Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México. Volumen II. Instituto Nacional de Ecología.
- García-Gil, G. y Graniel-Castro E. (2010). Geología. En Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán, Durán García R. y M. Méndez González (eds.). Mérida [Yucatán]: Centro de Investigación Científica de Yucatán / Programa de Pequeñas Donaciones del Fondo para el Medio Ambiente / Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad / Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Yucatán, 4–6.
- Hubp, J. L., Quesado, J. F. A., y Pereño, R. E. (1992). Rasgos geomorfológicos mayores de la península de Yucatán. Revista mexicana de ciencias geológicas, 10(2), 143-150.
- J.S. Flores, R. Durán y J.J. Ortiz-Díaz. (2010). Comunidades vegetales terrestres. R.D. Yucatán, M. Méndez (Eds.), Biodiversidad y desarrollo humano, CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA (2010), pp. 125–129.
- Leirana-Alcocer, J. L. y Bautista-Zúñiga, F. (2014). Patrones de asociación entre la cobertura vegetal y la calidad del suelo en el matorral costero de la reserva Ría Lagartos, Yucatán. Ciencia UJAT, 8(2), 44-53.
- Miller TE., Gornish E.S. y Buckley H.L. (2010). Climate and coastal dune vegetation: disturbance, recovery and succession. Plant ecology 206:97–104.
- Torres, W., Méndez, M., Dorantes, A., y Durán, R. (2010). Estructura, composición y diversidad del matorral de duna costera en el litoral yucateco. Boletín de la Sociedad Botánica de México, (86), 37-51.
- Tun-Dzul, F. y Manzanilla-Domínguez, H. (2005). Los Huracanes: Su Impacto en la Península de Yucatán en los Últimos 100 años.
- UNAM. (2010). Servicio Mareográfico Nacional. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geofísica. www.mareografico.unam.mx.