

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO
EN TERRENOS FORESTALES
MODALIDAD A

JUNIO DE 2016

Capítulo 1

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

ECLIPZEN

DATOS GENERALES DEL PROYECTO

Nombre

“ECLIPZEN”

Ubicación

El terreno forestal comprende un lote del predio el Torito tal como se indica a continuación:

Predio el Torito ubicado en Avenida Maya Mística sin número, Lote 001, Manzana 002, por calle Circuito Sagrado, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

Tiempo de vida útil

Se estima que la vida útil del proyecto será de 80 años

Presentación de la documentación legal

Datos protegidos por la LFTAIPG.

Identificación oficial, RFC y CURP del promovente.

DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE

Nombre

Datos protegidos por la LFTAIPG.

Registro federal de contribuyentes del promovente

Datos protegidos por la LFTAIPG.

CURP

Datos protegidos por la LFTAIPG.

Domicilio para oír y recibir notificaciones

Datos protegidos por la LFTAIPG.

DATOS DEL RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO

Nombre

Datos protegidos por la LFTAIPG.

Registro federal de contribuyentes

Datos protegidos por la LFTAIPG.

Cédula profesional

Datos protegidos por la LFTAIPG.

Clave única de registro de población

Datos protegidos por la LFTAIPG.

Domicilio para oír y recibir notificaciones

Datos protegidos por la LFTAIPG.

CONSULTA PÚBLICA

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO
EN TERRENOS FORESTALES
MODALIDAD A

Capítulo 2

USOS QUE SE PRETENDEN DAR
AL TERRENO

JUNIO DE 2016

ECLIPZEN

USOS QUE SE PRETENDEN DAR AL TERRENO

OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo principal del proyecto consiste en obtener la autorización para poder llevar a cabo las actividades que comprende el cambio de uso de suelo en terrenos forestales a través de la remoción de la vegetación en parte de un predio cuya superficie total asciende 142,340.69 m² (14.23 ha) y se ubica en el Predio el Torito ubicado en Avenida Maya Mística sin número, Lote 001, Manzana 002, por calle Circuito Sagrado, municipio de Solidaridad, Quintana Roo, para su ulterior aprovechamiento.

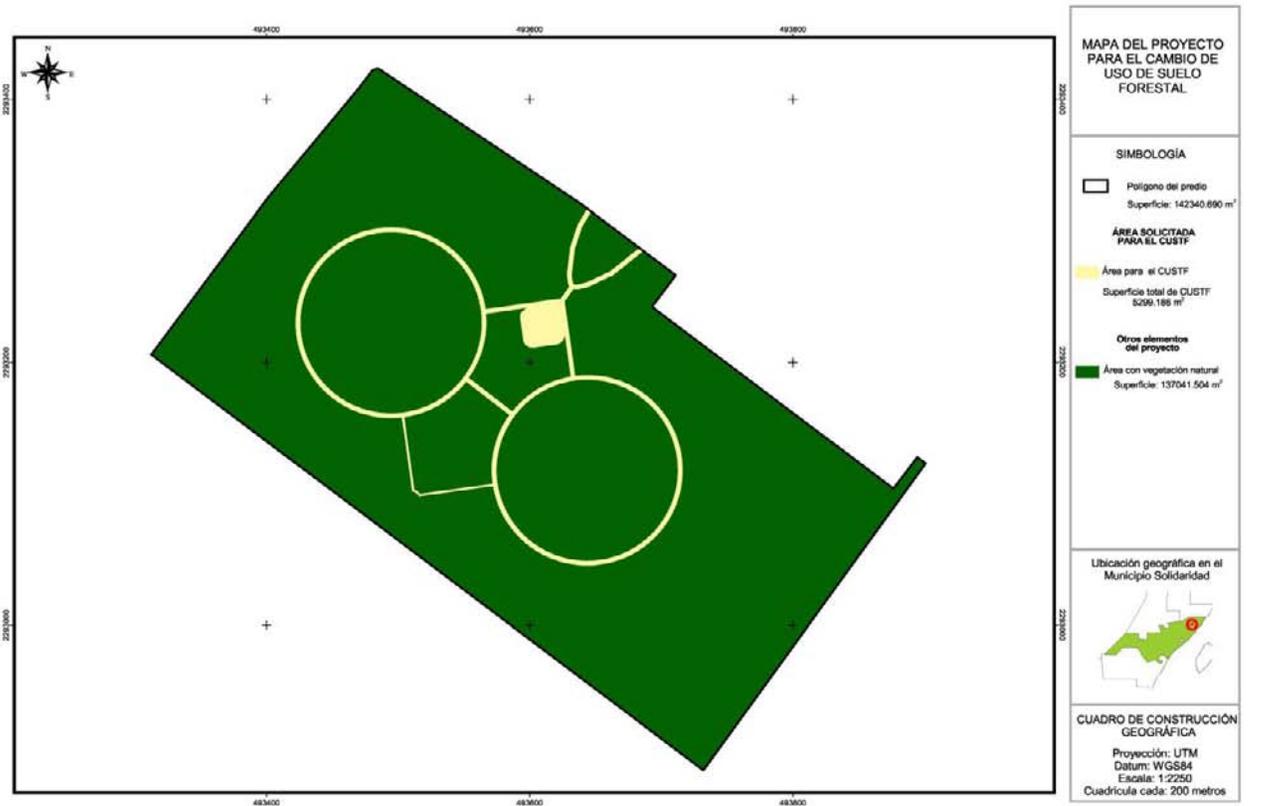
La superficie de aprovechamiento estará destinada al uso de suelo ecoturístico; en particular a espacios recreativos, ciclista y senderos. Sin embargo, es importante aclarar que el proyecto, sólo implica el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, a través de la remoción de vegetación forestal, misma que debe ser evaluada por la Federación, a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; por lo tanto, lo concerniente a las etapas siguientes del proyecto, serán sometidas a evaluación ante la autoridad competente, que en su caso, corresponde al Gobierno Estatal a través del Instituto de Impacto y Riesgo Ambiental (INIRA).

Es por lo anterior que el proyecto que actualmente se somete a evaluación se refiere exclusivamente al cambio de uso de suelo en terrenos forestales, a través de la remoción de vegetación forestal correspondiente a Selva mediana subperennifolia, en una superficie de 5,299.186 m² (0.52 ha) equivalentes al 3.7 % de la superficie total del terreno. Cabe señalar que el proyecto también implica el rescate y reubicación de especies de flora y fauna; así como la conservación y enriquecimiento de áreas con vegetación natural en el 96.2 % que no será aprovechado.

La distribución de superficies se desglosa en la siguiente tabla:

CONCEPTO	SUPERFICIE (m ²)	PORCENTAJE (%)
CUSTF	5,299.186	3.72
Área con vegetación natural	137,041.504	96.28
Total	142,340.69	100.00

Asimismo, en la siguiente imagen se muestra la distribución espacial del proyecto; cabe señalar que se anexa al disco compacto del proyecto archivo en formato Excel en cuyo contenido se plasman las coordenadas (UTM / WGS84_Zona 16Q N) de los cuadros constructivos para la superficie sujeta a cambio de uso de suelo y la superficie que mantendrá su vegetación en estado natural.



Distribución de superficies dentro del predio del proyecto

JUSTIFICACIÓN DE LA SELECCIÓN DEL TERRENO PARA LOS USOS QUE SE PROPONEN

El terreno donde se llevará a cabo el proyecto fue elegido con base en distintos criterios que sustentan el hecho de éste es apropiados para el nuevo uso de suelo que se propone; entre los criterios considerados podemos mencionar los siguientes:

◆ Criterios ambientales

El predio se encuentra cubierto en su totalidad por un ecosistema de Selva mediana subperennifolia, el cual, según la bibliografía especializada, se trata de un ecosistema de relativa importancia por la diversidad de flora y fauna que alberga, pero no se considera como un ecosistema excepcional o frágil como es el caso de las dunas costeras, los humedales, manglares, selvas bajas, etc.; por lo que se advierte que dicho ecosistema tendrá la capacidad de albergar el proyecto, sin que se vean comprometidos sus recursos naturales.

Otro criterio que fue considerado, ambientalmente hablando, hace alusión al hecho de que la vegetación del predio se trata de una comunidad vegetal que conforme al pasar de los días va quedando aislada debido a las obras que existen en las inmediaciones, tales como caminos y desarrollos habitacionales de la misma índole que el que se propone una vez que se lleven a cabo las actividades que comprende el cambio de uso de suelo; por lo que se prevé que los impactos a la vegetación se ceñirán exclusivamente a la superficie de aprovechamiento.

Aunado a lo anterior, cabe mencionar que el predio de interés se encuentra contemplado para su aprovechamiento dentro de los instrumentos legales reguladores del uso del suelo; por lo que aunado a sus características particulares, se advierte también que no se estaría interviniendo un área natural de importancia ecológica relevante, ni ecosistemas excepcionales que requieran atención prioritaria a través de su conservación y manejo; y en tal sentido se vislumbra que el cambio de uso de suelo propuesto, es factible de realizarse sin comprometer los recursos naturales en el sistema ambiental.

◆ Criterios técnicos

Los usos que se le pretenda dar a un terreno forestal en particular, depende de los instrumentos normativos y de planeación que regulan la zona en la que se circunscribe; que para el caso del terreno donde se pretende ejecutar el proyecto, aplican los lineamientos establecidos en el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, y aquellos establecidos en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Solidaridad; los cuales determinan, con base en caracterizaciones ambientales y diagnósticos previos, cuales son los sitios donde se pueden realizar actividades productivas y de servicios, y aquellos donde sólo es posible la conservación de los recursos naturales debido a la fragilidad de los ecosistemas presentes.

El POEL del Municipio de Solidaridad, es un instrumento normativo encargado de regular el ordenamiento ecológico del territorio, dirigido a planear, programar y evaluar el uso del suelo y el manejo de los recursos naturales presentes, determinando como uno de sus objetivos el ordenar la ubicación de las actividades productivas y de servicios de acuerdo con las características de cada ecosistema o región, así como de la ubicación y condición socioeconómica de la población y el favorecer los usos del suelo con menor impacto adverso ambiental y el mayor beneficio a la población, sobre cualquier otro uso que requiera la destrucción masiva de los elementos naturales del terreno, buscando ante todo el mayor beneficio social, tomando siempre en cuenta las características y aptitudes de cada área.

Por otra parte, resulta importante mencionar que el mismo POEL establece para la Unidad de Gestión Ambiental 5 denominada “Corredor Cárstico”, a la cual pertenece la superficie que somete a evaluación por el CUSTF, que la vocación del uso del suelo es la de Área Natural, teniendo como usos condicionados el ecoturístico, UMA’s, reserva natural, forestal y equipamiento, mientras que los incompatibles son Agropecuario, agroforestal, agroindustrial, suburbano, urbano, turístico, minero, industrial, deportivo, comercial, parque recreativo, marina; por lo tanto, la justificación del porque esos terrenos son apropiados para el nuevo uso del suelo que se pretende realizar (ecoturístico), es factible toda vez que el mismo instrumento define al ecoturismo como el aprovechamiento turístico sustentable del territorio fuera de los centros de población que implica el uso de playas, selvas, sabanas, cenotes, cuevas y otros ambientes terrestres o acuáticos propicios para acampar, realizar travesías a pie, en vehículos impulsados por el hombre o animales de tiro y carga, así como para la construcción y operación de desarrollos ecoturísticos en los términos que establece la Ley de Turismo del Estado de Quintana Roo, su Reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.

El objetivo del PDU, de acuerdo con la normatividad vigente, es el de ordenar y regular el proceso de desarrollo urbano, estableciendo las bases para la realización de acciones de mejoramiento y conservación; además de definir los usos y destinos de suelo, y designar las áreas para su crecimiento; todo ello con la finalidad de lograr un desarrollo sustentable orientado a mejorar el nivel de vida de la población. Asimismo, cabe mencionar que el mismo destina como superficie específica para el uso de suelo de zona ecoturística en el predio del proyecto, uso que se define bajo la clave ZE y que permite un desmonte del 15%, cinco cabañas por hectárea, así como viveros.

◆ Criterios socioeconómicos

El sitio del proyecto en su estado actual solamente genera gastos que por nada resultan redituables, tales como el pago del impuesto predial, trabajos de conservación, vigilancia, etc., lo que se traduce en una pérdida monetaria y no en un beneficio económico; sin embargo, con el desarrollo del fraccionamiento que se propone, se podrán obtener beneficios económicos desde diferentes sectores, inclusive será una fuente generadora de empleos tanto temporales como permanentes que beneficiarán a un sector determinado de la sociedad. Asimismo, el proyecto generará ingresos económicos que permearán a los diferentes niveles de gobierno, con el pago de permisos e impuestos, en forma permanente.

USO ACTUAL DEL SUELO

Uso común o regular de suelo

Actualmente el predio del proyecto no presenta un uso de suelo aparente, ya que aún conserva su vegetación original sin que se observen indicios de alguna actividad dentro del mismo; por lo que las actividades agrícolas, pecuarias, forestales, asentamientos humanos, industria, turismo, minería, área natural protegida, corredor natural, se encuentran ausentes.

Uso potencial

Como se mencionó en apartados previos, el predio donde se pretenden realizar el proyecto, se encuentra regulado por el POEL, así como por el PDU; instrumentos ambos que precisan al sitio de interés para su aprovechamiento mediante el uso ecoturístico, entre otros.

En virtud de lo anterior, se ratifica que las actividades de cambio de uso del suelo que comprende el proyecto, se encuentran ya consideradas dentro de los usos de suelo para los cuales ha sido destinado el predio donde se plantea desarrollar el mismo; lo anterior, toda vez que para alcanzar el desarrollo ecoturístico es necesario comenzar en parte con la modificación del terreno forestal.

NATURALEZA DEL PROYECTO

Tal como se mencionó al inicio del presente capítulo, el proyecto consiste únicamente en obtener la autorización para poder llevar a cabo las actividades que comprende el cambio de uso de suelo en terrenos forestales a través de la remoción de la vegetación para posteriormente dar paso a la implementación de un proyecto ecoturístico.

Por lo que toca a la urbanización del área en donde se pretende llevar a cabo el proyecto, es importante mencionar que el predio del proyecto se encuentra inmerso dentro de una zona con potencial ecoturístico de acuerdo a los instrumentos reguladores del uso del suelo, motivo por el cual dentro del predio del proyecto aun no se cuenta con los servicios básicos urbanos. Bajo esta premisa y en el entendido de que el proyecto que se somete a evaluación de la autoridad Federal únicamente incluye el CUSTF, a continuación se realiza una breve descripción de la disponibilidad de servicios y obras de urbanización que actualmente en las inmediaciones del predio.

- Vialidades. Se cuenta con un camino que permiten acceder al predio, mismo que parte desde la Carretera Federal 307 Chetumal-Puerto Juárez.
- Agua potable. Éste servicio aun no se encuentra disponible en el predio del proyecto; sin embargo, para el cambio de uso del suelo, sólo será necesario para el mantenimiento de las plantas en vivero, así como para el humedecimiento de las áreas de aprovechamiento; por lo que dicho recurso será

suministrado a través de camiones pipa y será almacenada en tinacos tipo “Rotoplás”. En el caso del agua para beber, esta será comprada en expendios comerciales, a través de garrafones de 20 litros.

- Energía eléctrica. El predio del proyecto no cuenta con el servicio de la Comisión Federal de Electricidad, sin embargo, para el cambio de uso de suelo no será necesario toda vez que sólo se laborará en horario diurno.
- Drenaje sanitario. Éste servicio público no se encuentra disponible en el predio del proyecto; sin embargo no se requiere para el proyecto (sólo cambio de uso de suelo), ya que las aguas residuales que se prevé generar, tendrán su origen en los sanitarios portátiles que se instalarán para el servicio de los trabajadores, y en su caso, será responsabilidad de la empresa arrendadora el manejo y disposición final de dichos residuos.
- Transporte público. Para acceder al predio del proyecto, el transporte es a través de vehículos particulares y taxis, puesto que el transporte público sólo llega al entronque con la carretera Federal.

PROGRAMA DE TRABAJO

Como se detallará en capítulos posteriores, el programa de trabajo para realizar el cambio de uso de suelo se ha planteado para llevarse a cabo en un periodo de 12 bimestres en los que se desarrollarán las actividades siguientes:

ACTIVIDADES	bimestres												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Aviso de inicio de las actividades													
Trazo y delimitación de áreas sujetas al CUSTF													
Localización, marcaje y rescate de vegetación													
Instalación y operación del vivero rústico temporal													
Ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre													
Desmonte y despalme de áreas sujetas a CUSTF													
Rescate de tierra vegetal proveniente del despalme													
Aprovechamiento y/o trituración del material vegetal acopiado													
Informe final de actividades													

La descripción de las actividades se retoma en el capítulo VII del presente estudio.

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO
EN TERRENOS FORESTALES
MODALIDAD A

Capítulo 3

UBICACIÓN Y SUPERFICIE DEL PREDIO O
CONJUNTO DE PREDIOS, ASÍ COMO LA
DELIMITACIÓN DE LA PORCIÓN EN QUE SE
PRETENDA REALIZAR EL CAMBIO DE USO
DEL SUELO EN LOS TERRENOS
FORESTALES, A TRAVÉS DE PLANOS
GEOREFERENCIADOS

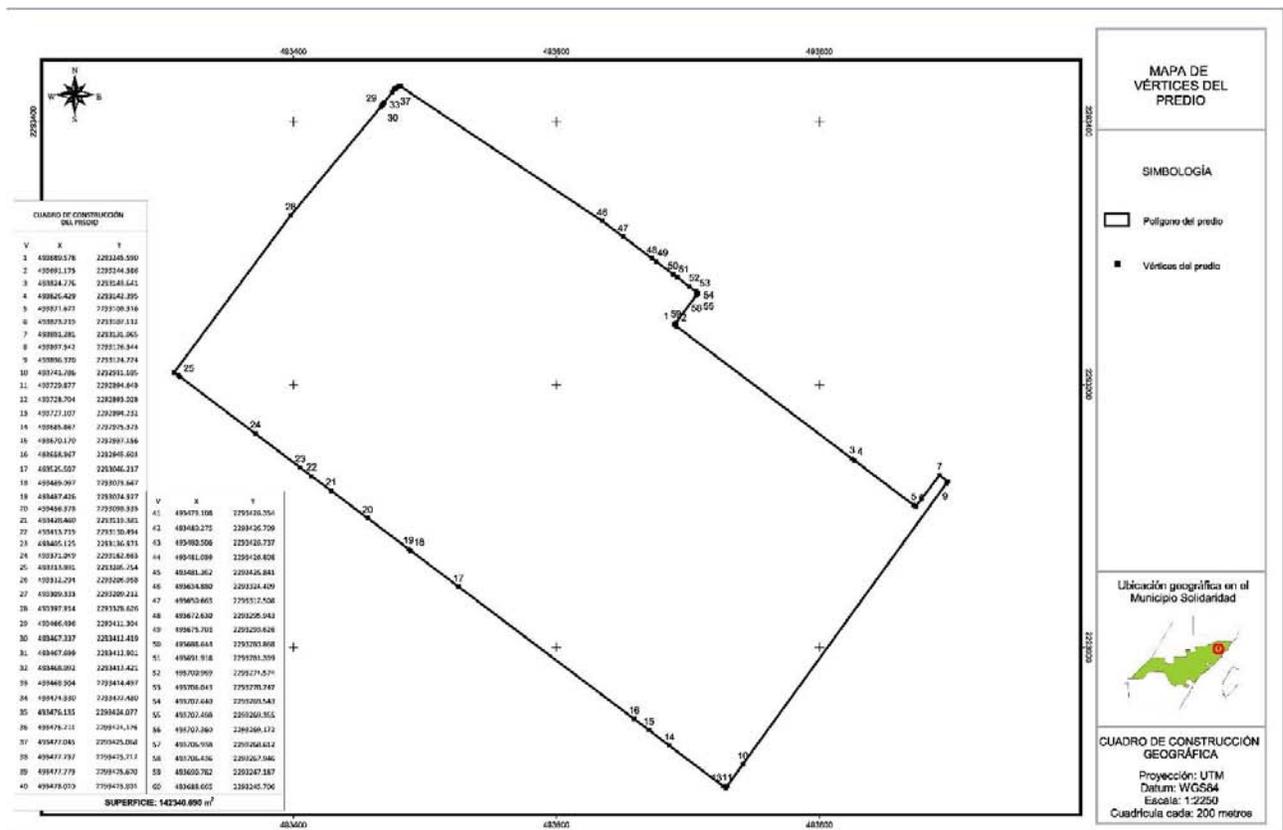
JUNIO DE 2016

ECLIPZEN

UBICACIÓN Y SUPERFICIE DEL PREDIO

El terreno forestal donde se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo corresponde al Predio el Torito ubicado en Avenida Maya Mística sin número, Lote 001, Manzana 002, por calle Circuito Sagrado, municipio de Solidaridad, Quintana Roo, mismo que cuenta con una superficie de 14.23 ha. (ver plano página siguiente), Las coordenadas UTM que componen la poligonal del predio son las siguientes.

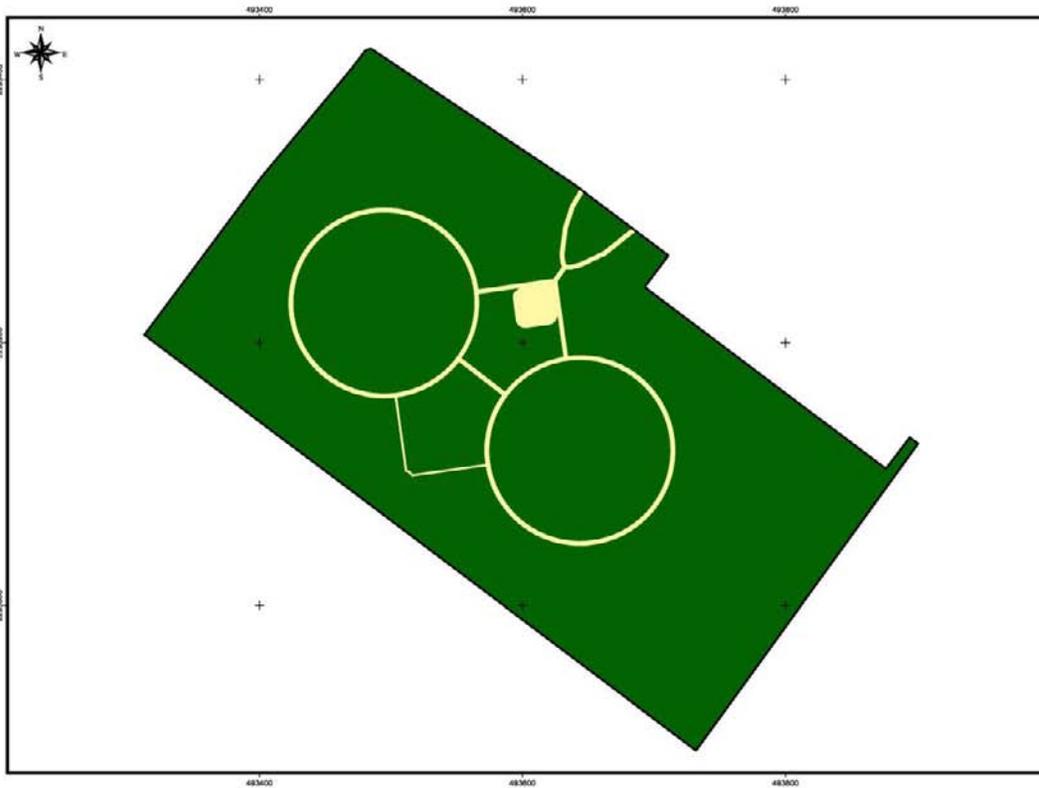
Vértices	X	Y	Vértices	X	Y	Vértices	X	Y
1.	493689.578	2293245.59	21.	493428.46	2293119.381	41.	493479.108	2293426.354
2.	493691.175	2293244.386	22.	493413.719	2293130.494	42.	493480.275	2293426.709
3.	493824.776	2293143.641	23.	493405.125	2293136.973	43.	493480.506	2293426.737
4.	493826.429	2293142.395	24.	493371.049	2293162.663	44.	493481.089	2293426.808
5.	493871.622	2293108.316	25.	493313.891	2293205.754	45.	493481.362	2293426.841
6.	493873.219	2293107.112	26.	493312.294	2293206.958	46.	493634.88	2293324.409
7.	493891.281	2293131.065	27.	493309.333	2293209.212	47.	493650.663	2293312.508
8.	493897.542	2293126.344	28.	493397.914	2293328.626	48.	493672.63	2293295.943
9.	493896.37	2293124.724	29.	493466.496	2293411.304	49.	493675.703	2293293.626
10.	493741.786	2292911.105	30.	493467.337	2293412.419	50.	493688.644	2293283.868
11.	493729.877	2292894.648	31.	493467.699	2293412.901	51.	493691.918	2293281.399
12.	493728.704	2292893.028	32.	493468.092	2293413.421	52.	493700.969	2293274.574
13.	493727.107	2292894.232	33.	493468.904	2293414.497	53.	493706.043	2293270.747
14.	493685.867	2292925.323	34.	493474.93	2293422.48	54.	493707.64	2293269.543
15.	493670.17	2292937.156	35.	493476.135	2293424.077	55.	493707.498	2293269.355
16.	493658.967	2292945.603	36.	493476.211	2293424.176	56.	493707.36	2293269.172
17.	493525.507	2293046.217	37.	493477.045	2293425.068	57.	493706.938	2293268.612
18.	493489.097	2293073.667	38.	493477.237	2293425.212	58.	493706.436	2293267.946
19.	493487.426	2293074.927	39.	493477.779	2293425.62	59.	493690.782	2293247.187
20.	493456.378	2293098.333	40.	493478.02	2293425.801	60.	493689.665	2293245.706



Poligonal del terreno forestal de pretendida ubicación del proyecto.

DELIMITACIÓN DE LA PORCIÓN EN LA QUE SE PRETENDE REALIZAR EL CUSTF.

El cambio de uso de suelo en terrenos forestales, a través de la remoción total de vegetación forestal correspondiente a selva mediana subperennifolia, se pretende llevar a cabo en una superficie 5,299.186 m² (0.52 ha) equivalentes al 3.72 % de la superficie total del terreno (ver plano siguiente), cuyo objetivo final será su ulterior aprovechamiento para el uso ecoturístico. Es importante mencionar que el proyecto prestará especial atención en el rescate y reubicación de especies de flora y fauna a fin de contrarrestar los posibles efectos sobre los organismos. Es de señalarse que como se mencionó anteriormente, las coordenadas UTM de los vértices de la superficie que se somete a evaluación por las actividades de CUSTF se presentan en anexo mediante archivo electrónico en formato Excel debido a la cantidad de datos.



MAPA DEL PROYECTO PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO FORESTAL

SIMBOLOGÍA

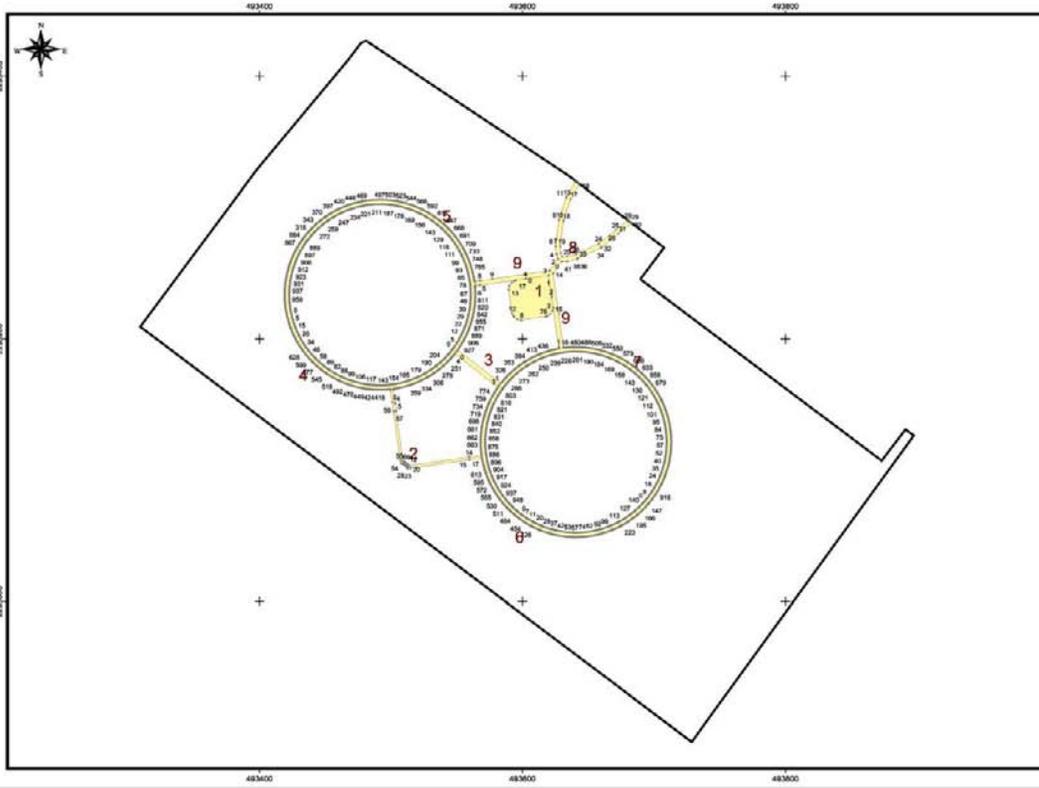
- Polígono del predio
Superficie: 142340.690 m²
- ÁREA SOLICITADA PARA EL CUSTF**
- Área para el CUSTF
Superficie total de CUSTF: 5299.186 m²
- Otros elementos del proyecto
- Área con vegetación natural
Superficie: 137041.504 m²

Ubicación geográfica en el Municipio Solidaridad

CUADRO DE CONSTRUCCIÓN GEOGRÁFICA

Proyección: UTM
Datum: WGS84
Escala: 1:2250
Cuadrícula cada: 200 metros

Superficie solicitada para CUSTF.



MAPA DE VÉRTICES DEL CUSTF

SIMBOLOGÍA

- Polígono del predio
- ÁREA SOLICITADA PARA EL CUSTF (En Secciones)**
- VÉRTICES DEL ÁREA SOLICITADA PARA EL CUSTF**
- Vértices de las secciones del CUSTF

Ubicación geográfica en el Municipio Solidaridad

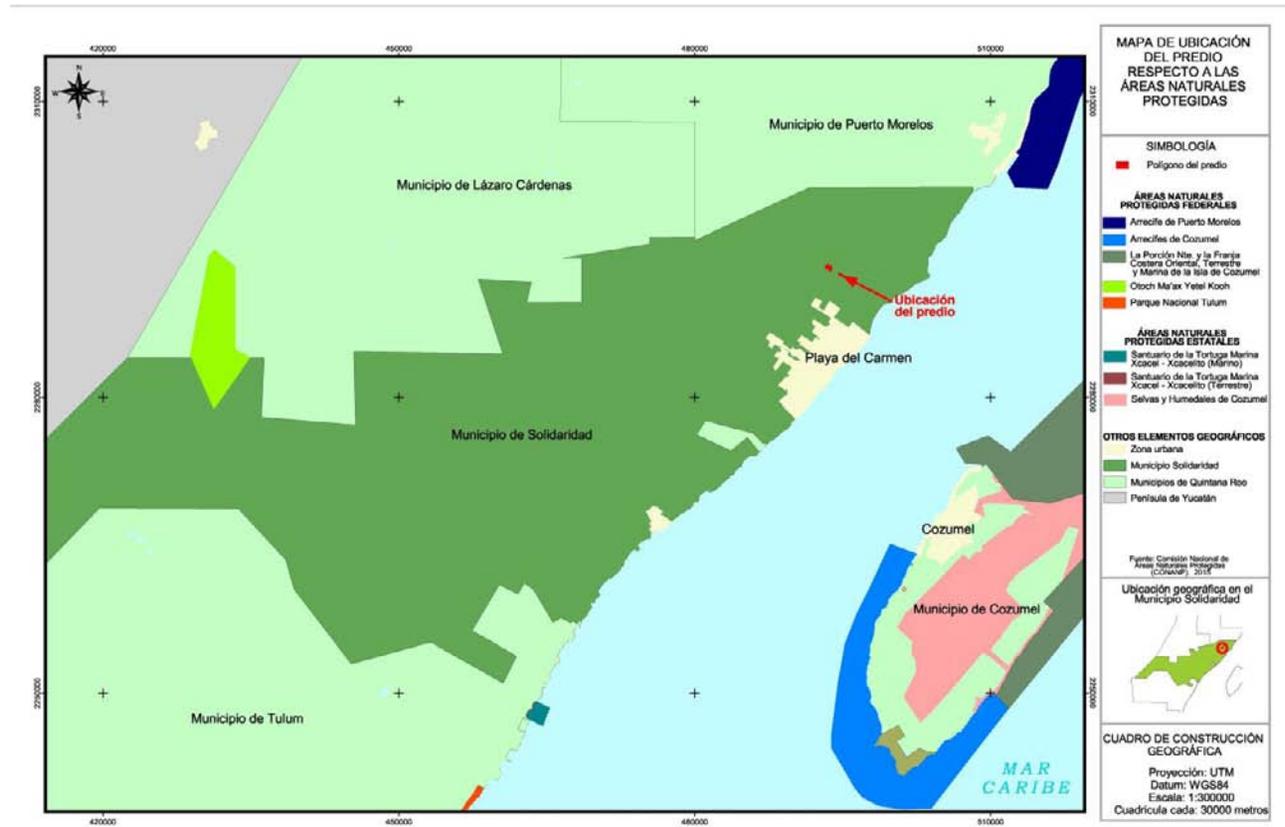
CUADRO DE CONSTRUCCIÓN GEOGRÁFICA

Proyección: UTM
Datum: WGS84
Escala: 1:2250
Cuadrícula cada: 200 metros

Vértices de la superficie solicitada para CUSTF.

UBICACION DEL PROYECTO DENTRO DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS (ANP)

La presente vinculación se realiza en el capítulo XIV, donde se señala mediante planos georeferenciados la ubicación del predio con respecto a las Áreas Naturales Protegidas. No obstante, se anticipa que el predio de pretendida ubicación del proyecto se encuentra fuera de ANP:



Mapa de ubicación del predio respecto a las Áreas Naturales Protegidas.

CONSULTA

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO
EN TERRENOS FORESTALES
MODALIDAD

Capítulo 4

DESCRIPCIÓN DE LOS
ELEMENTOS FÍSICOS Y
BIOLÓGICOS DE LA CUENCA
HIDROLÓGICO-FORESTAL EN
DONDE SE UBICUE EL PREDIO

JUNIO DE 2016

ECLIPZEN

DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO.

CUENCA HIDROLÓGICA

El terreno forestal se encuentra ubicado dentro de la Cuenca Quintana Roo. A nivel de regiones hidrológicas el predio se ubica en la Región Hidrológica RH32 Yucatán Norte (Yucatán); la distribución de dicha región abarca el 31.77% de la superficie del estado de Quintana Roo en su porción norte, parte de Yucatán y de Campeche. Se caracteriza por presentar una precipitación promedio que va de 800 mm en el Norte a más de 1,500 al Sureste de la cuenca y con un rango de escurrimiento de 0 a 5% en casi toda la superficie, excepto en las franjas costeras que tienen de 5 a 10% o 10 a 20% debido a la presencia de arcillas y limos. La ubicación del predio en relación con la Cuenca hidrológica se muestra en la siguiente figura de la siguiente página.

CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA CUENCA HIDROLÓGICO-FORESTAL.

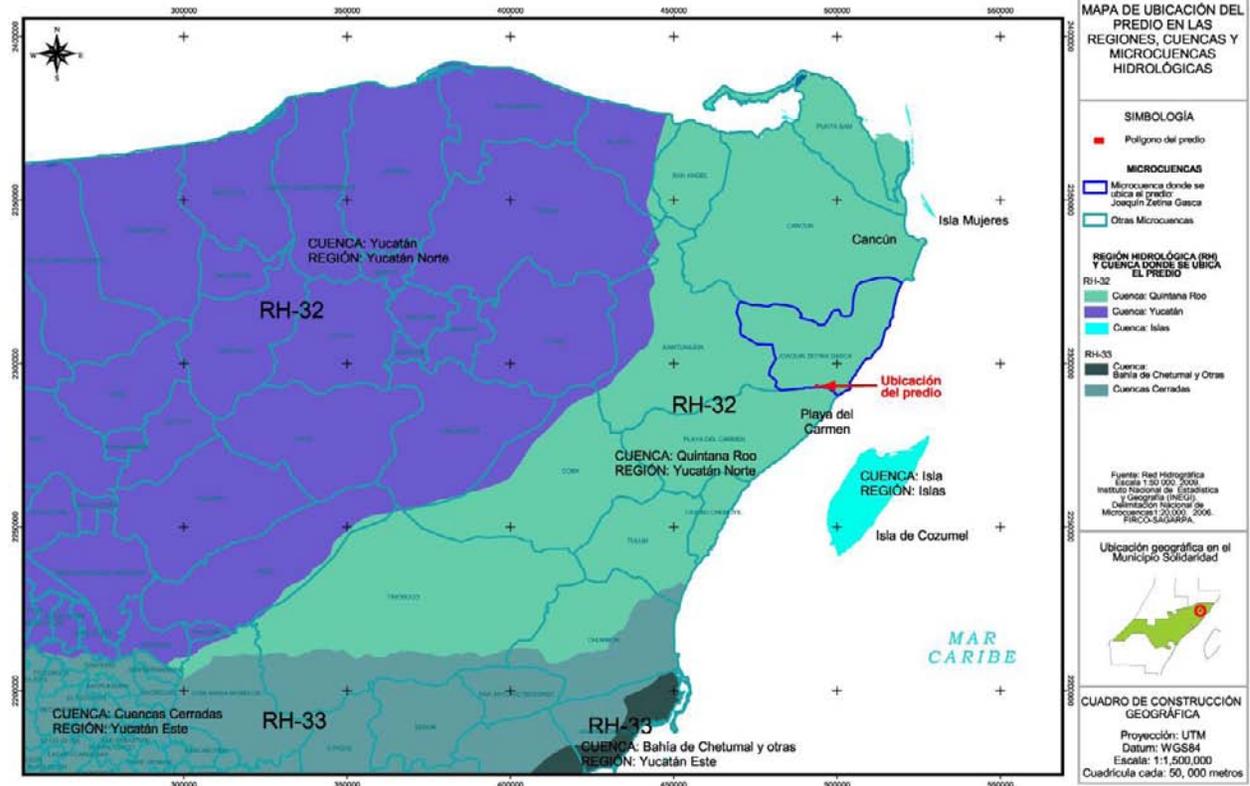
HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

En la región hidrológica 32, Yucatán Norte, existe una carencia total de corrientes superficiales por las características particulares de alta infiltración en el terreno y el escaso relieve, así como una carencia de cuerpos de agua de gran importancia; solo pequeñas lagunas como la de Cobá, Punta Laguna, La Unión; lagunas que se forman junto al litoral como son las de Conil, Chakchomuk y Nichupté (INEGI, 2002).

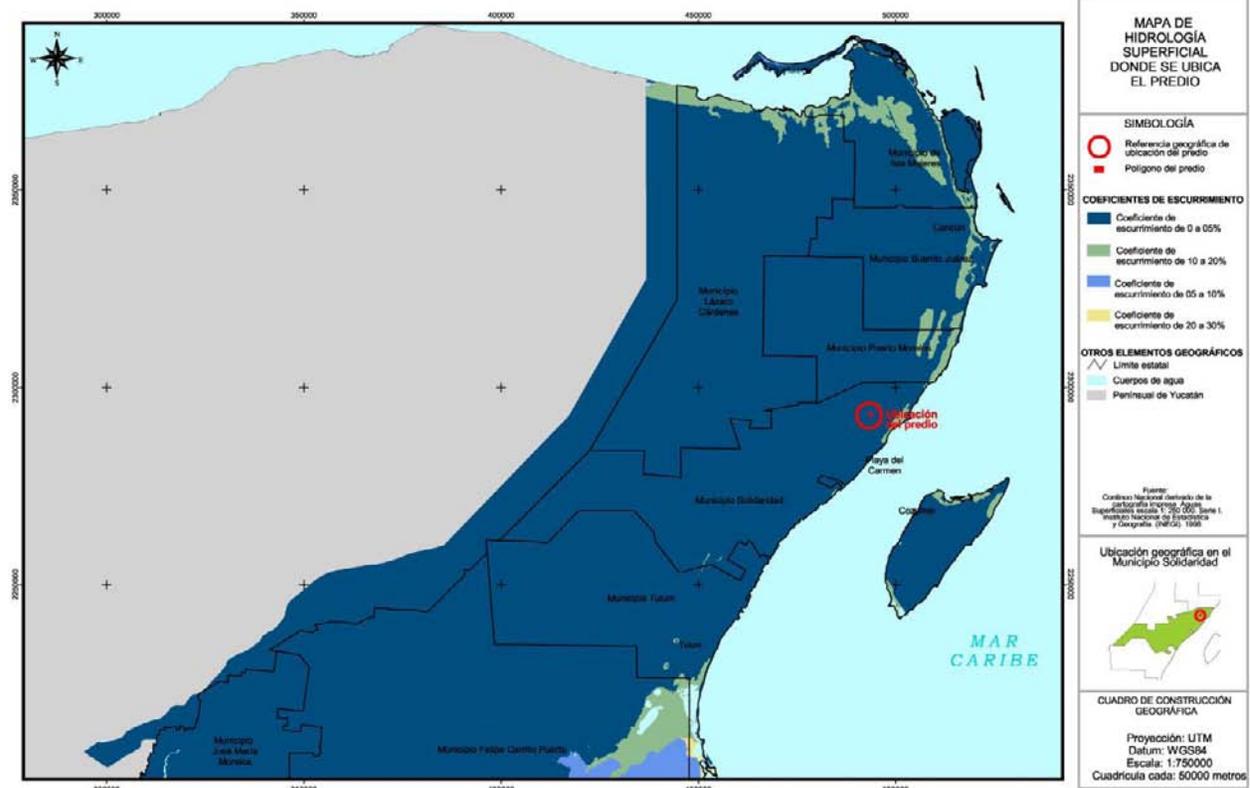
Debido a la conformación del terreno dentro de la cuenca Quintana Roo, la precipitación que se presenta en la parte continental, aun cuando anualmente es superior a 1,000 mm, sólo genera escurrimientos superficiales **efimeros, que son interceptados por los pozos naturales de recarga del acuífero denominados "Xuch"**, por lo que no se tienen escurrimientos superficiales (ver plano página siguiente)

Uno de los cuerpos de agua superficiales más representativos en la cuenca Quintana Roo se refieren principalmente a afloramientos de agua subterránea alumbrados por procesos naturales de disolución de la roca caliza por efecto del agua de lluvia que se infiltra al subsuelo y erosiona, química y físicamente, la roca formando grutas y cavernas, algunas de las cuales presentan desplomes en su techo formando los denominados cenotes.

Otros cuerpos de agua que se presentan son intermitentes y de origen pluvial, Akalchés, como se les denomina localmente, los cuales se forman en suaves depresiones topográficas con sedimentos finos impermeables, hacia donde fluye el agua producto de la precipitación pluvial por escurrimientos y queda atrapada por el sedimento impermeable. La permanencia y temporalidad de estos cuerpos de agua dependen de factores climáticos como la temperatura, evaporación y precipitación pluvial. En el plano de la siguiente página se muestran los cuerpos de agua dentro de la cuenca.



Ubicación del terreno forestal y la cuenca de Quintana Roo dentro del mapa de Regiones Hidrológicas.

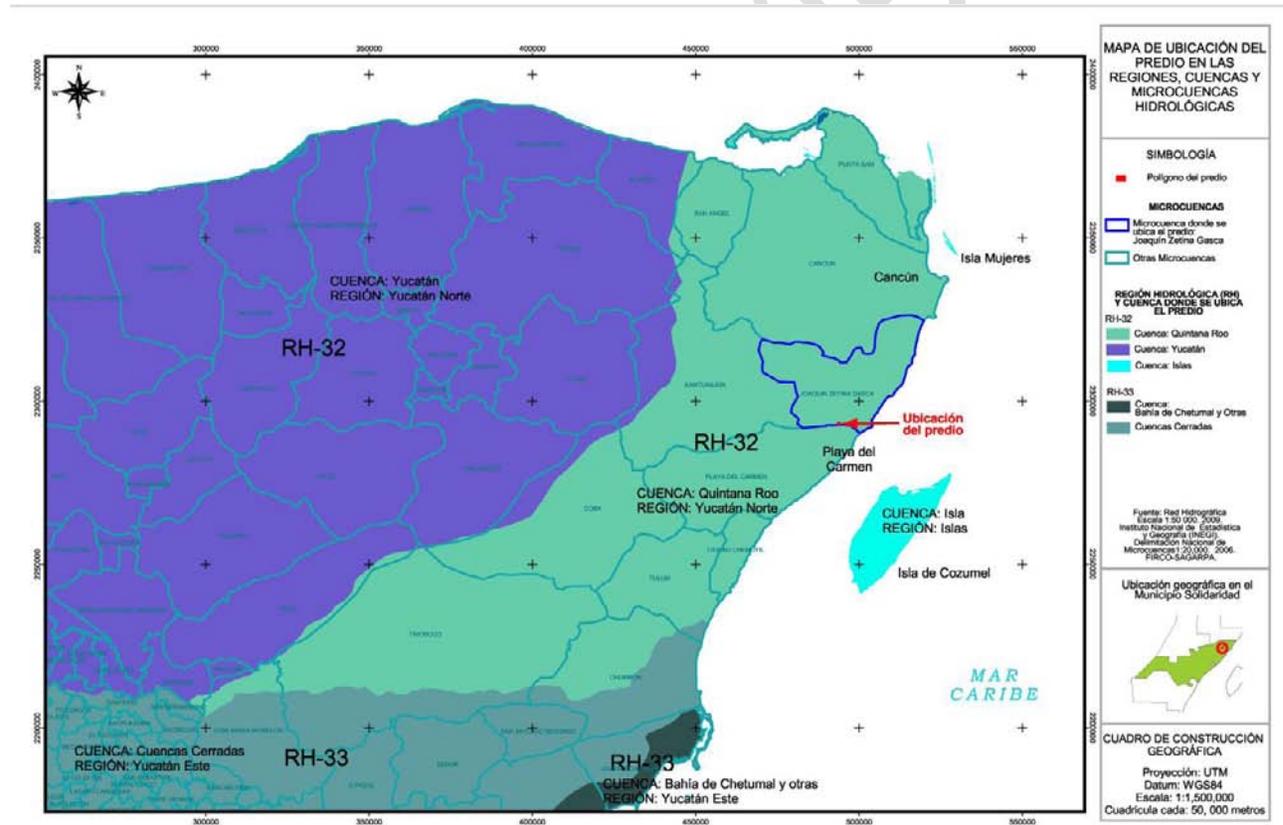


Ubicación del terreno forestal y la cuenca de Quintana Roo dentro del mapa de corrientes de agua superficiales.

HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

En la cuenca Quintana Roo el 80 % de la precipitación anual que se registra se infiltra en el suelo entre las grietas de la masa rocosa de éste, el 72.2% del agua infiltrada (unos 35,000 mm³/año) es retenida por las rocas que se encuentran arriba de la superficie freática y posteriormente es extraída por la transpiración de las plantas, el otro 27.8 % constituye la recarga efectiva del acuífero, unos 13,500 mm³.

En lo referente a la dirección del flujo subterráneo, éste se da de Poniente a Oriente, aflorando en el mar. Los cambios del nivel base del flujo, generan diferentes zonas de carstificación y propician mayor desarrollo del carst en los materiales más antiguos y hacia niveles más profundos. El movimiento del agua en el subsuelo se manifiesta también en su componente horizontal en la porción superficial del acuífero, sobre todo hacia las franjas costeras, en donde la traza de la interface salina presenta un movimiento estacional de varios kilómetros. A diferencia de los acuíferos en medios granulares, en donde la “intrusión salina” es un proceso irreversible, en el caso de un medio cárstico como el que presenta la península de Yucatán, la intrusión salina es un proceso reversible, con invasiones entre 10 y 20 kilómetros tierra adentro durante el estiaje, para retornar hacia las costas durante la temporada de lluvias.

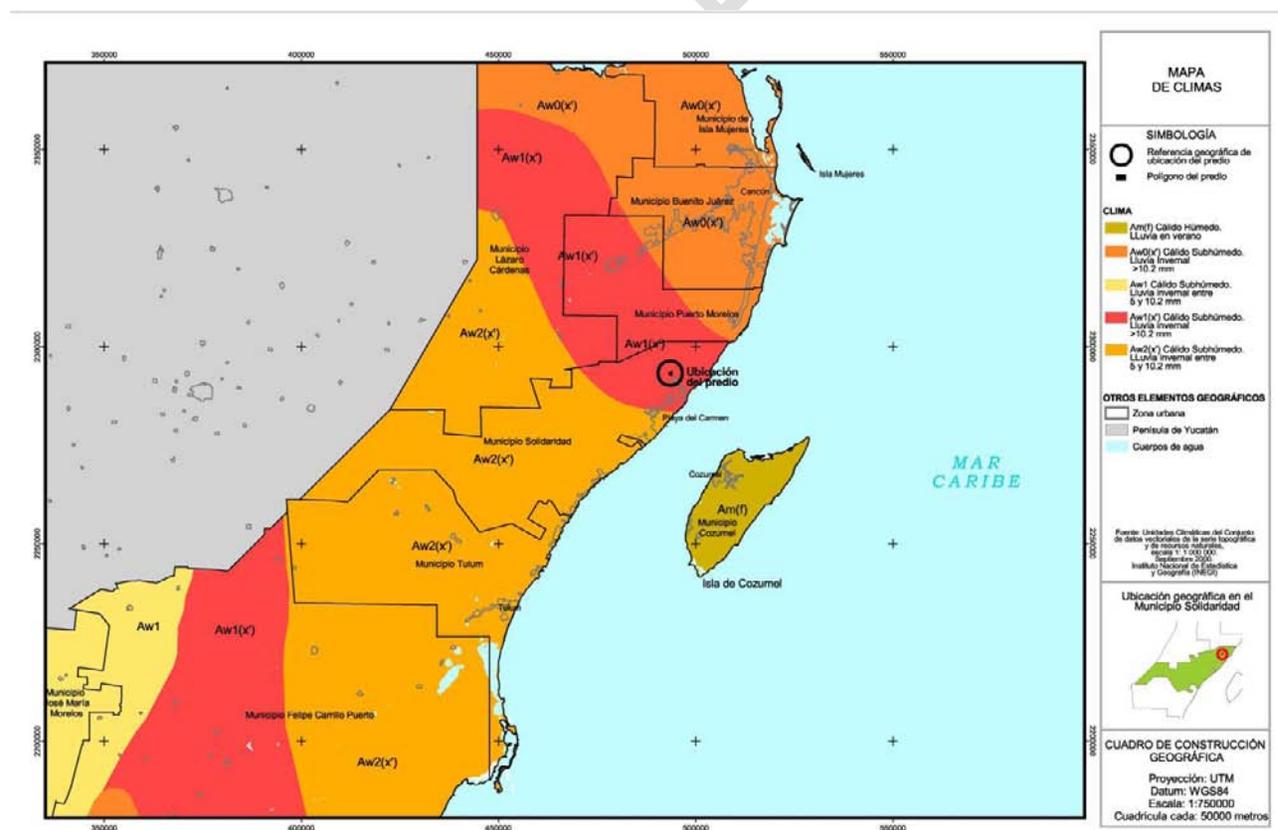


Ubicación de la cuenca Quintana Roo dentro del mapa de cuerpos de agua

CLIMA

De acuerdo con la carta de unidades climáticas (escala 1:1000000, INEGI), la Cuenca Quintana Roo se ubica en una zona que presenta un clima cálido subhúmedo, con cuatro subtipos climáticos: Aw0 (x'); Aw1 (x'); Aw2 (X'); y Aw1 (ver plano de la página siguiente), los cuales se describen a continuación.

- **Aw0 (x')**. Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.
- Aw1. Cálido subhúmedo de humedad intermedia entre los cálidos subhúmedos. Manifiesta una temperatura media anual de 25.5 °C, con diferencias de la temperatura media mensual entre el mes más caliente y el más frío, de 5 °C y 7 °C, que lo ubica entre isotermal o con poca variabilidad. Por otro lado la precipitación promedio anual es de 1 224.7 mm.
- **Aw1 (x')**. Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano mayores al 10.2% anual.
- **Aw2 (x')**. Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura 84% del mes más frío mayor de 18°C, precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre y 60 mm; lluvias de verano mayores al 10.2% anual. Este es el clima presente en la microcuenca definida para el presente estudio.



Ubicación la Cuenca dentro de la carta de unidades climáticas.

PRECIPITACIÓN

El régimen de lluvias es afectado por los ciclones que se generan en los centros de presión del Océano Atlántico y Mar Caribe. La Cuenca sufre la mayor incidencia ciclónica debido a su ubicación dentro de la trayectoria que sigue la mayoría de las tormentas tropicales y ciclones que se originan en el Atlántico. Con base en los registros de precipitación mensual y anual promedio en milímetros de la estación meteorológica de Playa del Carmen, se tiene que los meses de mayor precipitación alcanzaron los 556 y 538 mm durante los meses de junio de 2004 y octubre del 2005, respectivamente. La precipitación media anual es de 1,475.5 mm y el período de secas se presenta de febrero a abril. La precipitación se puede incrementar por tormentas tropicales, nortes o huracanes. Los meses con mayor precipitación pluvial son junio, septiembre y octubre.

TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL

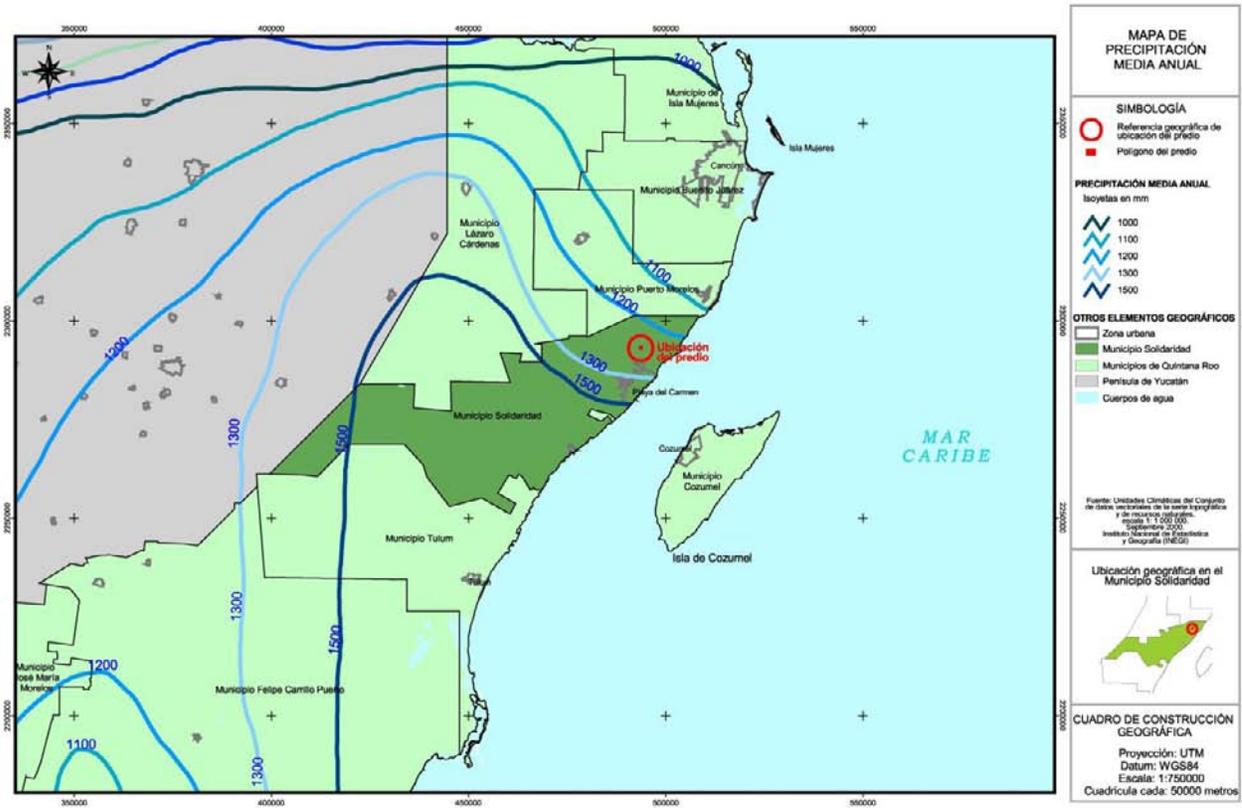
La temperatura media anual en la Cuenca Quintan Roo es de 26°C, la temperatura máxima promedio es de 33°C y se presenta en los meses de abril a agosto, en tanto que la temperatura mínima promedio es de 17°C durante el mes de enero.

La precipitación media es alrededor de 1,100 mm anuales, las lluvias se presentan durante todo el año, siendo más abundantes en los meses de junio a octubre (ver figura página siguiente).

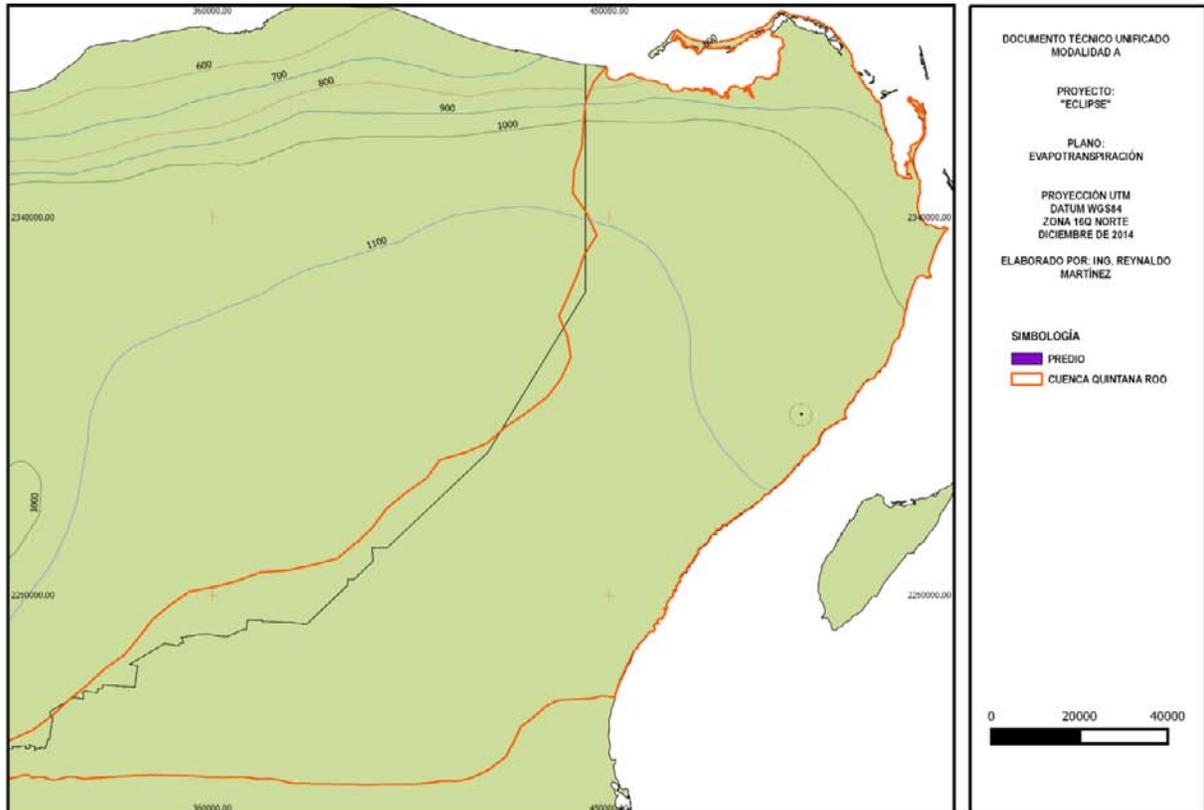
Para la microcuenca propuesta para el presente proyecto en apartados posteriores, se identifica una precipitación media de aproximadamente 1,475.5 mm conforme a la estación meteorológica número de Playa del Carmen.

HUMEDAD RELATIVA

Las isoyetas se encuentran cercanas a los 1,500 mm y el cociente precipitación/temperatura es mayor que 55.3, estando los valores medios de humedad relativa en un rango del 80 al 90 % como consecuencia del régimen de lluvias prevaleciente. El balance de escurrimientos medio anuales de 0-20 mm mientras que el déficit por evapotranspiración para la zona es de 800 a 1,100 mm anuales (ver figura página siguiente)



Ubicación la Cuenca Quintana Roo dentro de la carta de precipitación media anual.



Ubicación la Cuenca Quintana Roo dentro de la carta de evapotranspiración.

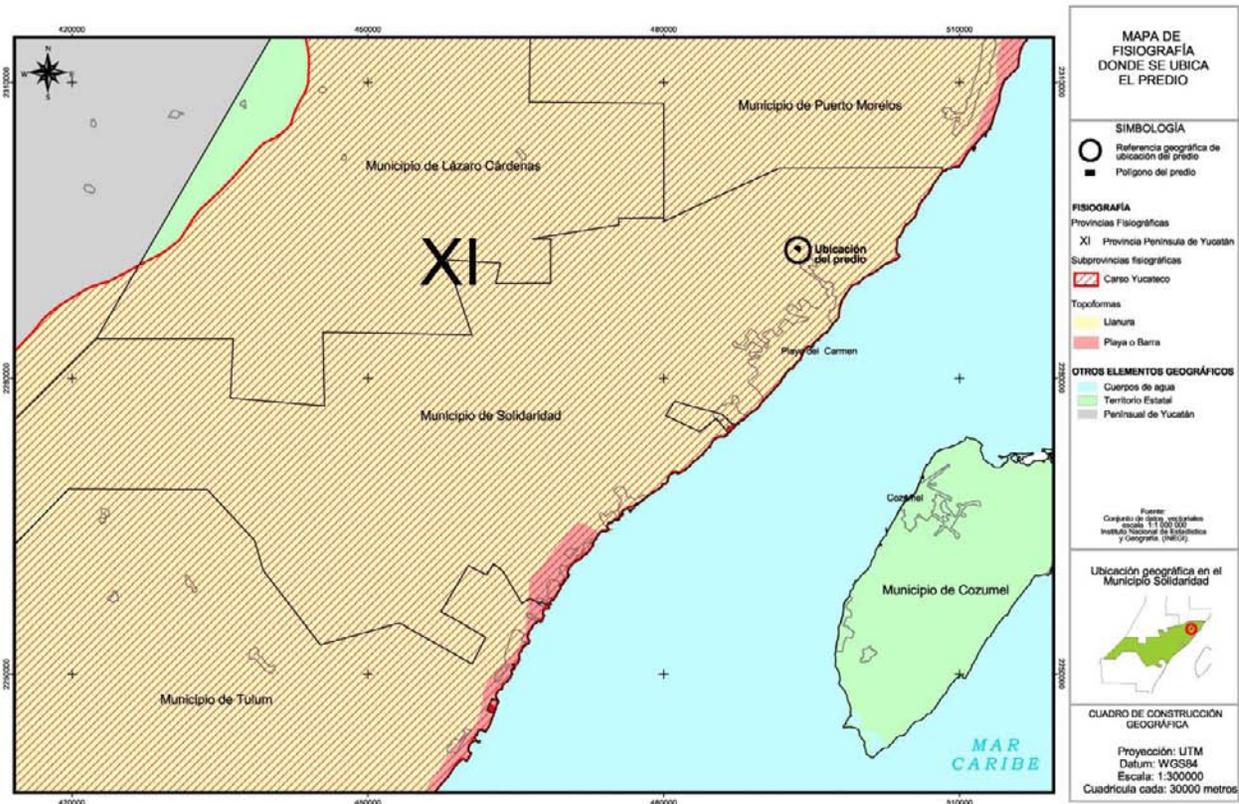
INTEMPERISMOS SEVEROS

Estos fenómenos atmosféricos se generan anualmente, entre los meses de Junio a Noviembre (temporada de huracanes) y arrastran consigo grandes volúmenes de humedad, misma que se precipita por medio de ráfagas y fuertes precipitaciones. La formación de estas perturbaciones atmosféricas sucede en una de las dos matrices registradas en la región. La primera se localiza en el Mar Caribe, frente a las costas de Venezuela y Trinidad, cuyos fenómenos se desplazan hacia el noroeste sobre el Mar Caribe, atravesando América Central y las Antillas Menores, dirigiéndose finalmente hacia el norte hasta las costas de Florida, Estados Unidos de Norteamérica, afectando a su paso las costas del estado de Quintana Roo. La segunda, comprende desde el frente de las Antillas Menores en el Caribe oriental hasta el océano Atlántico tropical, por el área de Cabo Verde frente a las costas del continente Africano.

Los fenómenos originados aquí tienen un rumbo general hacia el oeste, cruzando entre las Islas de la Antillas de sotavento y barlovento, para encausarse hacia la Península de Yucatán, y luego continuar al Golfo de México, afectando los estados de Veracruz y Tamaulipas en México, así como Texas y Florida en los Estados Unidos de Norteamérica. Estos fenómenos naturales pueden evolucionar hasta tres etapas (depresión tropical, tormenta tropical y huracán) de acuerdo a la velocidad del viento que logren alcanzar. Para el estado de Quintana Roo, en los últimos 20 años (1991- 2012) se tienen un registro del impacto de 8 huracanes, 4 tormentas tropicales y 4 depresiones tropicales, entre los huracanes que han afectado al estado podemos citar a Wilma huracán categoría 4 en Octubre del 2005 y a Dean huracán categoría 5 en Julio del 2007.

FISIOGRAFÍA

Desde el punto de vista fisiográfico la Cuenca Quintana Roo forma parte de la provincia fisiográfica conocida como Península de Yucatán, la cual a su vez se divide en tres subprovincias: 63 Carso y Lomeríos de Campeche, 62 Carso Yucateco y 64 Costa Baja de Quintana Roo (INEGI, 2002). La superficie de la cuenca se encuentra ubicada en su mayor parte dentro de la subprovincia fisiográfica 62 Carso Yucateco, y en una mínima superficie dentro de la subprovincia 63 Carso y Lomeríos de Campeche, como se puede observar en los planos siguientes.



Ubicación la cuenca Quintana Roo dentro de la carta de fisiografía.

En la provincia Península de Yucatán, el terreno es predominantemente plano. Su altitud promedio es menor a 50 m sobre el nivel del mar y sólo en el centro-sur pueden encontrarse elevaciones hasta de 350 metros. Es una gran plataforma de rocas calcáreas marinas y es la provincia más joven de México. Por su parte, la subprovincia fisiográfica denominada 62 Carso Yucateco está formada en una losa calcárea cuya topografía se caracteriza por la presencia de carsticidad, ligera pendiente descendente hacia el Oriente y hacia el Norte hasta el nivel del mar; con un relieve ondulado en el que se alternan crestas y depresiones; con elevaciones máximas de 22 m en su parte Suroeste.

Dada la solubilidad de las rocas, son frecuentes las dolinas y depresiones en donde se acumulan arcillas de descalcificación. En términos generales muestra una superficie rocosa con ligeras ondulaciones y carece en casi toda su extensión de un sistema de drenaje superficial.

En cuanto a la subprovincia fisiográfica 63 Carso y Lomeríos de Campeche, está representada por 2 tipos de tofoforma: llanura y lomeríos, de las cuales se tienen las siguientes asociaciones, llanura lacustre con lomeríos, lomeríos bajos con llanuras, lomeríos altos, lomeríos bajos con hondonadas, y una pequeña zona en la parte Noreste de la provincia de sierra baja. Cabe señalar que la microcuenca donde se localiza el proyecto se ubica dentro de la subprovincia fisiográfica Carso Yucateco.

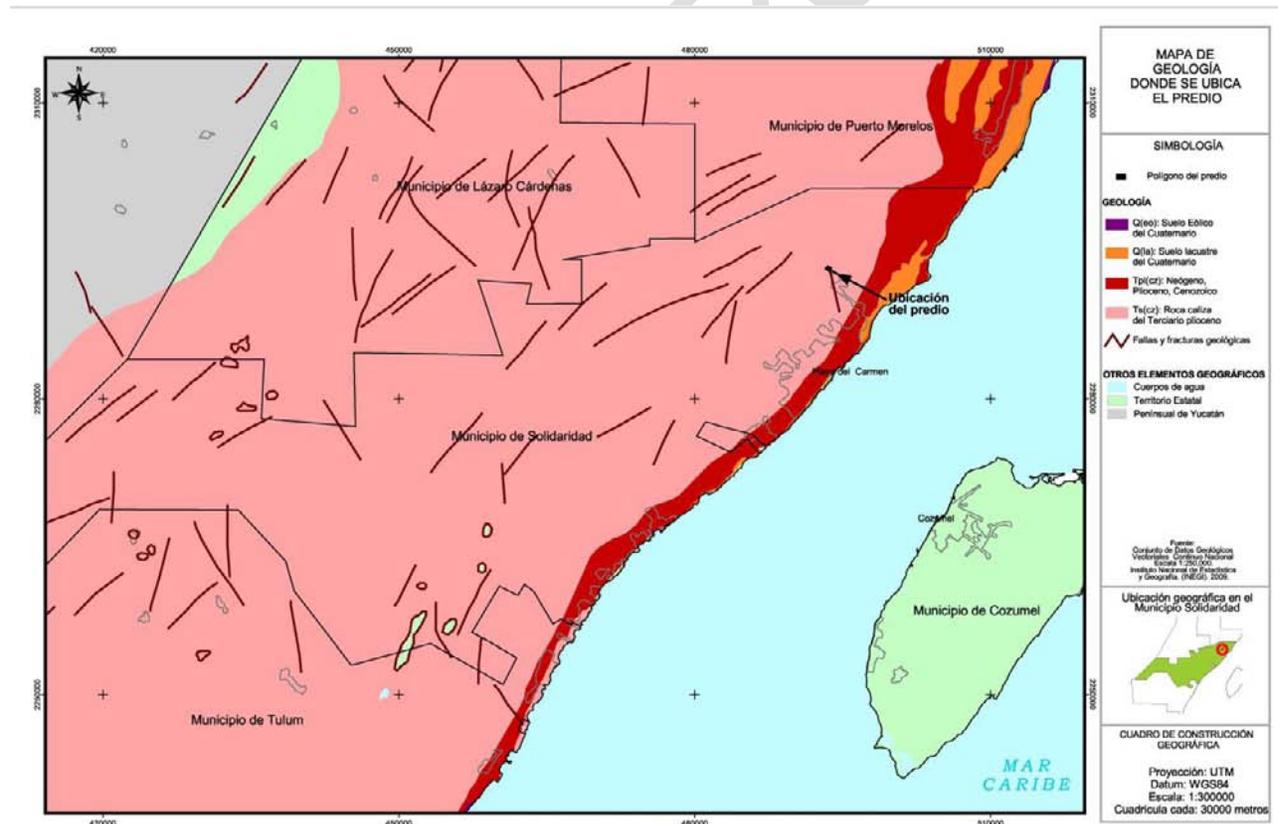
GEOLOGÍA

En la Cuenca Quintana Roo se presentan 4 tipos geológicos: Ts; Te; Q y Tpl (ver plano página siguiente).

La Cuenca Quintana Roo se ubica dentro de una estructura geológica que corresponde a una plataforma, o sea un conjunto de capas de rocas sedimentarias, con un grosor de más de 3,500 metros que descansan sobre un basamento paleozoico. La base del paquete sedimentario es de rocas jurásicas y por encima de éstas se encuentran las de edad cretácica, mismas que constituyen la mayor parte de la estructura profunda, donde domina una formación conocida como Evaporizas Yucatán: las rocas paleogénicas se encuentran en todo el subsuelo y consisten en calizas, areniscas y evaporitas del Paleoceno y Eoceno.

La constitución geológica es en su totalidad de rocas sedimentarias marinas-calizas y derivadas de éstas; las edades abarcan del Paleoceno al Cuaternario. Las calizas de la superficie se encuentran formando una coraza calcárea o reblandecida. En ambos casos se trata del intemperismo químico que las ha modificado en un grosor de varios metros. La coraza calcárea es de extrema dureza y constituye la superficie del relieve en amplios territorios; es conocida con los nombres de laja o chaltún.

Las calizas blandas tienen el nombre maya de sascab (deformación de “tierra blanca” en maya), que se considera un rasgo fisiográfico característico del relieve en la Península y representa una transición de la evolución de la roca dura original, al reblandecimiento y posteriormente se transforma en la coraza calcárea; además favorece el desarrollo de las formas cársticas subterráneas. En particular la plataforma sobre la que descansa la cuenca, presenta un sustrato geológico altamente permeable, que evita la existencia de corrientes de agua superficiales y favorece la existencia de acuíferos subterráneos tanto dinámicos como estáticos.



Ubicación la cuenca Quintana Roo dentro de la carta geológica.

EDAFOLOGÍA

Dentro de la Cuenca Quintana Roo se identificaron 13 tipos edáficos: E+I/2/L; Lc+Vp/3/L; Lc+Vp+I/3/L; I+E+Lc/2; I+E/2; I+E+Zo/2; E+Lc+I/2/L; I+Lc/2, I+Lc+E/2; Lc+I+E/3/L; I+Lc+E/3; Gv+E+I/3/L; y Zo+Rc/1/n. (ver plano).

La descripción de los grupos edáficos identificados en la Cuenca Quintana Roo, va de lo general a lo particular, considerando que cada uno se encuentra compuesto por dos o más unidades o subunidades de suelo, cuya mezcla provee de características particular para cada grupo (Fuente: INEGI, Banco de Información sobre Perfiles de Suelo, versión 1.0).

Unidades y subunidades de suelo identificadas en la Cuenca

Unidad Rendzina (símbolo: E), del polaco rzedzic: ruido; connotativo de suelos someros que producen ruido con el arado por su pedregosidad. Son suelos con menos de 50 cm de espesor que están encima de rocas duras ricas en cal. La capa superficial es algo gruesa, oscura y rica en materia orgánica, y nutrientes. Se caracterizan por tener una capa superficial abundante en materia orgánica y muy fértil que descansa sobre roca caliza o materiales ricos en cal. Generalmente las rendzinas son suelos arcillosos y poco profundos (por debajo de los 25 cm) pero llegan a soportar vegetación de selva alta perennifolia. Si se desmontan se pueden usar en la ganadería con rendimientos bajos a moderados pero con gran peligro de erosión en laderas y lomas. El uso forestal de estos suelos depende de la vegetación que presenten. Son moderadamente susceptibles a la erosión y no tienen subunidades.

Unidad Litosol (símbolo: I), del griego lithos: piedra; literalmente, suelo de piedra. Son suelos muy delgados, su espesor es menor a 10 cm, y descansa sobre un estrato duro y continuo, tal como roca, tepetate o caliche. Son los suelos más abundantes del país pues ocupan 22 de cada 100 hectáreas de suelo. Se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. En bosques y selvas su uso es forestal; cuando hay matorrales o pastizales se puede llevar a cabo un pastoreo más o menos limitado y en algunos casos se destinan a la agricultura, en especial al cultivo de maíz o el nopal, condicionado a la presencia de suficiente agua. No tiene subunidades.

Unidad Luvisol (símbolo: L), del latín luvi, luo: lavar; literalmente, suelo con acumulación de arcilla. Son suelos con mucha arcilla acumulada en el subsuelo. La vegetación es generalmente de bosque o selva y se caracterizan por tener un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo. Son frecuentemente rojos o amarillentos, aunque también presentan tonos pardos, que no llegan a ser oscuros. Se diferencian de los Acrisoles en que son más fértiles en general. Para el caso de la cuenca se identificó la subunidad Luvisol crómico (símbolo: Lc), del griego kromos: color. Suelos de color pardo (o rojizo, en algunas ocasiones amarillento). Son de fertilidad moderada y con alta capacidad para proporcionar nutrientes a las plantas; cuando está húmedo es de color pardo oscuro a rojo poco intenso (rojizo).

Unidad Vertisol (símbolo: V), del latín vertere, voltear; literalmente, suelo que se revuelve o que se voltea. Son suelos muy arcillosos en cualquier capa a menos de 50 cm de profundidad; en época de secas tienen grietas muy visibles a menos de 50 cm de profundidad, siempre y cuando no haya riego artificial. Estos suelos se agrietan en la superficie cuando están muy mojados. Suelos de climas templados y cálidos, especialmente de zonas con una marcada estación seca y otra lluviosa. La vegetación natural va de selvas bajas a pastizales y matorrales. Se caracterizan por su estructura masiva y su alto contenido de arcilla, la

cual es expandible en húmedo formando superficies de deslizamiento llamadas facetas y que por ser colapsables en seco pueden formar grietas en la superficie o a determinada profundidad. Tienen baja susceptibilidad a la erosión y alto riesgo de salinización. Para la cuenca se identificó la subunidad Vertisol pélico (símbolo: Vp), del griego plinthos: ladrillo. Suelos con una capa de color blanco o amarillo con manchas rojas muy notables que se endurecen si quedan expuestas permanentemente al aire; se trata de un Vertisol muy oscuro.

Unidad Gleysol (símbolo: G), del ruso gley: pantano; literalmente, suelo pantanoso. Son suelos que se encuentran en zonas donde se acumula y estanca el agua la mayor parte del año dentro de los 50 cm de profundidad. Se caracterizan por presentar, en la parte donde se saturan con agua, colores grises, azulosos overdosos, que muchas veces al secarse y exponerse al aire se manchan de rojo. Son. Para la cuenca se identificó la subunidad Gleysol vértico (símbolo: Gv), del latín yerto: voltear. Son suelos que cuando están secos presentan grietas notables en alguna parte del subsuelo. Son de fertilidad moderada a alta. Se trata de un Gleysol con subsuelo ligeramente agrietado en alguna parte de la mayoría de los años.

Solonchak (símbolo: Z). Del ruso sol: sal; literalmente suelos salinos. Se presentan en zonas donde se acumula el salitre, tales como lagunas costeras y lechos de lagos, o en las partes más bajas de los valles y llanos de las regiones secas del país. Tienen alto contenido de sales en todo o alguna parte del suelo. La vegetación típica para este tipo de suelos es el pastizal u otras plantas que toleran el exceso de sal (halófilas). Su empleo agrícola se halla limitado a cultivos resistentes a sales o donde se ha disminuido la concentración de salitre por medio del lavado del suelo. Su uso pecuario depende del tipo de pastizal pero con rendimientos bajos. Son suelos alcalinos con alto contenido de sales en alguna capa a menos de 125 cm de profundidad. Para la cuenca se identificó la subunidad Solonchak órtico (símbolo: Zo), del griego orthos: recto, derecho. Suelos que no presentan características de otras subunidades existentes en ciertos tipos de suelo. Se trata de un Solonchak con una capa superficial clara y pobre en materia orgánica, y nutrientes.

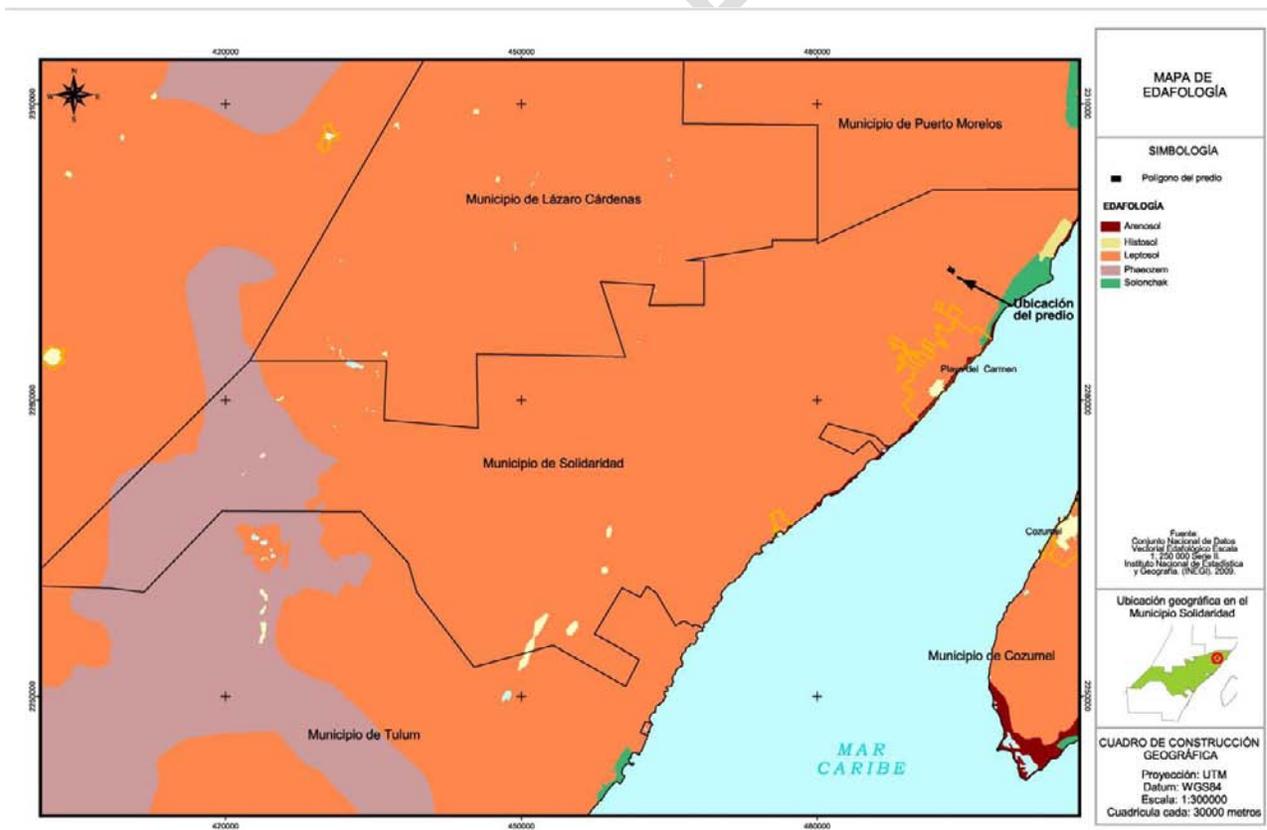
Regosoles (símbolo: R), del griego reghos: manto, cobija o capa de material suelto que cubre a la roca. Son suelos sin estructura y de textura variable, muy parecidos a la roca madre. Son suelos ubicados en muy diversos tipos de clima, vegetación y relieve. Tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí. En general son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante a la roca que les da origen. En México constituyen el segundo tipo de suelo más importante por su extensión (19.2%). Muchas veces están asociados con Litosoles y con afloramientos de roca o tepetate. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad. Para la cuenca se identificó la subunidad Regosol calcárico (símbolo: Rc), del latín calcareum: calcáreo. Suelos ricos en cal y nutrientes para las plantas. Se trata de un tipo de regosol con algo de cal a menos de 50 cm de profundidad.

Clase textural de los tipos de suelo identificados en la Cuenca

La clase textural indica el tamaño general de las partículas que forman el suelo y que en la carta aparecen con números. El número 1 representa los suelos arenosos de textura gruesa (con más de 65% de arena), con menor capacidad de retención de agua y nutrientes para las plantas. El número 2 se refiere a suelos de textura media, comúnmente llamados francos, equilibrados generalmente en el contenido de arena, arcilla y limo. El número 3 representa suelos arcillosos de textura fina (con más de 35% de arcilla) que tienen mal drenaje, escasa porosidad, son por lo general duros al secarse, se inundan fácilmente y son menos favorables al laboreo

La clasificación de los suelos identificados en la cuenca, se muestra a continuación en la siguiente tabla.

Clasificación	Descripción
E+I/2/L	Rendzina como suelo predominante más Litosol como suelo secundario; con clase textural media.
I+E/2	Litosol como suelo predominante mas Rendzina como suelo secundario; con clase textural media.
Lc+Vp/3/L	Luvisol crómico como suelo predominante mas Vertisol pélico como suelo secundario; con clase textural fina.
Lc+Vp+I/3/L	Luvisol crómico como suelo predominante mas Vertisol pélico como suelo secundario, y Litosol como suelo terciario; con clase textural fina.
Gv+E+I/3/L	Gleysol vértico como suelo predominante mas Rendzina como suelo secundario, y Litosol como suelo terciario; con clase textural fina
Zo+Rc/1/n	Solonchak órtico como suelo predominante mas Regosol calcárico como suelo secundario; con clase textural gruesa.
I+Rc+E/2	Litosol como suelo predominante mas Regosol calcárico como suelo secundario, y Rendzina como suelo terciario; con clase textural media.
I+E+Zo/2	Litosol como suelo predominante mas Rendzina como suelo secundario, y Solonchak como suelo terciario; con clase textural media.
I+Lc+E/2	Litosol como suelo predominante mas Luvisol crómico como suelo secundario, y Rendzina como suelo terciario; con clase textural media.
Lc+I+E/3/L	Luvisol crómico como suelo predominante mas Litosol como suelo secundario, y Rendzina como suelo terciario; con clase textural fina
I+Lc+E/3	Litosol como suelo predominante mas Luvisol crómico como suelo secundario, y Rendzina como suelo terciario; con clase textural fina.
I+Lc/2	Litosol como suelo predominante mas Luvisol crómico como suelo secundario; con clase textural media.
E+I+Lc/2/L	Rendzina como suelo predominante mas Litosol como suelo secundario; y Luvisol crómico como suelo terciario; con clase textural media.



Ubicación la cuenca Quintana Roo dentro de la carta edafológica

VEGETACIÓN

La mayoría de las selvas en la Cuenca Quintana Roo son del tipo mediano subperennifolio, con árboles que pierden de 25% a 50% de sus hojas durante la estación seca del año. Entre otras cualidades, estas selvas presentan una elevada resiliencia, pues son capaces de restablecerse a pesar de las perturbaciones que continuamente las han afectado y las afectan, sobre todo los huracanes. A continuación se describen de manera general los tipos de vegetación reportados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en su Guía para la Interpretación de Cartografía Uso de Suelo y Vegetación Escala 1:250,000 Serie IV, respecto a la Cuenca Quintana Roo, donde se ubica el terreno forestal de interés, así como el plano tomado como base.

Selva Alta Subperennifolia (SAQ). Se presenta en regiones climáticas cálido-húmedas, con precipitaciones de 1 100 a 1 300 mm anuales, con una época de sequía bien marcada que puede durar de tres a cuatro o incluso cinco meses. Las temperaturas son muy semejantes a las de la Selva Alta Perennifolia, aunque llegan a presentar oscilaciones de 6 a 8 °C, entre el mes más frío y el más cálido. Rango altitudinal: aproximadamente entre 200 y 900 msnm.

Especies importantes: *Swietenia macrophylla* (caoba), *Manilkara zapata* (ya', zapote, chicozapote), *Bucida buceras* (pukte'), *Brasimum alicastrum* (ox, ramón), *Bursera simaruba* (chaka', palo mulato), *Pimenta dioica* (pimienta), *Cedrela odorata* (cedro rojo), *Terminalia amazonia* (kanxa'an), *Zuelania guidonia*, *Carpodiptera ameliae*, *Tabebuia rosea*, *Alseis yucatanensis*, *Aspidosperma megalocarpon*, *A. cruentum*, *Coccoloba barbadensis*, *C. spicata* (boop), *Swartzia cubensis* (katalox), *Thouinia paucidentata* (k'anchunup), *Oenodpanax arboreus*, *Sideroxylon capiri* (tempisque), *Aphananthe monoica*, *Hernandia sonora* (palo de campana), *Alchornea latifolia*, *Cupania* spp., *Guarea glabra* (hoja blanca), *Sapranthus humilis*, *Trichilia havanensis*, *Vitex gaumeri*, *Astronium graveolens*, *Smira rhodoclada*, *Sterculia apetala*, *S. mexicana*, *Vatairea lundellii*, *Chrysophyllum mexicanum* (caimito), *Myroxylon balsamum*, *Cryosophila stauracantha* (wano kum), *Robinsonella mirandae*, *Exothea diphylla* (wayam cox), *Maclura tinctoria*, *Pseudobombax ellipticum* (amapola), *Sabal mauritiiformis* (batán), *Metopium brownei* (boxchechem), *Talisia olivaeformis* (waya), *Thrinax parviflora* (chit), *Caesalpinia gaumeri*, *Pouteria sapota* (chakalja'as), *Zuelania guidonia* (tamay), *Cedrela odorata* (k'uche'), *Lonchocarpus castilloi* (machiche'), *Trichilia minutiflora* (morgao colorado), *Protium copal* (copal o pom), *Lysiloma bahamense*, *Pouteria campechiana*, *Thrinax radiata* (ch'it), *Calophyllum brasiliense*, *Poulsenia armata*, *Acosmium panamense*, *Cryosophylla argentea* (wano kum), *Myroxylon balsamum*, *Pouteria reticulata*, *Calocarpum mamosum*, *Andira inermis*, *Simarouba glauca*, *Cedrela mexicana*, *Haematoxylon campechianum*, *Ceiba petandra*, *Cordia alliodora*, *Spondias mombin*, *Platymiscium yucatanum*, *Senna alata*, *Oalbergia glabra*, *Mimosa albida*, *Mimosa pudica*, *Paspalum virgatum*, *Paspalum notatum* y *Echinochloa crusgalli*. Entre las epífitas son comunes *Philodendron oxycardium* y *P. radiatum*; destacan herbáceas como *Gracca greenmanii*, *Canavalia mexicana*, *Bauhinia jenningsii* y los bejucos *Paullinia cururu* y *Cardiospermum corindum*.

Selva Mediana Subperennifolia (SMQ). Se desarrolla en climas cálido-húmedos y subhúmedos, Aw para las porciones más secas, Am para las más húmedas y Cw en menor proporción. Con temperaturas típicas entre 20 y 28 grados centígrados. La precipitación total anual es del orden de 1000 a 1 600 mm. Se le puede localizar entre los 0 a 1300 metros sobre el nivel medio del mar. Ocupa lugares de moderada pendiente, con drenaje superficial más rápido o bien en regiones planas pero ligeramente más secas y con drenaje rápido, como en la Península de Yucatán. El material geológico que sustenta a esta comunidad vegetal son predominantemente rocas cársticas. Sus árboles de esta comunidad, al igual que los de la selva alta perennifolia, tienen contrafuertes y por lo general poseen muchas epífitas y lianas. Los árboles tienen una altura media de 25 a 35 m, alcanzando un diámetro a la altura del pecho menor que los de la selva alta

perennifolia aún cuando se trata de las mismas especies. Es posible que esto se deba al tipo de suelo y a la profundidad. En este tipo de selva, se distinguen tres estratos arbóreos, de 4 a 12 m, de 12 a 22 m y de 22 a 35 m. Formando parte de los estratos (especialmente del bajo y del medio) se encuentran las palmas.

Especies importantes: *Lysiloma latisiliquum*, *Brosimum malicastrum* (ox, ramón, capomo), *Bursera simaruba* (chaka', palo mulato, jiote, copal), *Manilkara zapota* (ya', zapote, chicozapote), *Lysiloma* spp. (tsalam, guaje, tepeguaje), *Vitex gaumeri* (ya'axnik), *Bucida buceras* (pukte'), *Alseis yucatanensis* Ua'asché), *Carpodiptera floribunda*. En las riberas de los ríos se nota a *Pachira aquatica* (k'uyche'). Las epífitas más comunes son algunos helechos y musgos, abundantes orquídeas y bromeliáceas y aráceas

Selva Baja Perennifolia (SBP). Esta selva se desarrolla bajo la influencia de climas cálido - húmedos y subhúmedos, bajo condiciones de inundación permanente. Se le puede encontrar entre 1 400 Y 1 900 msnm. El estrato arbóreo de esta selva está constituido por individuos con altura promedio de 7 metros.

Especies importantes: *Pachira aquatica* (zapote de agua), *Annona glabra* (anona), *Chrysobalanus icaco* (icaco), *Calophyllum brasiliense* (bari), *Oreopanax xalapensis*, *Clusia salvinii*, *Myrica cerifera*, *Rapanea juergensenii*, *Alfaroa costaricensis*, *Alsophila salvinii*, *Hesdiomum mexicanum*, *Matayba oppositifolia*, *Ocotea efusa*, *Ropula montana*, *Weinmannia pinnanta*, *Ardisia* sp., *Clethra* sp., *Conostegia* sp., *Eugenia* sp., *Hediosmun* sp., *Nectandra* sp., *Rhamnus* sp., *Styrax* sp., *Matudaea trinervia*, *Clethra matudae*, *Podocarpus guatemalensis*, *Osmanthus americanus*, *Chichito olmediella*, *Betschleriana* sp. (manzana de danta), *Haematoxylon campechianum*, *Bucida buceras*, *Metopium brownei*, *Cameraria latifolia*, *Byrsonima crassifolia*, *Manilkara zapota*, *Jatropha gaumeri*, *Crhysophyllum mexicanum*, *Crescentia cujete*, *Coccoloba cozumelensis*, *Croton* sp., *Hyerbaena winzerlingii*, *Psidium sartorianum*, *Cordia dodecandra*, *Gymnopodium floribundum*, *Cassia alata*, *Acacia millenaria*, *Mimosa bahamensis*, *Bursera simaruba*, *Bucida spinosa*, *Dalbergia glabra*, *Byrsonima bucidaefolia*, *Bravaisia tubiflora*, *Erithroxylon aerolatum*, *Malpighia lundellii*, *Acoelorrhaphe wrightii*, *Lysiloma latisiliquum*, *Sebastiania adenophora*, *Gymnopodium antigonoides*, *Byrsonima crassifolia* y *Coccoloba schiedana*. Abundan gramíneas y ciperáceas tales como: *Scleria* spp. y *Eleocharis* sp. Las epífitas las constituyen *Orchidaceae* como *Encyclia alata*, *Piperaceae* como *Peperomia* sp. y bromeliáceas, así como el bejuco *Dalbergia glabra*.

Selva Baja Subperennifolia (SBO). Los climas en donde se desarrolla son cálido- húmedo y subhúmedo. Puede presentarse en condiciones climáticas similares a las de la selva alta perennifolia, la mediana subperennifolia, la mediana subcaducifolia y las sabanas. Se le encuentra en zonas bajas y planas, en terrenos con drenaje deficiente, mismos que se inundan en la época de lluvias pero se secan totalmente en invierno (temporada seca). Los suelos que soportan a esta selva son relativamente profundos, con una lámina de agua más o menos somera en época de lluvias. Esta selva está caracterizada por árboles bajos (no mayores de 5 m), generalmente con los troncos muy torcidos; la densidad de los árboles puede ser bastante grande; acusan una fuerte disminución de plantas trepadoras y epífitas; el estrato herbáceo frecuentemente no existe.

Especies importantes: *Haematoxylon campechianum* (ek', tinto, palo de tinte), *Bucida buceras* (pukte'), *Metopium brownei* (chechem), *Byrsonima bucidaefolia* (sakupaj), *Pachira acuatica* (zapote bobo, kuche'), *Cameraria latifolia*. *Talisia floresii*, *Byrsonima crassifolia*, *Crescentia alata*, *C. cujete*, *Curatella americana*, *Eugenia lundellii*, *Coccoloba cozumelensis*, *Croton reflexifolius*, *Hyperbaena winzerlingii* y *Coccoloba* spp. También la constituyen ciperáceas y gramíneas. Miranda (1958) dice que el número de bejucos, algunos de ellos de gran grosor, es frecuentemente elevado, así como el de plantas epífitas. Entre las epífitas están orquídeas y bromeliáceas como *Tillandsia* sp.

Selva Baja Caducifolia (SBC). Se desarrolla en condiciones climáticas en donde predominan los tipos cálidos subhúmedos, semisecos o subsecos. El más común es Aw, aunque también se presenta SS y Cw.

El promedio de temperaturas anuales es superior a 20 °C. Las precipitaciones anuales son de 1200 mm como máximo, teniendo como mínimo a los 600 mm con una temporada seca bien marcada, que puede durar hasta 7 u 8 meses y que es muy severa. Desde el nivel del mar hasta unos 1700 m, rara vez hasta 1900 se le encuentra a este tipo de selva, principalmente sobre laderas de cerros con suelos de buen drenaje. Esta selva presenta corta altura de sus componentes arbóreos (normalmente de 4 a 10m, muy eventualmente de hasta 15 m o un poco más). El estrato herbáceo es bastante reducido y sólo se puede apreciar después de que ha empezado claramente la época de lluvias y retoñan o germinan las especies herbáceas. Las formas de vida suculentas son frecuentes, especialmente en los géneros *Agave*, *Opuntia*, *Stenocereus* y *Cephalocereus*.

Selva Baja Subcaducifolia (SBS). En cuanto a su fisonomía, esta es muy semejante a la SBC, excepto en que los árboles dominantes conservan por más tiempo el follaje a causa de una mayor humedad edáfica. Especies importantes: *Metopium brownei* (boxchechem), *Lysiloma latisiliquum* (tsalam), *Beaucarnea ameliae* (ts'ipil), *Pseudophoenix sargentii* (kuka'), *Agave angustifolia* (ki, babki'), *Bursera simaruba* (chaka'), *Beaucarnea pliabilis*, *Nopalea gaumeri* (tsakam), *Bromelia pinguin* (ch'om), *Coccoloba* sp. (boop), *Thevetia gaumeri* (akits).

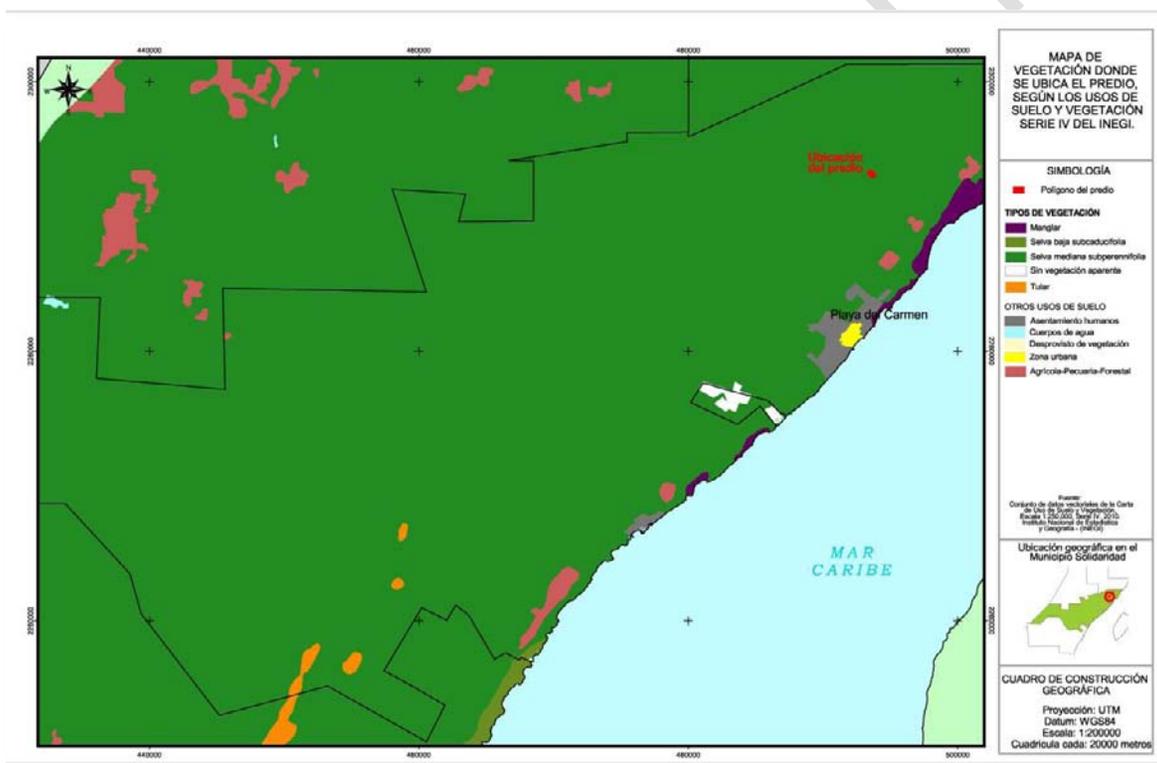
Vegetación secundaria de las selvas. Comunidades originadas por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original; en otros casos presenta un aspecto y composición florística diferente. Se desarrollan en zonas desmontadas para diferentes usos y en áreas agrícolas abandonadas. En la clasificación de estas comunidades se consideran las siguientes etapas sucesionales secundarias. ARBÓREA (*VSA): se desarrolla después de transcurridos varios años del desmonte original y por lo tanto después de las etapas herbácea y arbustiva. Según la antigüedad se pueden encontrar comunidades de árboles formadas por una sola especie o varias. ARBUSTIVA (*VSA): Fase sucesional secundaria de la vegetación con predominancia de arbustos. Puede ser sustituida o no por una fase arbórea. Con el tiempo puede o no dar lugar a una formación vegetal similar a la vegetación original. HERBÁCEA (*VSh): Primera fase sucesional secundaria de la vegetación, con predominancia de formas herbáceas. Puede ser sustituida o no por una fase arbustiva. Con el tiempo puede o no dar lugar a una formación vegetal similar a la vegetación original.

Manglar (VM). Es una comunidad densa, dominada principalmente por un grupo de especies arbóreas cuya altura es de 3 a 5 m, pudiendo alcanzar hasta los 30 m. Una característica que presenta los mangles son sus raíces en forma de zancos, cuya adaptación le permite estar en contacto directo con el agua salobre, sin ser necesariamente plantas halófitas. Se desarrolla en zonas bajas y fangosas de las costas, en lagunas, esteros y estuarios de los ríos. La composición florística que lo forman son el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle salado (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*). El uso principal desde el punto de vista forestal es la obtención de taninos para la curtiduría, la madera para la elaboración de carbón, aperos de labranza y embalses. Una característica importante que presenta la madera de mangle es la resistencia a la putrefacción. Pero quizá el uso más importante que presenta el manglar es el albergue de muchas especies de invertebrados como los moluscos y crustáceos, destacando el camarón y el ostión cuyo valor alimenticio y económico es alto.

Tular (VT). Es una comunidad de plantas acuáticas, arraigadas en el fondo, constituida por monocotiledóneas de 80 cm hasta 2.5 m de alto, de hojas largas y angostas o bien carente de ellas. Su distribución es cosmopolita, se desarrollan en lagunas y lagos de agua dulce o salada y de escasa profundidad, principalmente en la zona del altiplano. Este tipo de vegetación está constituido básicamente por plantas de tule (*Typha* spp.), y tutillo (*Scirpus* spp.), también es común encontrar los llamados carrizales de (*Phragmites communis*) y (*Arundonax*). Incluye los "seibadales" de *Cladium jamaicense* del sureste del país. En México es bien conocido por la utilización de los tallos de *Typha* y *Scirpus* en la confección artesanal

de petates, cestos, juguetes y diversos utensilios. Los carrizales también son de gran importancia para la elaboración estructural de juegos pirotécnicos y muchos objetos artesanales. En muchos sitios se conservan como refugios de aves para la actividad cinegética.

Vegetación de Dunas Costeras (VU). Comunidad vegetal que se establece a lo largo de las costas, se caracteriza por plantas pequeñas y suculentas. Las especies que la forman juegan un papel importante como pioneras y fijadoras de arena, evitando con ello que sean arrastradas por el viento y el oleaje. Algunas de la especies que se pueden encontrar son nopal (*Opuntia dillenii*), riñonina (*Ipomoea pescarpe*), alfombrilla (*Abronia maritima*), (*Croton sp.*), verdolaga (*Sesuvium portulacastrum*), etc. También se pueden encontrar algunas leñosas y gramíneas como el uvero (*Coccoloba uvifera*), pepe (*Chrysobalanos icacos*), cruceta (*Randia sp.*), espino blanco (*Acacia sp. haerocephala*), mezquite (*Prosopis juliflora*), zacate salado (*Distichlis spicata*), zacate (*Sporobolus sp.*) entre otros. La actividad principal que se desarrolla en esta comunidad es el pastoreo de ganado bovino y caprino. En algunos casos se presenta la eliminación de la vegetación de dunas para incorporar terrenos a la agricultura



Ubicación la cuenca Quintana Roo dentro de la carta de Uso de Suelo y Vegetación, Serie IV.

FAUNA

En Quintana Roo se observan cerca de la mitad de las aves de México, es refugio del emblemático jaguar y a nuestras playas arriba 50% de las especies de tortugas marinas que habitan en el mundo. Más de 30% de la superficie de Quintana Roo fue decretada área natural protegida, donde, además de las reservas de la biósfera, destacan Banco Chinchorro, el Santuario de la Tortuga Marina en Xcacel-Xcacelito y el Santuario del Manatí en la Bahía de Chetumal. Entre las especies más representativas podemos encontrar las siguientes:

Mamíferos. De acuerdo con la base de datos del Museo Nacional de Historia Natural de los Estados Unidos, basado en Kays y Wilson (2002). Las especies de mamíferos silvestres más comunes en la región Norte de la Península de Yucatán son: el ocelote (*Felis pardalis*), el leoncillo (*Herpailuris yaguarondi*), tigrillo (*Leopardis pardalis*), jaguar (*Panthera onca*), jabalina (*Pecari tayacu*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), comadreja (*Mustela frenata*), tejón (*Nasua narica*), mapache (*Procyon lotor*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y entre las principales especies nocturnas están el murciélago con sombrero (*Eumops glaucinus*), murciélago amarillo gigante (*Lasiurus intermedius*), vampiro patas peludas (*Diphylla ecaudata*), entre otras especies pequeñas y medianas comunes. Por lo que toca a las especies bajo alguna categoría dentro de la NOM-059- SEMARNAT-2010, encontramos mono araña (*Ateles geoffroyi*), saraguato negro (*Alouatta pigra*), viejo de monte (*Eira barbara*) y tapir (*Tapirus bairdii*).

Anfibios y Reptiles: Calderón (2005)¹⁴ reporta para la herpetofauna de la región: salamandra de Yucatán (*Bolitoglossa yucatanana*), sapo excavador (*Rhinophrynus dorsalis*), rana arbórea (*Phynohyas venulosa*), rana de árbol (*Triprion petasatus*), rana leopardo (*Rana berlandieri*); en relación con los anfibios Lee (2002) reporta que hay una disminución significativa de las especies de sur a Norte de la Península y especialmente al Noroeste, mientras que para las lagartijas y serpientes es intermedia en el Norte, entre las especies de reptiles están: tortuga de tres lomos (*Staurotyphlops triporcatus*), casquito (*Kinostemon creasen*), pochitoque (*Kinostemon scopioides*), tortuga monjona (*Rhynoclemys areolata*), tortuga de carolina (*Terrapene carolina*), tortuga jicotea (*Trachemys scripta*), toloquito (*Anolis cristatellus*), tolok (*Basiliscus vittatus*), merech (*Eumeces schwanzei*), cuija yucateca (*Coleonyx elegans*), iguana espinosa (*Ctenosaura similis*), iguana (*Ctenosaura defensor*), lagartija escamosa (*Sceloporus chrysostictus*), boa (*Boa constrictor*), falso coral (*Lampropeltis triangulum*), petatilla (*Drymobius margaritiferus*), chirrionera (*Masticophis mentovarius*), cascabel tropical (*Crotalus durissus*), culebra labios blancos (*Symphimus mayae*), tantilla (*Tantilla cuculator*), coralillo (*Micrurus diastema*) entre otros.

Aves; dada su importancia y para lograr obtener el mayor número de especies registradas, se optó por tomar como referencia las registradas para las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) que se encuentran dentro de la cuenca. Dichas áreas son: AICA 177. Corredor Central Vallarta-Punta Laguna (196 sp totales), AICA 174. Sierra de Ticúl-Punto Put. (274 sp totales) y AICA 187. Yumbalam. (386 sp totales).

A continuación se presentan las especies listadas bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 para dichas AICAS.

ESPECIE	ESTACIONALIDAD	CATEGORÍA NOM-059
AICA 177. Corredor Central Vallarta-Punta Laguna		
<i>Mycteria americana</i>	Residente	A
<i>Aramus guarauna</i>	Residente	A
<i>Anas americana</i>	Residente de invierno	Pr
<i>Aythya affinis</i>	Residente de invierno	Pr
<i>Rostrhamus sociabilis</i>	Residente de invierno	A
<i>Buteo nitidus</i>	Residente	Pr
<i>Buteo magnirostris</i>	Residente	Pr
<i>Crax rubra</i>	Residente	P
<i>Meleagris ocellata</i>	Residente	A
<i>Glaucidium brasilianum</i>	Residente	A
<i>Ciccaba virgata</i>	Residente	A
<i>Ciccaba nigrolineata</i>	Residente	A
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	Residente	A
<i>Dendrocincla anabatina</i>	Residente	A
<i>Wilsonia citrina</i>	Residente de invierno	A
<i>Icterus cucullatus</i>	Residente	A

ESPECIE	ESTACIONALIDAD	CATEGORÍA NOM-059
<i>Icterus auratus</i>	Residente	A
	AICA 174. Sierra de Ticúl-Punto Put	
<i>Sarcoramphus papa</i>	Residente	P
<i>Circus cyaneus</i>	Residente de invierno	A
<i>Accipiter striatus</i>	Residente de invierno	A
<i>Buteo nitidus</i>	Residente	Pr
<i>Buteo magnirostris</i>	Residente	Pr
<i>Spizaetus tyrannus</i>	Residente	A
<i>Spizaetus ornatus</i>	Residente	P
<i>Falco rufigularis</i>	Residente	A
<i>Penelope purpurascens</i>	Residente	Pr
<i>Crax rubra</i>	Residente	A
<i>Dactylortyx thoracicus</i>	Residente	A
<i>Amazona xantholora</i>	Residente	A
<i>Glaucidium brasilianum</i>	Residente	A
<i>Ciccaba virgata</i>	Residente	A
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	Residente	A
<i>Onychorhynchus mexicanus</i>	Residente	A
<i>Wilsonia citrina</i>	Residente de invierno	A
<i>Icterus cucullatus</i>	Residente	A
<i>Icterus auratus</i>	Nd	A
	AICA 187. Yum-balam	
<i>Egretta rufescens</i>	Residente	A
<i>Jabiru mycteria</i>	Residente	P
<i>Mycteria americana</i>	Residente	A
<i>Cairina moschata</i>	Residente	P
<i>Rallus longirostris</i>	Residente	P
<i>Aramus guarauna</i>	Residente	A
<i>Charadrius melodus</i>	Residente de invierno	A
<i>Anas acuta</i>	Residente de invierno	Pr
<i>Anas discors</i>	Residente de invierno	Pr
<i>Aythya affinis</i>	Residente de invierno	Pr
<i>Oxyura dominica</i>	Nd	A
<i>Cathartes burrovianus</i>	Residente	A
<i>Sarcoramphus papa</i>	Residente	P
<i>Rostrhamus sociabilis</i>	Residente de invierno	A
<i>Circus cyaneus</i>	Residente de invierno	A
<i>Accipiter striatus</i>	Residente de invierno	A
<i>Accipiter cooperii</i>	Residente	A
<i>Geranospiza caerulescens</i>	Residente	A
<i>Buteogallus anthracinus</i>	Residente	A
<i>Buteogallus urubitinga</i>	Residente	A
<i>Buteo nitidus</i>	Residente	Pr
<i>Buteo magnirostris</i>	Residente	Pr
<i>Buteo albicaudatus</i>	Residente	Pr
<i>Buteo jamaicensis</i>	Residente de invierno	Pr
<i>Spizastur melanoleucus</i>	Residente	P
<i>Spizaetus tyrannus</i>	Residente	A
<i>Spizaetus ornatus</i>	Residente	P
<i>Falco columbarius</i>	Residente de invierno	A
<i>Falco rufigularis</i>	Residente	A
<i>Falco peregrinus</i>	Residente de invierno	A
<i>Penelope purpurascens</i>	Residente	Pr
<i>Crax rubra</i>	Residente	P
<i>Dactylortyx thoracicus</i>	Residente	A
<i>Sterna antillarum</i>	Residente	P
<i>Columba leucocephala</i>	Residente	A
<i>Celeus castaneus</i>	Residente	A
<i>Xenops minutus</i>	Residente	A
<i>Amazona xantholora</i>	Residente	A
<i>Bubo virginianus</i>	Residente	A
<i>Speotyto cunicularia</i>	Residente de verano	A

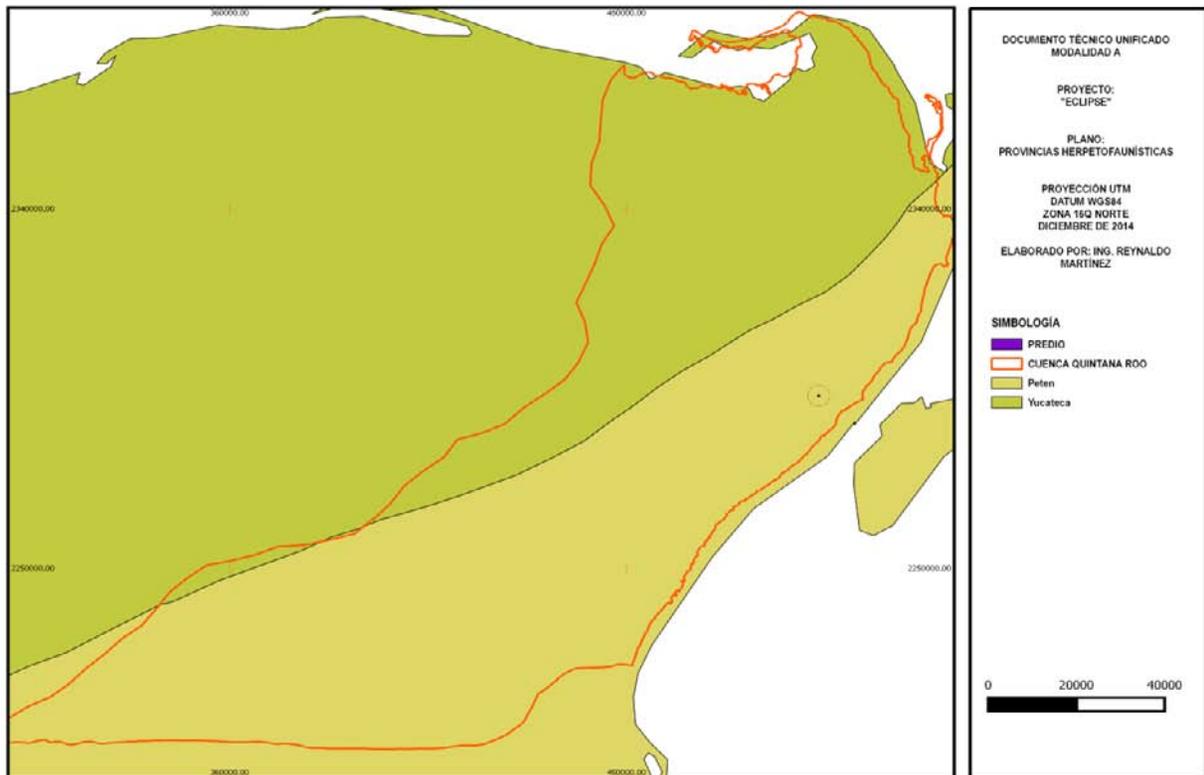
ESPECIE	ESTACIONALIDAD	CATEGORÍA NOM-059
<i>Ciccaba virgata</i>	Residente	A
<i>Ciccaba nigrolineata</i>	Residente	A
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	Residente	A
<i>Dendrocincla anabatina</i>	Residente	A
<i>Limnothlypis swainsonii</i>	Residente de invierno	P
<i>Wilsonia citrina</i>	Residente de invierno	A
<i>Icterus cucullatus</i>	Residente	A
<i>Icterus auratus</i>	Residente	A

Nota: A: amenazada, Pr: protección especial, P: en peligro.

Reptiles

Según Pozo C., *et al.* (2011), en el Estado de Quintana Roo y por ende en la cuenca Quintana Roo, existen aproximadamente 106 especies de reptiles. Así mismo, cabe mencionar que la Cuenca se encuentra ubicada dentro de dos provincias herpetofaunísticas denominadas: Petén y Yucateca:

La provincia Yucateca, por su ubicación, en relación con la circulación de vientos y su orografía llana, es una provincia relativamente seca; a pesar de que el aire que corre sobre ella contiene grandes cantidades de humedad, no produce nubes ni precipitación en la misma proporción, sino hasta elevarse en tierras de relieve más complejo, en Chiapas. Su extremo noroeste muestra una pequeña franja costera con clima semiárido, aunque la mayor parte del área tiene un clima tropical subhúmedo (95%). Por eso, la vegetación predominante en su mayoría está compuesta por selvas bajas caducifolias (85%). Entre las especies endémicas de la provincia Yucateca se encuentran *Encyclia nematocaulon* (orquídea), *Sceloporus cozumelae* (lagartija), *Peromyscus yucatanicus yucatanicus* (ratón). Por su parte, la provincia del Petén, se ubica hacia el sureste de la Península de Yucatán, donde hay mayor cantidad de lluvias, lo que permite que la vegetación dominante esté constituida por selvas altas perennifolias (72%) y en menor grado por selvas espinosas (13%). Esta provincia se extiende hasta el Petén de Guatemala y Belice, limitado por la Sierra de los Cuchumatanes hasta la Bahía de Amatique. En su extremo occidental, el Río Candelaria marca el límite de la distribución de muchos grupos de esta provincia, aunque en algunos sistemas incluye gran parte de la porción sur de la costa del Golfo de México, a partir de los pantanos de Centla, o el Usumacinta, en Tabasco. *Peromyscus yucatanicus badius* es un ratón típico del Petén. Cabe señalar que la microcuenca propuesta para el proyecto se encuentra comprendida en su totalidad dentro de ésta provincia (ver plano siguiente).



Ubicación la cuenca Quintana Roo dentro de la carta de provincias herpetofaunísticas

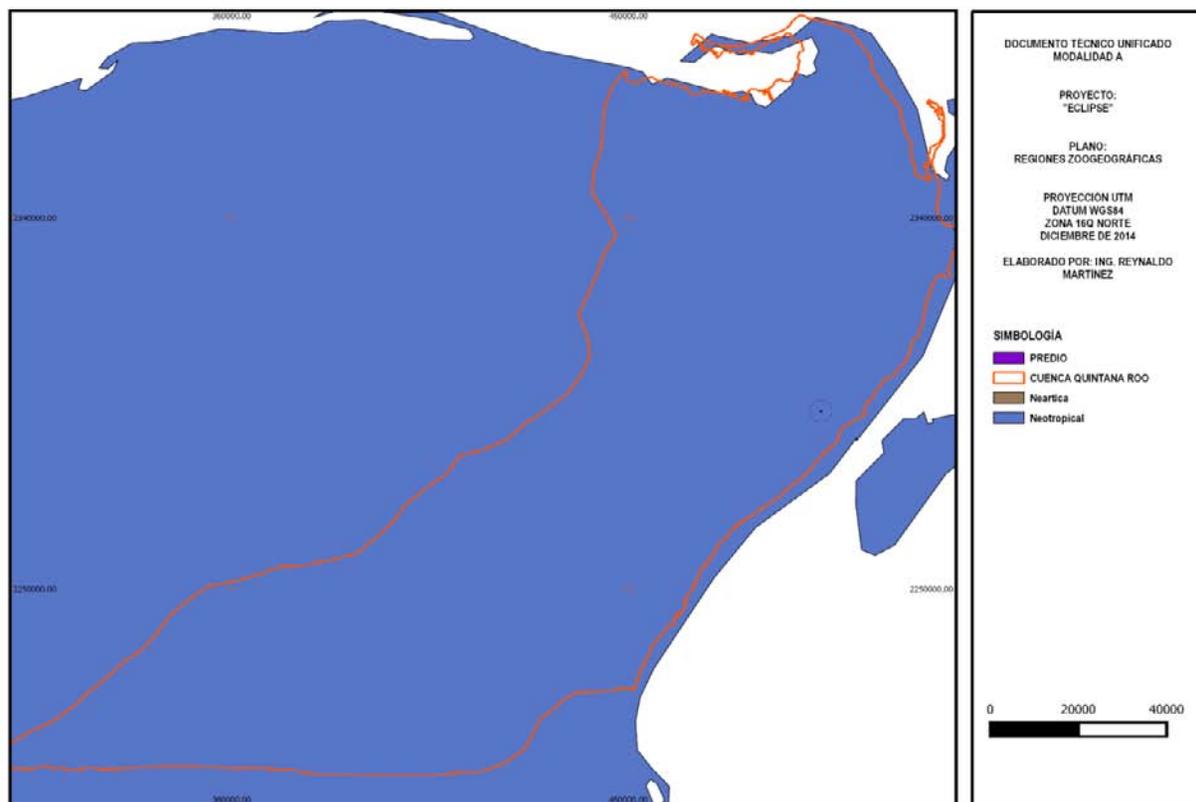
Regiones zoogeográficas

La ubicación de la República Mexicana, está dividida por dos regiones Zoogeográficas, la región Neártica y la Neotropical, lo que permite que en conjunto tenga una fauna muy diversa, con afinidad a ambas regiones. Sin embargo, no existe una división tajante en la fauna de una u otra región, ya que la efectividad de dispersarse depende de la adaptación y poder de desplazamiento de los animales, además, de que varía según el tiempo y las circunstancias. Lo anterior señalado provoca que en ambas regiones puedan encontrarse especies típicas de una u otra región. A esta área de confluencia de las regiones es llamada zona de transición mexicana.

La fauna se distribuye atendiendo a los tipos de hábitat, ya que la interrelación que ésta tiene con la flora es muy estrecha debido a condiciones físicas. Por lo que algunas especies son características de la región Neártica como: el *Oso negro* (*Ursus americanus*), *lince* (*Lynx sp.*), *venado* (*Odocoileus virginianus*), *Correcaminos* (*Geococcyx sp.*) y *falso camaleón* (*Ptychosoma sp.*) y de la región Neotropical, *Jaguar* (*Panthera onca*), *vampiro* (*Desmodus rotundus*), *armadillo* (*Dasyurus novenicintus*), *tlacuache o zarigüeya* (*Didelphis virginianus*).

Cabe destacar que la cuenca Quintana Roo se ubica dentro de la región Faunística Neotropical (ver plano siguiente), la cual se extiende desde el límite norte de Patagonia, pasando por los Andes, las cuencas del Amazonas y el Orinoco, el Caribe y Mesoamérica. Sin embargo, muchos grupos típicamente neotropicales tienen una distribución que se extiende hasta el suroeste de EUA y sur de Florida. Entre los grupos predominantes están los mezquites (*Prosopis*, género pantropical con especies de tres secciones estrictamente americanas), cuya distribución se extiende ampliamente en todo el medio árido, subhúmedo y húmedo del Neotrópico, desde el norte de Argentina hasta Arizona; los cuajotes y copales (*Bursera*), que

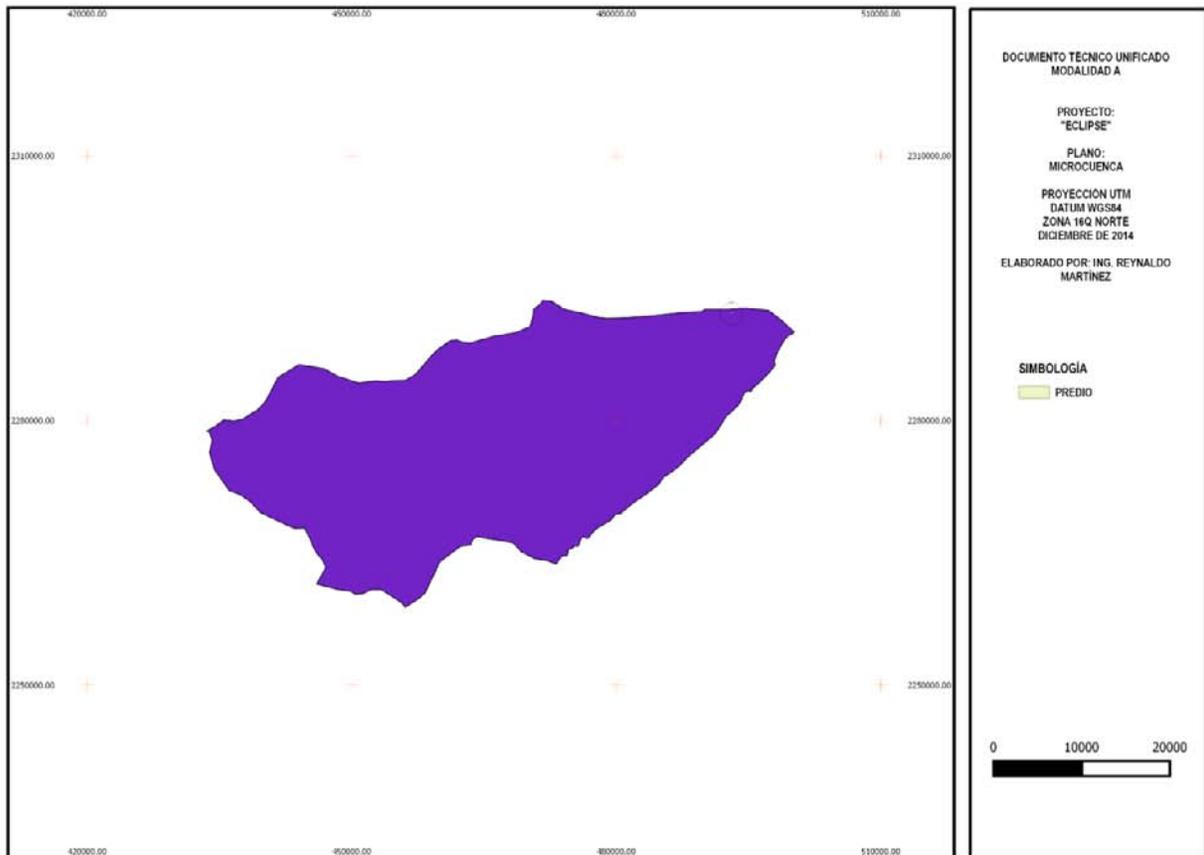
se distribuyen alrededor de todo el Caribe y por la vertiente del Pacífico desde Baja California y suroeste de EUA hasta el Golfo de Guayaquil en Ecuador, y los pochotes (Ceiba).



Ubicación la cuenca Quintana Roo dentro de la carta de regiones zoogeográficas.

DESCRIPCIÓN DE ASPECTOS FÍSICOS Y BIÓTICOS A MENOR ESCALA (MICROCUENCA)

Si bien las características físicas se comportan a de manera semejante a lo largo de la superficie que ocupa la Cuenca de Quintana Roo, específicamente en la región de ésta donde se localiza el predio de pretendida ubicación del proyecto, resultaría poco práctico describir dichas características a una escala menor; lo anterior, considerando que la información se duplicaría debido a la homogeneidad física de la región y a la escasas de datos oficiales que se encuentran publicados a la fecha en relación a las microcuencas. Por lo que toca a los aspectos bióticos, éstos se comportan de manera distinta, pues si bien es cierto que se pensaría que su distribución debiera ser relativamente homogénea dentro gran parte de la cuenca y los ecosistemas, lo anterior no sucede en la realidad debido a que los organismos responden ante las diversas presiones ambientales y antrópicas. En este sentido, y considerando que las características florísticas y faunísticas citadas en apartados anteriores consisten en su mayoría en datos crudos que difícilmente podrían ser analizados respecto a la superficie del predio de interés en virtud de la gran diferencia que existe entre ambas superficies (Cuenca de Quintana Roo vs predio), se advierte la necesidad de contar con un panorama más preciso de las características bióticas en una escala menor; a fin de que los datos obtenidos permitan ser analizados respecto a la superficie de CUSTF. Bajo este supuesto, y con el propósito de usar otra unidad de análisis más específica, se optó por delimitar un sistema ambiental acorde a la superficie del predio y que corresponde a una superficie de 127,534.38 ha (ver imagen siguiente), cuyas características bióticas se describen a continuación.



Microcuenca definida para el proyecto.

Vegetación

A nivel de la microcuenca se identifican cuatro tipos de vegetación (SMQ; VSA/SMQ; Tular y Manglar) así como usos de suelo destinados a asentamientos humanos, zona urbana y agrícola-pecuario-forestal (ver plano siguiente). Las características y superficies de los tipos de vegetación se presentan a continuación:

Selva Mediana Subperennifolia. Cubre una extensión de 123,289.76 ha en la microcuenca. Este tipo de vegetación se caracteriza porque del 25 al 50 % de sus especies pierden sus hojas durante la época seca del año. Se constituye por varios estratos entre los 7 y los 25 m. de altura, un estrato arbustivo, otro herbáceo compuesto por plántulas de las especies arbóreas, hay algunas especies de suculentas y algunas secundarias, con gran cantidad de trepadoras o epífitas (Cabrera C.E *et al*, 1982). Las especies arbóreas que generalmente dominan en esta comunidad son: *Brosimum alicastrum*, *Bursera simaruba*, *Drypetes sp.*, *Manilkara zapota*, *Metopium brownei*, *Nectandra coriacea*, *Psidium sartorianum*, *Talisia olivaeformis*, *Vitex gaumeri*, *Thrinax radiata*, entre otras. Registros sobre la flora que circunda a la zona arqueológica de Coba, hacen mención de algunas otras especies sobresalientes, como son la ceiba (*Bombax ceiba*), el balché (*Lonchocarpus longistylus*), el palo de corcho (*Anona glabra*), entre otras (INAH, 1983).

Por lo que toca a la vegetación secundaria (equivalentes al 41% de la superficie que ocupa la SMQ), se refiere a todas aquellas comunidades originadas por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original; en otros casos presenta un aspecto y composición florística diferente. Se desarrollan en zonas desmontadas para diferentes usos y en áreas agrícolas abandonadas. En la clasificación de estas comunidades se consideran 3 etapas sucesionales, sin embargo dentro del área de estudio sólo se identifica la sucesión secundaria ARBÓREA (*VSA) misma que se

desarrolla después de transcurridos varios años del desmonte original y por lo tanto después de las etapas herbácea y arbustiva. Al respecto, con el tiempo puede o no dar lugar a una formación vegetal similar a la vegetación original.

Manglar: Cubre 865.236 ha de la superficie vegetal de la microcuenca. Es una comunidad densa, dominada principalmente por un grupo de especies arbóreas cuya altura es de 3 a 5 m, pudiendo alcanzar hasta los 30 m. Una característica que presenta los mangles son sus raíces en forma de zancos, cuya adaptación le permite estar en contacto directo con el agua salobre, sin ser necesariamente plantas halófitas. Se desarrolla en zonas bajas y fangosas de las costas, en lagunas, esteros y estuarios de los ríos. La composición florística que lo forman son el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle salado (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*). El uso principal desde el punto de vista forestal es la obtención de taninos para la curtiduría, la madera para la elaboración de carbón, aperos de labranza y embalses. Una característica importante que presenta la madera de mangle es la resistencia a la putrefacción. Pero quizá el uso más importante que presenta el manglar es el albergue de muchas especies de invertebrados como los moluscos y crustáceos cuyo valor alimenticio y económico es alto.

Tular: Comprende 129.89 ha de la cobertura vegetal de la microcuenca y se caracteriza por ser una comunidad de plantas acuáticas, arraigadas en el fondo, constituida por monocotiledóneas de 80 cm hasta 2.5 m de alto, de hojas largas y angostas o bien carente de ellas. Su distribución es cosmopolita, se desarrollan en lagunas y lagos de agua dulce o salada y de escasa profundidad, principalmente en la zona del altiplano. Este tipo de vegetación está constituido básicamente por plantas de tule (*Typha* spp.), y tutillo (*Scirpus* pp.), también es común encontrar los llamados carrizales de (*Phragmites communis*) y (*Arundonax*).

Fauna

Si bien no existe una caracterización faunística para la microcuenca de estudio, la diversidad faunística es similar a la descrita para la cuenca en donde ésta se ubica; no obstante lo anterior en apartados posteriores se describirá el estudio realizado para obtener datos faunísticos más precisos en relación al predio de estudio.

Metodología y memorias de cálculo para determinar parámetros e índices de diversidad de la flora y fauna en un ecosistema similar por afectar dentro de la microcuenca

Flora

Para poder estimar el índice de diversidad de la flora en un predio testigo dentro de la Microcuenca definida para este estudio, nos basamos en la zonificación de uso de suelo propuesta en el Programa de Desarrollo Urbano del centro de población Playa del Carmen (PDUPC), publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo, el 20 de diciembre del 2010. De acuerdo con dicho instrumento normativo, dentro del centro de población de Playa del Carmen, se tiene destinada una superficie de 911,459 hectáreas como áreas de preservación ecológica con clave PE/rs (protección de cauces de ríos subterráneos), lo que garantiza que conservará su vegetación natural, y por lo tanto de se mantendrá dentro de la microcuenca como un ecosistema similar al que será afectado con el cambio de uso de suelo.

Para poder sustentar la información presentada, se utilizó el plano E_14 Zonificación secundaria, usos y destinos de suelo contenido en el PDUPC, sobrepuesta en la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI (serie IV, escala 1:250,000). Cabe aclarar que con fines prácticos y metodológicos, se seleccionó sólo uno de los polígonos bajo el uso de suelo PE/rs; mismo que presentan una vegetación de Selva mediana

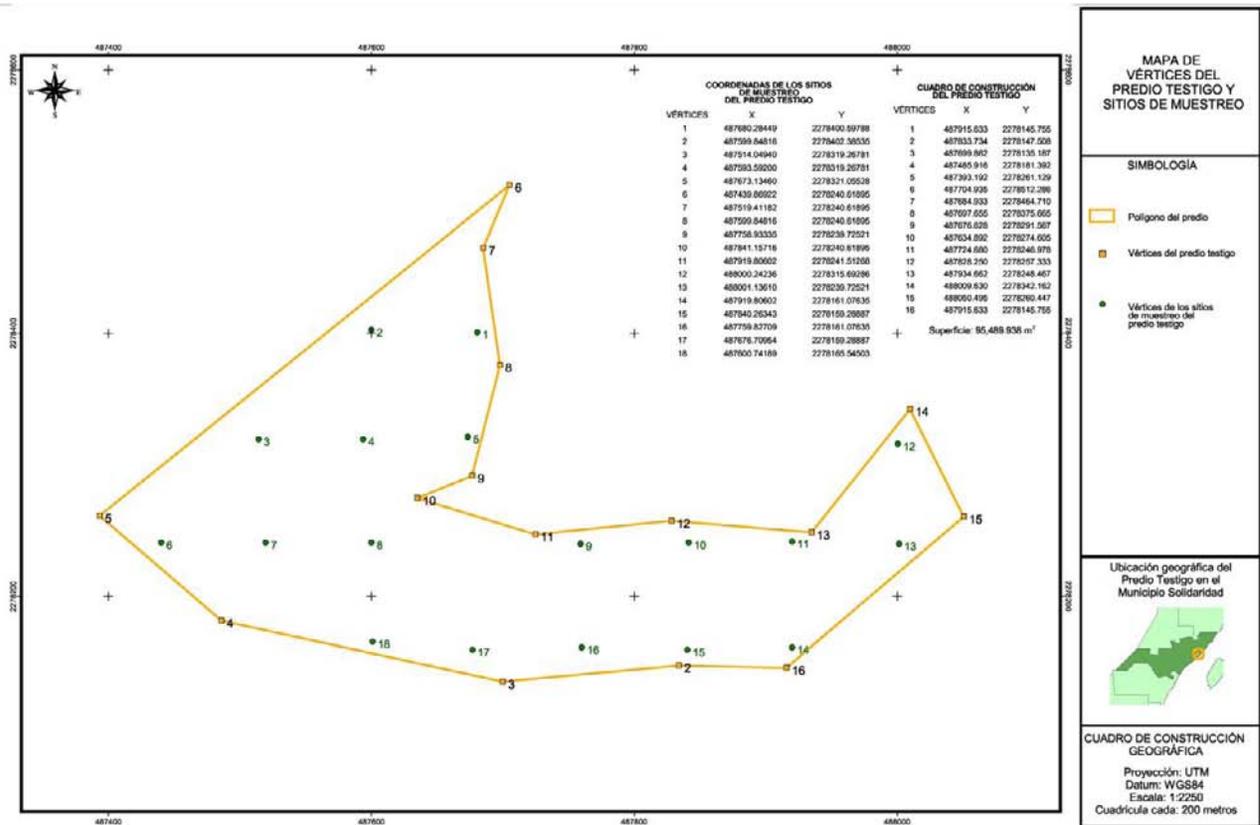
subperennifolia (ecosistema similar al que será afectado). Dicho polígono presenta una superficie de 9.55 hectáreas (ver planos siguiente), cuyos vértices se citan en la siguiente tabla:

COORDENADAS UTM		
SITIO	X	Y
1	487915.6329	2278145.7546
2	488050.4948	2278260.4469
3	488009.6303	2278342.1622
4	487934.6620	2278248.4672
5	487828.2498	2278257.3335
6	487724.6801	2278246.9782
7	487634.8916	2278274.6054
8	487676.6276	2278291.5672
9	487697.6554	2278375.6645
10	487684.9325	2278464.7101
11	487704.9345	2278512.2856
12	487393.1918	2278261.1287
13	487485.9157	2278181.3919
14	487699.8622	2278135.1874
15	487833.7340	2278147.5076
16	487915.6329	2278145.7546

» Metodología del inventario

El método de muestreo utilizado para el inventario forestal fue el sistemático. Se trata de un tipo de muestreo que es aplicable cuando los elementos de la población sobre la que se realiza el muestreo están ordenados. Este procedimiento de muestreo se basa en tomar muestras de una manera directa y ordenada a partir de una regla determinística, también llamada sistemática. Concretamente, a partir de una sola unidad que se selecciona en primer lugar, el resto de las unidades de la muestra vienen determinadas automáticamente al aplicarles dicha unidad una regla de selección sistemática. Para la ubicación de los sitios de muestreo se empleó una cuadrícula con coordenadas ubicadas a un intervalo de 80 m, por lo que cada punto o coordenada pasó a formar parte de un sitio de muestreo aplicando el método de selección sistemático. A continuación se presentan las coordenadas UTM de los sitios de muestreo del polígono estudiado:

SITIO	X	Y
1	487440	2278240
2	487520	2278240
3	487520	2278320
4	487600	2278160
5	487600	2278240
6	487600	2278320
7	487600	2278400
8	487680	2278160
9	487680	2278240
10	487680	2278320
11	487680	2278400
12	487760	2278160
13	487760	2278240
14	487840	2278160
15	487840	2278240
16	487920	2278160
17	487920	2278240
18	488000	2278240
19	488000	2278320



Ubicación del predio testigo de la microcuenca.

» Forma y tamaño de los sitios de muestreo

Con base en lo antes expuesto se estableció un inventario forestal al interior del polígono de estudio con el fin de estar en posibilidad de establecer la abundancia de las especies por estrato de la vegetación. En éste sentido, y considerando las dimensiones del sitio de estudio, se optó por recabar los datos de campo a través de un inventario que consistió en distribuir 19 sitios de muestreo de dimensiones fijas, consistentes en cuadrantes anidados para poder cubrir todos los estratos de la vegetación, a saber:

- ✓ -Estrato arbóreo: cuadrantes fijos de 500 m² (25 m por 20 m).
- ✓ -Estrato arbustivo: cuadrantes fijos de 100 m² (10 m por 10 m).
- ✓ -Estrato herbáceo: cuadrantes fijos de 4 m² (2 m por 2 m).

» Resultados del inventario (composición de la vegetación)

A continuación se presenta la composición florística de las especies que fueron registradas en los sitios de muestreo diferenciadas para cada estrato de la vegetación.

ESTRATO ARBÓREO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1.	Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechem
2.	Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>	Jobo
3.	Annonaceae	<i>Malmea depressa</i>	Elemuy
4.	Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akits

ESTRATO ARBÓREO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
5.	Apocynaceae	<i>Cameraria latifolia</i>	Chechen blanco
6.	Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Sakchacah
7.	Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Huano
8.	Arecaceae	<i>Trinax radiata</i>	Chit
9.	Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i>	Nacax
10.	Bombacaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>	Pochote
11.	Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba
12.	Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	Siricote
13.	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
14.	Burseraceae	<i>Protium copal</i>	Copal
15.	Canellaceae	<i>Canella winterana</i>	Canela de cuyo
16.	Caparidaceae	<i>Capparis verrucosa</i>	Naranjillo
17.	Ebenaceae	<i>Diospyros cuneata</i>	Sillil
18.	Euphorbiaceae	<i>Guettarda elliptica</i>	Ekulub o cascarillo
19.	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes licida</i>	Yayté
20.	Fabaceae	<i>Acacia cornigera</i>	Subin
21.	Fabaceae	<i>Acacia dolichostachya</i>	Tzalam verde
22.	Fabaceae	<i>Acacia glauveri</i>	Catzin
23.	Fabaceae	<i>Acacia glomerosa</i>	Sakpich
24.	Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
25.	Fabaceae	<i>Bauhinia jenningsii</i>	Tzimin
26.	Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamché
27.	Fabaceae	<i>Diphysa carthagenensis</i>	Zuzuk
28.	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cacaoché
29.	Fabaceae	<i>Lonchocarpus luteomaculatus</i>	Xu'ul
30.	Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canazin
31.	Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
32.	Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
33.	Fabaceae	<i>Swartzia cubensis</i>	Catalox
34.	Fabaceae	<i>Sweetia panamensis</i>	Huesillo
35.	Flacourtiaceae	<i>Laethia thamnia</i>	Huilote
36.	Flacourtiaceae	<i>Zuelania guidonia</i>	Palo volador
37.	Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
38.	Malpighiaceae	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	Sak paj
39.	Malpighiaceae	<i>Malpighia glabra</i>	Guayacte
40.	Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Majahua
41.	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón
42.	Moraceae	<i>Ficus continifolia</i>	Amatillo (hoja menuda)
43.	Moraceae	<i>Ficus obtusifolia</i>	Higo copó
44.	Moraceae	<i>Ficus tecolutensis</i>	Mata palo
45.	Moraceae	<i>Ficus máxima</i>	Higuera
46.	Myrsinaceae	<i>Ardisia escallonioides</i>	Plomo ché
47.	Myrtaceae	<i>Eugenia tripii</i>	Escobeta
48.	Myrtaceae	<i>Psidium sartorianum</i>	Guayabillo
49.	Myrtaceae	<i>Myrcianthes fragrans</i>	Koj kaan'
50.	Nyctaginaceae	<i>Neea psychotrioides</i>	Xta'tsi
51.	Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadensis</i>	Sac boob
52.	Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
53.	Polygonaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Tzilché

ESTRATO ARBÓREO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
54.	Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	Tastab
55.	Rubiaceae	<i>Randia aculeata</i>	Cruceta
56.	Rutaceae	<i>Amyris sylvatica</i>	Palo de gas
57.	Rutaceae	<i>Casimiroa tetrameria</i>	Yuy
58.	Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i>	Sakpom
59.	Sapindaceae	<i>Matayba oppositifolia</i>	Guayancox
60.	Sapindaceae	<i>Talisia olivaeformis</i>	Huaya de monte
61.	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito
62.	Sapotaceae	<i>Dipholis salicifolia</i>	Zapote faisán
63.	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote
64.	Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i>	Kaniste o mante
65.	Sapotaceae	<i>Pouteria unilocularis</i>	Zapotillo
66.	Simaroubaceae	<i>Simarouba glauca</i>	Pa'sak'
67.	Urticaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i>	Guarumbo
68.	Verbenaceae	<i>Vitex graumeri</i>	Ya'a xnik

ESTRATO ARBUSTIVO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1.	Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechem
2.	Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akits
3.	Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Huano
4.	Arecaceae	<i>Trinax radiata</i>	Chit
5.	Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i>	Nacax
6.	Arecaceae	<i>Chamaedora seifrizii</i>	Xyaat
7.	Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	Siricote
8.	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
9.	Caparidaceae	<i>Capparis verrucosa</i>	Naranjillo
10.	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes llicida</i>	Yayté
11.	Fabaceae	<i>Acacia cornigera</i>	Subin
12.	Fabaceae	<i>Acacia glaumeri</i>	Catzin
13.	Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
14.	Fabaceae	<i>Bauhinia jenningsii</i>	Tzimin
15.	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cacaoché
16.	Fabaceae	<i>Lonchocarpus luteomaculatus</i>	Xu'ul
17.	Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canazin
18.	Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
19.	Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
20.	Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
21.	Malpighiaceae	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	Sak paj
22.	Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Majahua
23.	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón
24.	Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	Amatillo
25.	Moraceae	<i>Ficus obtusifolia</i>	Higo copó
26.	Moraceae	<i>Ficus tecolutensis</i>	Mata palo
27.	Moraceae	<i>Ficus máxima</i>	Higuera
28.	Myrsinaceae	<i>Ardisia escallonioides</i>	Plomo ché
29.	Myrtaceae	<i>Psidium sartorianum</i>	Guayabillo
30.	Myrtaceae	<i>Myrcianthes fragrans</i>	Koj kaan'
31.	Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Sac boob

ESTRATO ARBUSTIVO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
32.	Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
33.	Polygonaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Tzizilché
34.	Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	Tastab
35.	Rubiaceae	<i>Randia aculeata</i>	Cruceta
36.	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito
37.	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote

ESTRATO HERBÁCEO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechem
2	Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akits
3	Araceae	<i>Anthurium schlechtendalii</i>	Bobtún
4	Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Huano
5	Arecaceae	<i>Trinax radiata</i>	Chit
6	Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i>	Nacax
7	Arecaceae	<i>Chamaedora seifrizii</i>	Xyaat
8	Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	Siricote
9	Bromeliaceae	<i>Aechmea bracteata</i>	Nej ku'uk
10	Bromeliaceae	<i>Bromelia karatas</i>	Piñuela
11	Bromeliaceae	<i>Tillandsia festuroides</i>	Xanab
12	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
13	Commelinaceae	<i>Rhoeo discolor</i>	Maguey morado
14	Convolvulaceae	<i>Jacquemontia nodiflora</i>	Abrazapalo
15	Dilleniaceae	<i>Tetracera volubilis</i>	Bejuco rasposo
16	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes licida</i>	Yayté
17	Fabaceae	<i>Acacia cornigera</i>	Subin
18	Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
19	Fabaceae	<i>Bauhinia jenningsii</i>	Tzimin
20	Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
21	Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
22	Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
23	Malpighiaceae	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	Sak paj
24	Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Majahua
25	Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Tulipancillo
26	Malvaceae	<i>Sida acuta</i>	Malva de caballo
27	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón
28	Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	Amatillo (hoja menuda)
29	Myrsinaceae	<i>Ardisia escallonioides</i>	Plomo ché
30	Orchidaceae	<i>Catasetum integerrimum</i>	Cebolleta
31	Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Sac boob
32	Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
33	Polygonaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Tzizilché
34	Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	Tastab
35	Rubiaceae	<i>Psychotria nervosa</i>	Café de monte
36	Rubiaceae	<i>Randia aculeata</i>	Cruceta
37	Sapindaceae	<i>Cardiospermum halicacabum</i>	P'aak ak'
38	Sapindaceae	<i>Paullinia cururu</i>	Xcheem ak'
39	Sapindaceae	<i>Serjania adiantoides</i>	Buy
40	Sapindaceae	<i>Serjania goniocarpa</i>	Bejuco tres lomos

ESTRATO HERBÁCEO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
41	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito
42	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote
43	Smilacaceae	<i>Smilax mollis</i>	Diente de perro
44	Vitaceae	<i>Cissus gossypifolia</i>	Xta' kanil

De acuerdo con los listados presentados en las tablas anteriores, se tiene que la vegetación del polígono de estudio dentro de la microcuenca (predio restigo), se encuentra compuesta por 87 especies de las cuales las familias mejor representadas son la Fabaceae con 15 especies, seguida de la Sapindaceae con 7 especies, y la Moraceae y Zapotaceae con 5 especies; el resto de las familias está compuesta por 4 o menos especies.

Cabe señalar que respecto a las especies listadas bajo alguna categoría de la NOM-059, se encontró lo siguiente:

ESPECIES EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010				
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTATUS
1	Bromeliaceae	<i>Tillandsia festucoides</i>	Xanab	Protección especial
2	Arecaceae	<i>Trinax radiata</i>	Chit	Amenazada
3	Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i>	Nacax	Amenazada

En relación a lo anterior, debe recordarse que el predio testigo es sólo una pequeña fracción de la Microcuenca; por lo que se asegura que existen muchas más especies dentro de ésta que las encontradas para la totalidad del predio; para ello basta considerar algunas otras especies que han sido reportadas por estudios para zonas aledañas al predio del proyecto (ver tabla siguiente).

OTRAS ESPECIES REGISTRADAS EN LA MICROCUENCA			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN
1.	Myrtaceae	<i>Calyptanthes pallens</i>	Chak ni
2.	Euphorbiaceae	<i>Croton niveus</i>	Croton
3.	Bignoniaceae	<i>Cydista potosina</i>	X-kan lol
4.	Leguminosae	<i>Erythrina standleyana</i>	Chac chobenche
5.	Sapindaceae	<i>Exothea diphylla</i>	Wayam
6.	Euphorbiaceae	<i>Jatropha gaumeri</i>	Pomolche
7.	Icacinaceae	<i>Ottoschulzia pallida</i>	Opta
8.	Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Sacpa
9.	Sapindaceae	<i>Thouinia paucidentata</i>	K'anchunuup
10.	Ebenaceae	<i>Diospyros yucatanensis</i>	Diospiro

Ante lo arriba expuesto, podemos afirmar que con los datos obtenidos del predio y la información de los dos estudios previamente citados, la microcuenca alberga 97 especies florísticas.

» Análisis de abundancia

A continuación se presenta la estimación de la abundancia relativa y absoluta de cada especie por estrato de la vegetación, según su distribución dentro del polígono de estudio de la microcuenca.

La abundancia absoluta (Aa) se define como el número total de individuos por unidad de superficie pertenecientes a una determinada especie; mientras que la abundancia relativa (pi) se define como la

participación de cada especie, en porcentaje, en relación al número total de individuos y se considera como el 100 %. La memoria de cálculo para cada estrato se presenta en las siguientes tablas:

ESTRATO ARBÓREO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IND ÁREA MUESTREADA = 9,500 m ²	Aa = # DE IND POR HECTÁREA	Pi= (ABUNDANCIA RELATIVA)
<i>Metopium brownei</i>	102	107	0.080
<i>Spondias mombin</i>	3	3	0.002
<i>Malmea depressa</i>	1	1	0.001
<i>Thevetia gaumeri</i>	9	9	0.007
<i>Cameraria latifolia</i>	1	1	0.001
<i>Dendropanax arboreus</i>	43	45	0.034
<i>Sabal yapa</i>	12	13	0.009
<i>Trinax radiata</i>	14	15	0.011
<i>Coccothrinax readii</i>	8	8	0.006
<i>Ceiba aescullifolia</i>	3	3	0.002
<i>Ceiba pentandra</i>	5	5	0.004
<i>Cordia dodecandra</i>	6	6	0.005
<i>Bursera simaruba</i>	92	97	0.072
<i>Protium copal</i>	4	4	0.003
<i>Canella winterana</i>	2	2	0.002
<i>Capparis verrucosa</i>	3	3	0.002
<i>Diospyros cuneata</i>	1	1	0.001
<i>Guettarda elliptica</i>	40	42	0.031
<i>Gymnanthes licida</i>	3	3	0.002
<i>Acacia cornigera</i>	1	1	0.001
<i>Acacia dolichostachya</i>	1	1	0.001
<i>Acacia gaumeri</i>	6	6	0.005
<i>Acacia glomerosa</i>	1	1	0.001
<i>Bauhinia divaricata</i>	1	1	0.001
<i>Bauhinia jenningsii</i>	2	2	0.002
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	2	2	0.002
<i>Diphysa carthagenensis</i>	5	5	0.004
<i>Gliricidia sepium</i>	9	9	0.007
<i>Lonchocarpus luteomaculatus</i>	5	5	0.004
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	25	26	0.020
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	125	132	0.098
<i>Piscidia piscipula</i>	82	86	0.064
<i>Swartzia cubensis</i>	36	38	0.028
<i>Sweetia panamensis</i>	8	8	0.006
<i>Laethia thamnia</i>	1	1	0.001
<i>Zuelania guidonia</i>	2	2	0.002
<i>Nectandra coriacea</i>	12	13	0.009
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	5	5	0.004
<i>Malpighia glabra</i>	3	3	0.002
<i>Hampea trilobata</i>	2	2	0.002
<i>Brosimum alicastrum</i>	2	2	0.002
<i>Ficus cotinifolia</i>	92	97	0.072
<i>Ficus obtusifolia</i>	73	77	0.057
<i>Ficus tecolutensis</i>	84	88	0.066

ESTRATO ARBÓREO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IND ÁREA MUESTREADA = 9,500 m ²	Aa = # DE IND POR HECTÁREA	Pi= (ABUNDANCIA RELATIVA)
<i>Ficus máxima</i>	10	11	0.008
<i>Ardisia escallonioides</i>	5	5	0.004
<i>Eugenia trikii</i>	1	1	0.001
<i>Psidium sartorianum</i>	12	13	0.009
<i>Myrcianthes fragrans</i>	6	6	0.005
<i>Neea psychotrioides</i>	2	2	0.002
<i>Coccoloba diversifolia</i>	6	6	0.005
<i>Coccoloba spicata</i>	7	7	0.005
<i>Gymnopodium floribundum</i>	10	11	0.008
<i>Guettarda combsii</i>	2	2	0.002
<i>Randia aculeata</i>	1	1	0.001
<i>Amyris sylvatica</i>	2	2	0.002
<i>Casimiroa tetrameria</i>	3	3	0.002
<i>Cupania dentata</i>	1	1	0.001
<i>Matayba oppositifolia</i>	3	3	0.002
<i>Talisia olivaeformis</i>	4	4	0.003
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	1	1	0.001
<i>Diphollis salicifolia</i>	26	27	0.020
<i>Manilkara zapota</i>	60	63	0.047
<i>Pouteria campechiana</i>	10	11	0.008
<i>Pouteria unilocularis</i>	1	1	0.001
<i>Simarouba glauca</i>	15	16	0.012
<i>Cecropia obtusifolia</i>	3	3	0.002
<i>Vitex graumeri</i>	147	155	0.115
TOTAL	1,275	1,336	1.000

ESTRATO ARBUSTIVO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO = 1,900 m ²	Aa = # DE IND POR HECTÁREA	Pi= (ABUNDANCIA RELATIVA)
<i>Metopium brownei</i>	15	79	0.035
<i>Thevetia gaumeri</i>	22	116	0.051
<i>Sabal yapa</i>	14	74	0.032
<i>Trinax radiata</i>	23	121	0.053
<i>Coccothrinax readii</i>	12	63	0.028
<i>Chamaedora seifritzii</i>	53	279	0.122
<i>Cordia dodecandra</i>	8	42	0.018
<i>Bursera simaruba</i>	4	21	0.009
<i>Capparis verrucosa</i>	2	11	0.005
<i>Gymnanthes licida</i>	32	168	0.074
<i>Acacia cornigera</i>	18	95	0.042
<i>Acacia gaumeri</i>	2	11	0.005
<i>Bauhinia divaricata</i>	3	16	0.007
<i>Bauhinia jenningsii</i>	1	5	0.002
<i>Gliricidia sepium</i>	5	26	0.012
<i>Lonchocarpus luteomaculatus</i>	6	32	0.014
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	8	42	0.018
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	28	147	0.065

ESTRATO ARBUSTIVO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO = 1,900 m ²	Aa = # DE IND POR HECTÁREA	Pi= (ABUNDANCIA RELATIVA)
<i>Piscidia piscipula</i>	48	253	0.111
<i>Nectandra coriacea</i>	15	79	0.035
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	3	16	0.007
<i>Hampea trilobata</i>	9	47	0.021
<i>Brosimum alicastrum</i>	4	21	0.009
<i>Ficus cotinifolia</i>	6	32	0.014
<i>Ficus obtusifolia</i>	2	11	0.005
<i>Ficus tecolutensis</i>	1	5	0.002
<i>Ficus máxima</i>	2	11	0.005
<i>Ardisia escallonioides</i>	3	16	0.007
<i>Psidium sartorianum</i>	5	26	0.012
<i>Myrcianthes fragrans</i>	4	21	0.009
<i>Coccoloba diversifolia</i>	12	63	0.028
<i>Coccoloba spicata</i>	9	47	0.021
<i>Gymnopodium floribundum</i>	13	68	0.030
<i>Guettarda combsii</i>	6	32	0.014
<i>Randia aculeata</i>	2	11	0.005
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	4	21	0.009
<i>Manilkara zapota</i>	29	153	0.067
TOTAL	433	2,281	1.000

ESTRATO HERBÁCEO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO = 76 m ²	Aa = # DE IND POR HECTÁREA	Pi= (ABUNDANCIA RELATIVA)
<i>Metopium brownei</i>	50	6579	0.033
<i>Thevetia gaumeri</i>	10	1,316	0.007
<i>Anthurium schlechtendalii</i>	6	789	0.004
<i>Sabal yapa</i>	66	8,684	0.044
<i>Trinax radiata</i>	199	26,184	0.132
<i>Coccothrinax readii</i>	349	45,921	0.231
<i>Chamaedora seifrizii</i>	76	10,000	0.050
<i>Cordia dodecandra</i>	6	789	0.004
<i>Aechmea bracteata</i>	3	395	0.002
<i>Bromelia karatas</i>	28	3,684	0.019
<i>Tillandsia festucoides</i>	3	395	0.002
<i>Bursera simaruba</i>	18	2368	0.012
<i>Rhoeo discolor</i>	32	4,211	0.021
<i>Jacquemontia nodiflora</i>	2	263	0.001
<i>Tetracera volubilis</i>	1	132	0.001
<i>Gymnanthes licida</i>	42	5,526	0.028
<i>Acacia cornigera</i>	23	3,026	0.015
<i>Bauhinia divaricata</i>	8	1053	0.005
<i>Bauhinia jenningsii</i>	12	1,579	0.008
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	7	921	0.005
<i>Piscidia piscipula</i>	19	2,500	0.013
<i>Nectandra coriacea</i>	2	263	0.001
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	1	132	0.001
<i>Hampea trilobata</i>	15	1,974	0.010

ESTRATO HERBÁCEO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO = 76 m ²	Aa = # DE IND POR HECTÁREA	Pi= (ABUNDANCIA RELATIVA)
<i>Malvaviscus arboreus</i>	42	5,526	0.028
<i>Sida acuta</i>	10	1,316	0.007
<i>Brosimum alicastrum</i>	17	2,237	0.011
<i>Ficus cotinifolia</i>	1	132	0.001
<i>Ardisia escallonioides</i>	3	395	0.002
<i>Catasetum integerrimum</i>	1	132	0.001
<i>Coccoloba diversifolia</i>	21	2,763	0.014
<i>Coccoloba spicata</i>	36	4,737	0.024
<i>Gymnopodium floribundum</i>	15	1,974	0.010
<i>Guettarda combsii</i>	3	395	0.002
<i>Psychotria nervosa</i>	53	6,974	0.035
<i>Randia aculeata</i>	45	5,921	0.030
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	35	4,605	0.023
<i>Paullinia cururu</i>	63	8,289	0.042
<i>Serjania adiantoides</i>	25	3,289	0.017
<i>Serjania goniocarpa</i>	12	1,579	0.008
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	9	1,184	0.006
<i>Manilkara zapota</i>	86	11,316	0.057
<i>Smilax mollis</i>	23	3,026	0.015
<i>Cissus gossypifolia</i>	31	4,079	0.021
TOTAL	1,509	198,553	1.000

» Valor de importancia Flora

El índice de valor de importancia desarrollado por Curtis & McIntosh (1951) aplicado por Acosta et al., 2006; Torres et al., 2010; Zarco-Espinosa et al., 2010, etc., es un parámetro que mide el valor de las especies, típicamente, en base a tres parámetros principales: dominancia (ya sea en forma de cobertura o diámetro en caso de los árboles, arbustos y herbáceos), densidad y frecuencia. Para obtener el I.V.I., es necesario transformar los datos de cobertura, densidad y frecuencia en valores relativos.

La suma total de dichos valores de cada parámetro debe ser igual a 100, no obstante el valor de las especies varía en un rango de 0 a 300 (Brower y Zar, 1977) dado que involucra los tres elementos señalados. (Mostacedo 2000), este índice se calcula de la siguiente manera:

$$IVI = A \% + \text{Dom} \% + \text{Frec} \%$$

Donde:

A% = abundancia relativa

Dom% = dominancia relativa

Frec% = frecuencia relativa

La densidad relativa se refiere al porcentaje de la suma de todas las “ocurrencias” de una especie en particular, respecto a la sumatoria de las ocurrencias de todas las especies de la misma comunidad o parcela. Se la calcula de la siguiente manera:

$$\text{DeR} = (E_i / \Sigma E) \times 100$$

Donde:

DeR = Densidad Relativa

E_i = Numero de ocurrencias de la especie i

ΣE = Número total de individuos

La dominancia relativa se expresa como valor relativo de la sumatoria de las áreas basales de la siguiente manera:

$$DR = (AB_i / \Sigma AB) \times 100$$

Donde:

DR = Dominancia relativa de la especie i

ΣAB_i = Sumatoria de las áreas basales de la especie i

ΣAB = Sumatoria de las áreas basales de todas las especies en la muestra

El área basal se calcula elevando al cuadrado el DAP de cada individuo o cada fuste, según el caso, y multiplicando el resultado por la constante 0.007854. El área basal se expresa en m² ha⁻¹.

La frecuencia relativa de las especies mide su dispersión dentro la comunidad vegetal.

$$FR = (F_i / \Sigma F) \times 100$$

Donde:

FR = Frecuencia relativa de la especie i

F_i = Número de cuadrantes donde la especie i ocurre

ΣF = Sumatoria total de ocurrencias de todas las especies en todos los sitios.

En lo que respecta a la información relacionada con el índice de valor de importancia relativa para el Sistema Ambiental, a continuación se presentan las estimaciones del índice de valor de importancia relativa (IVI), así como información de referencia de los resultados obtenidos:

- Estrato Arbóreo

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (DEN%+FR%+D%)				
ESPECIES	DEN%= NI/N * 100	FR%= FI/FT * 100	D%= GI / ΣGI * 100	IVI
<i>Metopium brownei</i>	8.00	3.06	8.00	19.05
<i>Spondias mombin</i>	0.24	0.83	0.18	1.25
<i>Malmea depressa</i>	0.08	0.28	0.03	0.39
<i>Thevetia gaumeri</i>	0.71	1.39	0.40	2.49
<i>Cameraria latifolia</i>	0.08	0.28	0.04	0.39
<i>Dendropanax arboreus</i>	3.37	1.94	2.51	7.82
<i>Sabal yapa</i>	0.94	1.39	0.86	3.19
<i>Trinax radiata</i>	1.10	2.78	0.45	4.33
<i>Coccothrinax readii</i>	0.63	1.67	0.27	2.56
<i>Ceiba aesculifolia</i>	0.24	0.56	0.41	1.20
<i>Ceiba pentandra</i>	0.39	0.56	0.21	1.16
<i>Cordia dodecandra</i>	0.47	0.83	0.24	1.55
<i>Bursera simaruba</i>	7.22	3.33	5.40	15.95
<i>Protium copal</i>	0.31	1.11	0.13	1.55
<i>Canella winterana</i>	0.16	0.28	0.37	0.80
<i>Capparis verrucosa</i>	0.24	0.83	0.08	1.15
<i>Diospyros cuneata</i>	0.08	0.28	0.06	0.42
<i>Guettarda elliptica</i>	3.14	1.94	1.22	6.30

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (DEN%+FR%+D%)				
ESPECIES	DEN%= NI/N * 100	FR%= FI/FT * 100	D%= GI / \sum GI * 100	IVI
<i>Gymnanthes lícida</i>	0.24	0.56	0.10	0.90
<i>Acacia cornigera</i>	0.08	0.28	0.03	0.38
<i>Acacia dolichostachya</i>	0.08	0.28	0.03	0.38
<i>Acacia gaumeri</i>	0.47	1.11	0.65	2.23
<i>Acacia glomerosa</i>	0.08	0.28	0.03	0.38
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.08	0.28	0.12	0.48
<i>Bauhinia jenningsii</i>	0.16	0.56	0.37	1.08
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	0.16	0.56	0.37	1.09
<i>Diphysa carthagenensis</i>	0.39	0.83	0.18	1.41
<i>Gliricidia sepium</i>	0.71	1.39	0.74	2.83
<i>Lonchocarpus luteomaculatus</i>	0.39	0.83	0.29	1.51
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	1.96	1.67	1.68	5.30
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	9.80	3.33	10.39	23.53
<i>Piscidia piscipula</i>	6.43	3.06	5.45	14.94
<i>Swartzia cubensis</i>	2.82	3.61	2.18	8.61
<i>Sweetia panamensis</i>	0.63	2.22	0.35	3.20
<i>Laethia thamnia</i>	0.08	0.28	0.02	0.38
<i>Zuelania quidonia</i>	0.16	0.56	0.05	0.77
<i>Nectandra coriacea</i>	0.94	2.22	1.11	4.28
<i>Byrsonima bucidæfolia</i>	0.39	1.39	0.24	2.02
<i>Malpighia glabra</i>	0.24	0.83	0.10	1.17
<i>Hampea trilobata</i>	0.16	0.56	0.13	0.84
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.16	0.56	0.05	0.77
<i>Ficus cotinifolia</i>	7.22	3.61	5.22	16.05
<i>Ficus obtusifolia</i>	5.73	4.44	8.17	18.34
<i>Ficus tecolutensis</i>	6.59	3.89	12.79	23.26
<i>Ficus máxima</i>	0.78	2.22	0.63	3.64
<i>Ardisia escallonioides</i>	0.39	1.11	0.27	1.78
<i>Eugenia trikii</i>	0.08	0.28	0.06	0.41
<i>Psidium sartorianum</i>	0.94	1.67	0.67	3.28
<i>Myrcianthes fragrans</i>	0.47	1.67	0.38	2.52
<i>Neea psychotrioides</i>	0.16	0.56	0.07	0.79
<i>Coccoloba diversifolia</i>	0.47	1.67	0.29	2.43
<i>Coccoloba spicata</i>	0.55	1.67	0.88	3.10
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.78	2.22	0.39	3.40
<i>Guettarda combsii</i>	0.16	0.56	0.08	0.79
<i>Randia aculeata</i>	0.08	0.28	0.03	0.38
<i>Amyris sylvatica</i>	0.16	0.56	0.05	0.76
<i>Casimiroa tetrameria</i>	0.24	0.83	0.38	1.45
<i>Cupania dentata</i>	0.08	0.28	0.11	0.47
<i>Matayba oppositifolia</i>	0.24	0.83	0.19	1.26
<i>Talisia olivæformis</i>	0.31	1.11	0.16	1.58
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	0.08	0.28	0.06	0.41
<i>Dipholis salicifolia</i>	2.04	3.61	1.68	7.33
<i>Manilkara zapota</i>	4.71	3.89	3.88	12.48
<i>Pouteria campechiana</i>	0.78	2.78	0.69	4.25
<i>Pouteria unilocularis</i>	0.08	0.28	0.03	0.38
<i>Simarouba glauca</i>	1.18	3.89	0.86	5.93
<i>Cecropia obtusifolia</i>	0.24	0.83	0.14	1.21
<i>Vitex graumeri</i>	11.53	4.44	16.33	32.30
				300.00

En el estrato arbóreo 68 especies contribuyeron en la estructura y composición del presente estrato observándose que las especies que más contribuyeron a la composición estructural fueron *Vitex graumeri* con un 32.30%, seguida de *Lysiloma latisiliquum* con un 23.53% y de *Ficus tecolutensis* con un 23.26% y así sucesivamente.

- Estrato Arbustivo

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (DEN%+FR%+D%)				
ESPECIES	DEN%= NI/N * 100	FR%= FI/FT * 100	D%= CC / \sum CC * 100	IVI
<i>Acacia cornigera</i>	4.16	2.84	1.00	8.00
<i>Acacia gaumeri</i>	0.46	0.95	3.98	5.39
<i>Ardisia escallonioides</i>	0.69	1.42	1.26	3.37
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.69	1.42	2.83	4.94
<i>Bauhinia jenningsii</i>	0.23	0.47	2.10	2.80
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.92	1.90	1.68	4.50
<i>Bursera simaruba</i>	0.92	1.90	3.67	6.49
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	0.69	1.42	2.93	5.05
<i>Capparis verrucosa</i>	0.46	0.95	2.10	3.51
<i>Chamaedora seifrizii</i>	12.24	6.16	0.52	18.93
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	0.92	1.90	2.62	5.44
<i>Coccoloba diversifolia</i>	2.77	3.32	2.93	9.02
<i>Coccoloba spicata</i>	2.08	3.32	3.25	8.64
<i>Coccothrinax readii</i>	2.77	2.84	0.84	6.45
<i>Cordia dodecandra</i>	1.85	2.37	2.41	6.63
<i>Ficus cotinifolia</i>	1.39	2.84	4.82	9.05
<i>Ficus máxima</i>	0.46	0.95	4.30	5.71
<i>Ficus obtusifolia</i>	0.46	0.95	5.45	6.86
<i>Ficus tecolutensis</i>	0.23	0.47	4.09	4.79
<i>Gliricidia sepium</i>	1.15	2.37	4.09	7.61
<i>Guettarda combsii</i>	1.39	2.84	2.83	7.06
<i>Gymnanthes licida</i>	7.39	3.79	2.72	13.91
<i>Gymnopodium floribundum</i>	3.00	4.27	3.35	10.62
<i>Hampea trilobata</i>	2.08	2.84	2.10	7.02
<i>Lonchocarpus luteomaculatus</i>	1.39	2.84	2.20	6.43
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	1.85	2.84	3.46	8.15
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	6.47	3.79	4.40	14.66
<i>Manilkara zapota</i>	6.70	4.74	3.35	14.79
<i>Metopium brownei</i>	3.46	5.21	2.10	10.77
<i>Myrcianthes fragrans</i>	0.92	1.42	2.62	4.96
<i>Nectandra coriacea</i>	3.46	4.74	1.36	9.57
<i>Piscidia piscipula</i>	11.09	5.21	3.88	20.18
<i>Psidium sartorianum</i>	1.15	1.90	2.30	5.36
<i>Randia aculeata</i>	0.46	0.95	1.57	2.98
<i>Sabal yapa</i>	3.23	3.32	1.26	7.81
<i>Thevetia gaumeri</i>	5.08	4.74	2.62	12.44
<i>Trinax radiata</i>	5.31	3.79	1.05	10.15
				300.00

En lo que respecta al estrato arbustivo 37 especies contribuyeron en la estructura y composición del presente estrato observándose distribución relativamente homogénea de las especies, la especie que más contribuyó a la composición estructural fue el Jabin (*Piscidia piscipula*) con un 20.18%.

- Estrato herbáceo

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (DEN%+FR%+D%)				
ESPECIES	DEN%= NI/N * 100	FR%= FI/FT * 100	D%= GI / \sum GI * 100	IVI
<i>Acacia cornigera</i>	1.52	2.59	2.16	6.28
<i>Aechmea bracteata</i>	0.20	1.11	3.27	4.58
<i>Anthurium schlechtendalii</i>	0.40	2.22	2.64	5.26
<i>Ardisia escallonioides</i>	0.20	1.11	1.32	2.63
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.53	1.85	3.91	6.29

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (DEN%+FR%+D%)				
ESPECIES	DEN%= NI/N * 100	FR%= FI/FT * 100	D%= GI / \sum GI * 100	IVI
<i>Bauhinia jenningsii</i>	0.80	2.22	1.32	4.34
<i>Bromelia karatas</i>	1.86	2.96	4.12	8.94
<i>Brosimum alicastrum</i>	1.13	2.22	1.90	5.25
<i>Bursera simaruba</i>	1.19	2.22	1.27	4.68
<i>Byrsonima bucidifolia</i>	0.07	0.37	1.27	1.70
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	2.32	2.22	1.85	6.39
<i>Catasetum integerrimum</i>	0.07	0.37	1.21	1.65
<i>Chamaedora seifrizii</i>	5.04	2.96	1.85	9.85
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	0.60	1.85	1.80	4.24
<i>Cissus gossypifolia</i>	2.05	4.07	2.90	9.03
<i>Coccoloba diversifolia</i>	1.39	3.33	2.16	6.89
<i>Coccoloba spicata</i>	2.39	2.22	2.06	6.67
<i>Coccothrinax readii</i>	23.13	2.96	0.26	26.35
<i>Cordia dodecandra</i>	0.40	2.22	1.32	3.94
<i>Ficus cotinifolia</i>	0.07	0.37	2.48	2.92
<i>Guettarda combsii</i>	0.20	1.11	1.21	2.52
<i>Gymnanthes licida</i>	2.78	2.96	3.06	8.81
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.99	2.22	2.16	5.38
<i>Hampea trilobata</i>	0.99	2.96	3.43	7.39
<i>Jacquemontia nodiflora</i>	0.13	0.74	1.11	1.98
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0.46	1.48	3.33	5.27
<i>Malva viscus arboreus</i>	2.78	4.44	2.90	10.13
<i>Manilkara zapota</i>	5.70	4.07	4.44	14.21
<i>Metopium brownei</i>	3.31	2.59	4.22	10.13
<i>Nectandra coriacea</i>	0.13	0.74	1.69	2.56
<i>Paullinia cururu</i>	4.17	4.07	4.49	12.74
<i>Piscidia piscipula</i>	1.26	2.59	2.75	6.60
<i>Psychotria nervosa</i>	3.51	4.07	1.74	9.33
<i>Randia aculeata</i>	2.98	2.59	3.48	9.06
<i>Rhoeo discolor</i>	2.12	2.96	2.96	8.04
<i>Sabal yapa</i>	4.37	3.70	0.63	8.71
<i>Serjania adiantoides</i>	1.66	2.96	3.01	7.63
<i>Serjania goniocarpa</i>	0.80	2.22	3.33	6.34
<i>Sida acuta</i>	0.66	1.48	1.43	3.57
<i>Smilax mollis</i>	1.52	1.48	2.96	5.96
<i>Tetracera volubilis</i>	0.07	0.37	2.16	2.60
<i>Thevetia gaumeri</i>	0.66	1.48	1.32	3.46
<i>Tillandsia festucoides</i>	0.20	1.11	0.69	2.00
<i>Trinax radiata</i>	13.19	4.07	0.42	17.68
				300.00

En tanto al estrato herbáceo 44 especies contribuyeron en la estructura y composición del presente estrato observándose una distribución casi homogénea; la especie que más contribuyó a la composición estructural fue la Palma nakax (*Coccothrinax readii*) con un 26.35 %, seguida de la Palma Chit (*Trinax radiata*) con un 17.68 % y así sucesivamente.

» Métodos de muestreo aplicados al estudio de la fauna

Aves: Éste grupo faunístico fue estudiado bajo el método de conteo por *puntos de radio definido*, el cual consiste en que el observador permanezca inmóvil (o casi) en un punto fijo y tome nota de todas las aves que se puedan ver y/o escuchar desde ese lugar, en un período de 15 minutos y a una distancia de 10 metros (radio definido del punto).

En la aplicación de éste método, los puntos de conteo se dispusieron en una línea recta que atravesó todo el predio de Norte a Sur, con la finalidad de cubrir toda la superficie. De este modo, una vez determinado el transecto de estudio, se establecieron 10 puntos de conteo. Cada punto fue revisado cuatro días consecutivos: los primeros dos días se revisaron por la tarde en sentido Norte-Sur; y en los dos días siguientes por la mañana en sentido contrario (Sur-Norte).

En cada punto se registraron las especies y el número de individuos de cada especie observada. Asimismo, se anotó si fueron vistas, oídas o vistas y oídas; así como el estrato de la vegetación en el que fue vista, y si pasó volando y posándose en el predio o solamente sobrevolando el sitio. De igual manera, se llevó a cabo un registro fotográfico de las especies dentro de lo posible. También se llevaron a cabo recorridos al interior de la vegetación con la finalidad de registrar la presencia de nidos, y de aquellas especies que no pudieron ser registradas en el conteo por puntos.

Una vez en el punto de observación, se estableció una pausa de 5 minutos para que las aves se adaptaran a la perturbación provocada por nuestra presencia, antes de comenzar el conteo. El tiempo de observación por cada punto de conteo fue de 15 minutos.

Mamíferos: Los mamíferos son un grupo abundante pero por mucho escurridizos y de difícil localización, por lo que se aplicaron diferentes métodos para un estudio más preciso de su diversidad y abundancia en el predio.

El primer método que fue utilizado fue el muestreo a través de *trampas de huellas*, es una técnica relativamente sencilla de implementar y económica. Consiste en preparar el suelo o sustrato de tal manera que queden nítidamente registradas las huellas de los animales que por ahí pasen. La tierra se remueve, disgrega y tamiza, y se alisa la superficie lo mejor posible. De esta manera, a través de sus huellas, se puede identificar la especie y estimar la intensidad de uso del predio.

La *trampa de huellas* tipo utilizada en el estudio, consistieron en parcelas de 1 m² (1 x 1 m), y fueron distribuidas al azar, principalmente en las salidas de madrigueras. Para el establecimiento de las parcelas se utilizó la brecha establecida para el estudio de las aves, con la finalidad de ahorrar esfuerzo y tiempo en el muestreo.

El segundo método aplicado fue el *recorrido de rastros y avistamientos*, ya que aportan muchísimo a la lista de riqueza de especies y permiten detectar especies que no cayeron en las trampas de huellas o cuya identificación a través de huellas es compleja. Los recorridos se realizaron aprovechando nuevamente la brecha establecida para el estudio de las aves, y consistieron en caminatas de dos personas, tratando, en lo posible, de no hacer ruido ni generar mayores disturbios, para evitar que la fauna se aleje.

Los recorridos se realizaron a distintas horas del día (y cuando fue posible en algunas oportunidades de noche) y durante los mismos se registran todos los mamíferos que se cruzaron por los senderos o que se avistaron a los costados de los mismos. A fin de estandarizar la metodología y poder realizar comparaciones (entre sitios) se definió un ancho de 4 m por un largo de 538 m (longitud de la brecha), para llevar a cabo el recorrido.

Por otro lado se registran todos los rastros de mamíferos que se encontraron durante los recorridos, como huellas fuera de las trampas, heces, animales muertos, osadas, dormideros, marcas en los árboles o en el suelo, etc.

Anfibios y Reptiles: Los hábitos y la historia natural de los anfibios y reptiles llevan a plantear una serie de inconvenientes a la hora de pretender estimar su riqueza y abundancia en un sitio particular. El reconocimiento de la fauna de anuros y reptiles podría demandar un inmenso trabajo de campo que depende fundamentalmente de la época del año en que el trabajo se ejecute. Es poco propicio un estudio de este tipo en un verano del tipo

“seco” o excesivamente “lluvioso” y, en el caso de los anfibios, es necesario el relevamiento de numerosos charcos a fin de cubrir tanto a los pequeños como a los grandes, a los más y menos profundos, a los efímeros y los no tanto, a los que poseen vegetación emergente o no, y a todos las posibles combinaciones de estas variables.

Por lo anterior, a continuación se describe la alternativa metodológica que fue utilizada para el estudio de ambos grupos.

Registro visual. Esta metodología suele ser una de las más utilizadas y consiste en la búsqueda y registro de los anfibios y reptiles a lo largo de caminatas que cubran una determinada área o tipo de hábitat. A fin de estandarizar la metodología se debe estipular, el largo del recorrido, su ancho y disposición, así como el tiempo en el que se lo recorrerá. Deberá identificarse el horario de inicio de la actividad de los animales a fin de optimizar el estudio realizando los recorridos a partir de ese momento.

Por lo anterior, en la aplicación de dicho método se utilizó nuevamente la brecha establecida para el estudio de las aves y los mamíferos, con la intención de ahorrar tiempo y esfuerzo en el muestreo. En todos los casos se caminó a lo largo del recorrido registrando todos los individuos encontrados a 3 m hacia cada lado del sendero (longitud de la brecha = 538 m).

» Resultados obtenidos

A continuación se presenta el listado de las especies de fauna asociadas al ecosistema en estudio, las cuales fueron registradas durante el muestreo.

AVES				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo magnirostris</i>	Águila caminera
2	Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia yucatanensis</i>	Colibrí yucateco
3	Apodiformes	Trochilidae	<i>Chlorostilbon canivetii</i>	Esmeralda tijereta
4	Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita
5	Columbiformes	Columbidae	<i>Leptoptila verreauxi</i>	Tzutzuy
6	Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	Sac pacal
7	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	Pica buey
8	Falconiformes	Falconidae	<i>Herpotheres cachinnans</i>	Guaco
9	Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca
10	Passeriformes	Cardinalidae	<i>Saltator coerulescens</i>	Saltador ajicero
11	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara yucateca
12	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax morio</i>	Chara papán
13	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax inca</i>	Chara verde
14	Passeriformes	Fringillidae	<i>Euphonia affinis</i>	Coronilla
15	Passeriformes	Fringillidae	<i>Euphonia hirundinacea</i>	Fruterito garganta amarilla
16	Passeriformes	Icteridae	<i>Dives dives</i>	Tordo cantor
17	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus auratus</i>	Bolsero yucateco
18	Passeriformes	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle
19	Passeriformes	Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero
20	Passeriformes	Thraupidae	<i>Habia fuscicauda</i>	Tángara hormiguera
21	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryothorus ludovicianus</i>	Chivirín de carolina
22	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryothorus maculipectus</i>	Chivirín moteado

AVES				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
23	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario
24	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	X'takay
25	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical
26	Passeriformes	Vireonidae	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Vireón cejirrufo
27	Passeriformes	Sylviidae	<i>Polioptila caerulea</i>	Tacuaria azul
28	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Aratinga nana</i>	Perico pechi sucio
29	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona xantholora</i>	Loro yucateco
30	Strigiformes	Strigidae	<i>Glucidium brasilianum</i>	Tecolote bajoño
31	Trogoniformes	Trogonidae	<i>Trogon melanocephalus</i>	Trogon cabeza negra

REPTILES				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Squamata	Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa
2	Squamata	Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	Basilisco
3	Squamata	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana rayada
4	Squamata	Polychridae	<i>Anolis sagrei</i>	Lagartija común
5	Squamata	Polychridae	<i>Anolis tropidonotus</i>	Anolis pardo
6	Squamata	Teiidae	<i>Ameiva undulata</i>	Ameiva
7	Squamata	Colubridae	<i>Oxybelis aeneus</i>	Bejuquilla
8	Squamata	Gekkonidae	<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	Geco enano collarejo
9	Squamata	Colubridae	<i>Drymobius margaritiferus</i>	Petatilla
10	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	Lagartija espinosa
11	Testudines	Bataguridae	<i>Rhinoclemmys areolata</i>	Mojina

MAMÍFEROS				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Artiodactyla	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca
2	Carnivora	Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris
3	Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Coatí
4	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Murciélago frutero
5	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache
6	Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo yucateco
7	Rodentia	Agoutidae	<i>Agouti paca</i>	Tepezcuintle
8	Rodentia	Heteromyidae	<i>Heteromys gaumeri</i>	Ratón semillero
9	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus yucatanensis</i>	Ardilla gris
10	Xenarthra	Dasypodidae	<i>Dasyus novemcinctus</i>	Armadillo

ANFIBIOS				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Anuros	Bufonidae	<i>Bufo marinus</i>	Sapo gigante

OTRAS ESPECIES REGISTRADAS EN LA MICROCUENCA				
GRUPO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Mamíferos	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Artibeus intermedius</i>	Frutero de Allen
Mamíferos	Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	Pecari
Aves	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona albifrons</i>	Perico frente blanca
Aves	Falconiformes	Falconidae	<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino
Aves	Coraciformes	Momotidae	<i>Eumomota superciliosa</i>	Toh

OTRAS ESPECIES REGISTRADAS EN LA MICROCUENCA				
GRUPO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Leptotila cassini</i>	Paloma gris
Aves	Falconiformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote cabeza roja
Aves	Falconiformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote cabeza negra
Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate
Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus gularis</i>	Calandria
Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus cucullatus</i>	Oriol
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiodynastes luteiventris</i>	Mosquero ceji blanco
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Contopus virens</i>	Mosquero pewee
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus yucatanensis</i>	Papamoscas
Aves	Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo magister</i>	Vireo yucateco
Anfibios	Anura	Bufo	<i>Bufo valliceps</i>	Sapo común
Anfibios	Anura	Leptodactylidae	<i>Eleutherodactylus yucatanensis</i>	Rana común
Reptiles	Squamata	Colubridae	<i>Oxybelis fulgidus</i>	Bejuquillo verde
Reptiles	Squamata	Teiidae	<i>Cnemidophorus angusticeps</i>	Lagartija llanera
Reptiles	Squamata	Polychridae	<i>Anolis cristatellus</i>	Anolis café

De acuerdo con los datos presentados en las tablas anteriores se cuenta con un registro de 73 especies de fauna silvestre pertenecientes a cuatro grupos taxonómicos dentro de la microcuenca, de los cuales, el grupo faunístico mejor representado son las aves con un total de 44 especies distribuidas en 11 órdenes y 21 familias. Seguido en orden de importancia está el grupo de los reptiles representados por 14 especies distribuidas en 2 órdenes y 10 familias; los mamíferos con 10 especies en 6 órdenes y 10 familias; y por último tenemos al grupo de los anfibios con 3 especies distribuidas en 1 orden y 2 familias.

ESPECIES EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010				
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTATUS
1	Psittacidae	<i>Aratinga nana</i>	Perico pechi sucio	Protección especial
2	Psittacidae	<i>Amazona albifrons</i>	Loro frente blanca	Protección especial
3	Psittacidae	<i>Amazona xantholora</i>	Loro yucateco	Protección especial
4	Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa	Amenazada
5	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana rayada	Amenazada
6	Gekkonidae	<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	Geco enano collarejo	Protección especial
7	Bataguridae	<i>Rhinoclemmys areolata</i>	Mojina	Amenazada
8	Falconidae	<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	Protección especial

» Análisis de abundancia

Tanto para la flora como la fauna, la abundancia absoluta se calculó como el número total de individuos por unidad de superficie (hectárea) pertenecientes a una determinada especie mientras que la abundancia relativa (π) se define como la participación de cada especie, en porcentaje, en relación al número total de individuos y se considera como el 100 %. La memoria de cálculo para cada estrato se presenta en las siguientes tablas:

AVES REGISTRADAS EN EL POLÍGONO DE ESTUDIO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO	Aa = # DE IND POR HECTÁREA	ABUNDANCIA RELATIVA
<i>Buteo magnirostris</i>	2	6	0.014
<i>Amazilia yucatanensis</i>	1	3	0.007
<i>Chlorostilbon canivetii</i>	1	3	0.007
<i>Columbina talpacoti</i>	6	19	0.043

AVES REGISTRADAS EN EL POLÍGONO DE ESTUDIO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO	Aa = # DE IND POR HECTÁREA	ABUNDANCIA RELATIVA
<i>Leptoptila verreauxi</i>	2	6	0.014
<i>Zenaida asiatica</i>	8	25	0.057
<i>Piaya cayana</i>	4	13	0.028
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	1	3	0.007
<i>Ortalis vetula</i>	8	25	0.057
<i>Saltator coerulescens</i>	2	6	0.014
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	5	16	0.035
<i>Cyanocorax morio</i>	2	6	0.014
<i>Cyanocorax inca</i>	2	6	0.014
<i>Euphonia affinis</i>	2	6	0.014
<i>Euphonia hirundinacea</i>	1	3	0.007
<i>Dives dives</i>	5	16	0.035
<i>Icterus auratus</i>	9	29	0.064
<i>Mimus gilvus</i>	5	16	0.035
<i>Melanerpes aurifrons</i>	2	6	0.014
<i>Habia fuscicauda</i>	2	6	0.014
<i>Thryothorus ludovicianus</i>	8	25	0.057
<i>Thryothorus maculipectus</i>	9	29	0.064
<i>Myiozetetes similis</i>	2	6	0.014
<i>Pitangus sulphuratus</i>	6	19	0.043
<i>Tyrannus melancholicus</i>	4	13	0.028
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	13	41	0.092
<i>Polioptila caerulea</i>	4	13	0.028
<i>Aratinga nana</i>	10	32	0.071
<i>Amazona xantholora</i>	8	25	0.057
<i>Glaucidium brasilianum</i>	1	3	0.007
<i>Trogon melanocephalus</i>	6	19	0.043
TOTAL	141	449	1.000

ANFIBIOS Y REPTILES REGISTRADOS EN EL POLÍGONO DE ESTUDIO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO	Aa = # DE IND POR HECTÁREA	ABUNDANCIA RELATIVA
<i>Boa constrictor</i>	2	12	0.02
<i>Basiliscus vittatus</i>	15	93	0.13
<i>Ctenosaura similis</i>	6	37	0.05
<i>Anolis sagrei</i>	22	136	0.18
<i>Anolis tropidonotus</i>	8	50	0.07
<i>Ameiva undulata</i>	12	74	0.10
<i>Oxybelis aeneus</i>	1	6	0.01
<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	5	31	0.04
<i>Dryobius margaritiferus</i>	1	6	0.01
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	45	279	0.38
<i>Rhinoclemmys areolata</i>	1	6	0.01
<i>Bufo marinus</i>	2	12	0.02
TOTAL	120	743	1.00

MAMÍFEROS REGISTRADOS EN EL POLÍGONO DE ESTUDIO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO	Aa = # DE IND POR HECTÁREA (10,000 m ²)	ABUNDANCIA RELATIVA
<i>Odocoileus virginianus</i>	5	23	0.11
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	3	14	0.07
<i>Nasua narica</i>	15	70	0.33
<i>Artibeus jamaicensis</i>	4	19	0.09
<i>Didelphis virginiana</i>	5	23	0.11
<i>Sylvilagus floridanus</i>	2	9	0.04
<i>Agouti paca</i>	3	14	0.07
<i>Heteromys gaumeri</i>	3	14	0.07
<i>Sciurus yucatanensis</i>	5	23	0.11
<i>Dasybus novemcinctus</i>	1	5	0.02
TOTAL	46	214	1.00

Cálculo de la biodiversidad de flora y fauna

Para estimar la biodiversidad de la flora presente en la microcuenca, a partir del polígono de estudio seleccionado, y conforme a los datos de abundancia relativa obtenidos por cada especie y por cada estrato de la vegetación, se utilizó el índice de diversidad de Shannon – Wiener (1949), cuya ecuación se cita como:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Donde:

S = número total de especies.

$\sum_{i=1}^S p_i = 1$ = número total de individuos.

P_i = abundancia relativa de la especie i.

ln P_i = logaritmo natural (base 2 según la fórmula original) de la abundancia relativa de la especie i.

El valor máximo suele estar cerca de 5, pero hay ecosistemas excepcionalmente ricos que pueden superarlo. A mayor valor del índice indica una mayor biodiversidad del ecosistema.

» Flora

A continuación se presentan los cálculos de biodiversidad de las especies de flora presentes en el ecosistema estudiado, con base en el índice de Shannon – Wiener (1949).

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO ARBÓREO			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG ₂ P _i	P _i * LOG ₂ P _i
<i>Metopium brownei</i>	0.080	-3.64	-0.29
<i>Spondias mombin</i>	0.002	-8.73	-0.02
<i>Malmea depressa</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Thevetia gaumeri</i>	0.007	-7.15	-0.05
<i>Cameraria latifolia</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Dendropanax arboreus</i>	0.034	-4.89	-0.16
<i>Sabal yapa</i>	0.009	-6.73	-0.06
<i>Trinax radiata</i>	0.011	-6.51	-0.07
<i>Coccothrinax readii</i>	0.006	-7.32	-0.05
<i>Ceiba aesculifolia</i>	0.002	-8.73	-0.02

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO ARBÓREO			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG ₂ Pi	Pi * LOG ₂ Pi
<i>Ceiba pentandra</i>	0.004	-7.99	-0.03
<i>Cordia dodecandra</i>	0.005	-7.73	-0.04
<i>Bursera simaruba</i>	0.072	-3.79	-0.27
<i>Protium copal</i>	0.003	-8.32	-0.03
<i>Canella winterana</i>	0.002	-9.32	-0.01
<i>Capparis verrucosa</i>	0.002	-8.73	-0.02
<i>Diospyros cuneata</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Guettarda elliptica</i>	0.031	-4.99	-0.16
<i>Gymnanthes licida</i>	0.002	-8.73	-0.02
<i>Acacia cornigera</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Acacia dolichostachya</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Acacia gaumeri</i>	0.005	-7.73	-0.04
<i>Acacia glomerosa</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Bauhinia jenningsii</i>	0.002	-9.32	-0.01
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	0.002	-9.32	-0.01
<i>Diphysa carthagenensis</i>	0.004	-7.99	-0.03
<i>Gliricidia sepium</i>	0.007	-7.15	-0.05
<i>Lonchocarpus luteomaculatus</i>	0.004	-7.99	-0.03
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	0.020	-5.67	-0.11
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0.098	-3.35	-0.33
<i>Piscidia piscipula</i>	0.064	-3.96	-0.25
<i>Swartzia cubensis</i>	0.028	-5.15	-0.15
<i>Sweetia panamensis</i>	0.006	-7.32	-0.05
<i>Laethia thamnia</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Zuelania guidonia</i>	0.002	-9.32	-0.01
<i>Nectandra coriacea</i>	0.009	-6.73	-0.06
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	0.004	-7.99	-0.03
<i>Malpighia glabra</i>	0.002	-8.73	-0.02
<i>Hampea trilobata</i>	0.002	-9.32	-0.01
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.002	-9.32	-0.01
<i>Ficus cotinifolia</i>	0.072	-3.79	-0.27
<i>Ficus obtusifolia</i>	0.057	-4.13	-0.24
<i>Ficus tecolutensis</i>	0.066	-3.92	-0.26
<i>Ficus máxima</i>	0.008	-6.99	-0.05
<i>Ardisia escallonioides</i>	0.004	-7.99	-0.03
<i>Eugenia trikkii</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Psidium sartorianum</i>	0.009	-6.73	-0.06
<i>Myrcianthes fragrans</i>	0.005	-7.73	-0.04
<i>Neea psychotrioides</i>	0.002	-9.32	-0.01
<i>Coccoloba diversifolia</i>	0.005	-7.73	-0.04
<i>Coccoloba spicata</i>	0.005	-7.51	-0.04
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.008	-6.99	-0.05
<i>Guettarda combsii</i>	0.002	-9.32	-0.01
<i>Randia aculeata</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Amyris sylvatica</i>	0.002	-9.32	-0.01
<i>Casimiroa tetrameria</i>	0.002	-8.73	-0.02
<i>Cupania dentata</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Matayba oppositifolia</i>	0.002	-8.73	-0.02

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO ARBÓREO			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG ₂ Pi	Pi * LOG ₂ Pi
<i>Talisia olivaeformis</i>	0.003	-8.32	-0.03
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Dipholis salicifolia</i>	0.020	-5.62	-0.11
<i>Manilkara zapota</i>	0.047	-4.41	-0.21
<i>Pouteria campechiana</i>	0.008	-6.99	-0.05
<i>Pouteria unilocularis</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Simarouba glauca</i>	0.012	-6.41	-0.08
<i>Cecropia obtusifolia</i>	0.002	-8.73	-0.02
<i>Vitex gaumeri</i>	0.115	-3.12	-0.36
$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$			4.67 bits/ind

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO ARBUSTIVO			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG ₂ Pi	Pi * LOG ₂ Pi
<i>Metopium brownei</i>	0.035	-4.85	-0.17
<i>Thevetia gaumeri</i>	0.051	-4.30	-0.22
<i>Sabal yapa</i>	0.032	-4.95	-0.16
<i>Trinax radiata</i>	0.053	-4.23	-0.22
<i>Coccothrinax readii</i>	0.028	-5.17	-0.14
<i>Chamaedora seifrizii</i>	0.122	-3.03	-0.37
<i>Cordia dodecandra</i>	0.018	-5.76	-0.11
<i>Bursera simaruba</i>	0.009	-6.76	-0.06
<i>Capparis verrucosa</i>	0.005	-7.76	-0.04
<i>Gymnanthes licida</i>	0.074	-3.76	-0.28
<i>Acacia cornigera</i>	0.042	-4.59	-0.19
<i>Acacia gaumeri</i>	0.005	-7.76	-0.04
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.007	-7.17	-0.05
<i>Bauhinia jenningsii</i>	0.002	-8.76	-0.02
<i>Gliricidia sepium</i>	0.012	-6.44	-0.07
<i>Lonchocarpus luteomaculatus</i>	0.014	-6.17	-0.09
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	0.018	-5.76	-0.11
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0.065	-3.95	-0.26
<i>Piscidia piscipula</i>	0.111	-3.17	-0.35
<i>Nectandra coriacea</i>	0.035	-4.85	-0.17
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	0.007	-7.17	-0.05
<i>Hampaea trilobata</i>	0.021	-5.59	-0.12
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.009	-6.76	-0.06
<i>Ficus cotinifolia</i>	0.014	-6.17	-0.09
<i>Ficus obtusifolia</i>	0.005	-7.76	-0.04
<i>Ficus tecolutensis</i>	0.002	-8.76	-0.02
<i>Ficus máxima</i>	0.005	-7.76	-0.04
<i>Ardisia escallonioides</i>	0.007	-7.17	-0.05
<i>Psidium sartorianum</i>	0.012	-6.44	-0.07
<i>Myrcianthes fragrans</i>	0.009	-6.76	-0.06
<i>Coccoloba diversifolia</i>	0.028	-5.17	-0.14
<i>Coccoloba spicata</i>	0.021	-5.59	-0.12
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.030	-5.06	-0.15
<i>Guettarda combsii</i>	0.014	-6.17	-0.09
<i>Randia aculeata</i>	0.005	-7.76	-0.04

INDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO ARBUSTIVO			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG ₂ Pi	Pi * LOG ₂ Pi
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	0.009	-6.76	-0.06
<i>Manilkara zapota</i>	0.067	-3.90	-0.26
$H = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$			4.55 bits/ind

INDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO HERBÁCEO			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG ₂ Pi	Pi * LOG ₂ Pi
<i>Metopium brownei</i>	0.033	-4.92	-0.16
<i>Thevetia gaumeri</i>	0.007	-7.24	-0.05
<i>Anthurium schlechtendalii</i>	0.004	-7.97	-0.03
<i>Sabal yapa</i>	0.044	-4.51	-0.20
<i>Trinax radiata</i>	0.132	-2.92	-0.39
<i>Coccothrinax readii</i>	0.231	-2.11	-0.49
<i>Chamaedora seifrizii</i>	0.050	-4.31	-0.22
<i>Cordia dodecandra</i>	0.004	-7.97	-0.03
<i>Aechmea bracteata</i>	0.002	-8.97	-0.02
<i>Bromelia karatas</i>	0.019	-5.75	-0.11
<i>Tillandsia festucoides</i>	0.002	-8.97	-0.02
<i>Bursera simaruba</i>	0.012	-6.39	-0.08
<i>Rhoeo discolor</i>	0.021	-5.56	-0.12
<i>Jacquemontia nodiflora</i>	0.001	-9.56	-0.01
<i>Tetracera volubilis</i>	0.001	-10.56	-0.01
<i>Gymnanthes licida</i>	0.028	-5.17	-0.14
<i>Acacia cornigera</i>	0.015	-6.04	-0.09
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.005	-7.56	-0.04
<i>Bauhinia jenningsii</i>	0.008	-6.97	-0.06
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0.005	-7.75	-0.04
<i>Piscidia piscipula</i>	0.013	-6.31	-0.08
<i>Nectandra coriacea</i>	0.001	-9.56	-0.01
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	0.001	-10.56	-0.01
<i>Hampea trilobata</i>	0.010	-6.65	-0.07
<i>Malvaviscus arboreus</i>	0.028	-5.17	-0.14
<i>Sida acuta</i>	0.007	-7.24	-0.05
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.011	-6.47	-0.07
<i>Ficus cotinifolia</i>	0.001	-10.56	-0.01
<i>Ardisia escallonioides</i>	0.002	-8.97	-0.02
<i>Catasetum integerrimum</i>	0.001	-10.56	-0.01
<i>Coccoloba diversifolia</i>	0.014	-6.17	-0.09
<i>Coccoloba spicata</i>	0.024	-5.39	-0.13
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.010	-6.65	-0.07
<i>Guettarda combsii</i>	0.002	-8.97	-0.02
<i>Psychotria nervosa</i>	0.035	-4.83	-0.17
<i>Randia aculeata</i>	0.030	-5.07	-0.15
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	0.023	-5.43	-0.13
<i>Paullinia cururu</i>	0.042	-4.58	-0.19
<i>Serjania adiantoides</i>	0.017	-5.92	-0.10
<i>Serjania goniocarpa</i>	0.008	-6.97	-0.06
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	0.006	-7.39	-0.04
<i>Manilkara zapota</i>	0.057	-4.13	-0.24
<i>Smilax mollis</i>	0.015	-6.04	-0.09
<i>Cissus gossypifolia</i>	0.021	-5.61	-0.12
$H = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$			4.32 bits/ind

Como se puede observar en los datos de las tablas anteriores, la vegetación de Selva mediana subperennifolia que existe en el predio testigo de la microcuenca, ostenta una alta biodiversidad en cuanto a especies de flora se refiere, ya que en todos los estratos de la vegetación se alcanza un valor superior a 4 e incluso de casi 5 para el caso del estrato arbóreo ($H= 4.67 \text{ bits/ind}$); tomando en cuenta que de acuerdo con el índice de Shannon – Wiener (1949), el valor máximo suele estar cerca de 5, y a mayor valor del índice indica una mayor biodiversidad del ecosistema.

» Fauna

A continuación se presentan los cálculos de biodiversidad de las especies de fauna presentes en el ecosistema estudiado, con base en el índice de Shannon – Wiener (1949).

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE AVES			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG ₂ Pi	Pi * LOG ₂ Pi
<i>Buteo magnirostris</i>	0.014	-6.14	-0.09
<i>Amazilia yucatanensis</i>	0.007	-7.14	-0.05
<i>Chlorostilbon canivetii</i>	0.007	-7.14	-0.05
<i>Columbina talpacoti</i>	0.043	-4.56	-0.19
<i>Leptoptila verreauxi</i>	0.014	-6.14	-0.09
<i>Zenaida asiatica</i>	0.057	-4.14	-0.23
<i>Piaya cayana</i>	0.028	-5.14	-0.15
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	0.007	-7.14	-0.05
<i>Ortalis vetula</i>	0.057	-4.14	-0.23
<i>Saltator coerulescens</i>	0.014	-6.14	-0.09
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	0.035	-4.82	-0.17
<i>Cyanocorax morio</i>	0.014	-6.14	-0.09
<i>Cyanocorax inca</i>	0.014	-6.14	-0.09
<i>Euphonia affinis</i>	0.014	-6.14	-0.09
<i>Euphonia hirundinacea</i>	0.007	-7.14	-0.05
<i>Dives dives</i>	0.035	-4.82	-0.17
<i>Icterus auratus</i>	0.064	-3.97	-0.25
<i>Mimus gilvus</i>	0.035	-4.82	-0.17
<i>Melanerpes aurifrons</i>	0.014	-6.14	-0.09
<i>Habia fuscicauda</i>	0.014	-6.14	-0.09
<i>Thryothorus ludovicianus</i>	0.057	-4.14	-0.23
<i>Thryothorus maculipectus</i>	0.064	-3.97	-0.25
<i>Myiozetetes similis</i>	0.014	-6.14	-0.09
<i>Pitangus sulphuratus</i>	0.043	-4.56	-0.19
<i>Tyrannus melancholicus</i>	0.028	-5.14	-0.15
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	0.092	-3.44	-0.32
<i>Polioptila caerulea</i>	0.028	-5.14	-0.15
<i>Aratinga nana</i>	0.071	-3.82	-0.27
<i>Amazona xanholora</i>	0.057	-4.14	-0.23
<i>Glaucidium brasilianum</i>	0.007	-7.14	-0.05
<i>Trogon melanocephalus</i>	0.043	-4.56	-0.19
$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$			4.60 bits/ind

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE ANFIBIOS Y REPTILES			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG ₂ Pi	Pi * LOG ₂ Pi
<i>Boa constrictor</i>	0.02	-5.91	-0.10
<i>Basiliscus vittatus</i>	0.13	-3.00	-0.38
<i>Ctenosaura similis</i>	0.05	-4.32	-0.22
<i>Anolis sagrei</i>	0.18	-2.45	-0.45
<i>Anolis tropidonotus</i>	0.07	-3.91	-0.26
<i>Ameiva undulata</i>	0.10	-3.32	-0.33
<i>Oxybelis aeneus</i>	0.01	-6.91	-0.06
<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	0.04	-4.58	-0.19
<i>Drymobius margaritiferus</i>	0.01	-6.91	-0.06
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	0.38	-1.41	-0.53
<i>Rhinoclemmys areolata</i>	0.01	-6.91	-0.06
<i>Bufo marinus</i>	0.02	-5.91	-0.10
$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$			2.72 bits/ind

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE MAMÍFEROS			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG ₂ Pi	Pi * LOG ₂ Pi
<i>Odocoileus virginianus</i>	0.11	-3.20	-0.35
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	0.07	-3.94	-0.26
<i>Nasua narica</i>	0.33	-1.62	-0.53
<i>Artibeus jamaicensis</i>	0.09	-3.53	-0.31
<i>Didelphis virginiana</i>	0.11	-3.20	-0.35
<i>Sylvilagus floridanus</i>	0.04	-4.53	-0.20
<i>Agouti paca</i>	0.07	-3.94	-0.26
<i>Heteromys gaumeri</i>	0.07	-3.94	-0.26
<i>Sciurus yucatanensis</i>	0.11	-3.20	-0.35
<i>Dasybus novemcinctus</i>	0.02	-5.53	-0.12
$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$			2.96 bits/ind

Como se puede observar en los datos de las tablas anteriores, la fauna asociada al ecosistema de Selva mediana subperennifolia que existe en el predio testigo de la microcuenca, ostenta una alta biodiversidad en cuanto a especies de aves se refiere, ya que el índice de Shannon – Wiener (1949) alcanza un valor de $H= 4.60$ *bist/ind*; y tomando en cuenta que de acuerdo con dicho índice, el valor máximo suele estar cerca de 5, y a mayor valor del índice indica una mayor biodiversidad del ecosistema. Caso contrario a lo que ocurre con el grupo de los anfibios, reptiles ($H= 2.72$ *bist/ind*) y mamíferos ($H= 2.96$ *bits/ind*), en donde el índice alcanzó un valor cercano a 3, lo que indica que su biodiversidad en el ecosistema es moderada.

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO
EN TERRENOS FORESTALES
MODALIDAD A

Capítulo 5

DESCRIPCIÓN DE LAS
CONDICIONES DEL PREDIO QUE
INCLUYA LOS FINES A QUE ESTÉ
DESTINADO, CLIMA, TIPOS DE
SUELO, PENDIENTE MEDIA,
RELIEVE, HIDROGRAFÍA Y TIPOS DE
VEGETACIÓN Y DE FAUNA

JUNIO DE 2016

ECLIPZEN

FINES A LOS QUE ESTÁ DESTINADO EL PREDIO

El terreno forestal donde se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo corresponde al Predio el Torito ubicado en Avenida Maya Mística sin número, Lote 001, Manzana 002, por calle Circuito Sagrado, municipio de Solidaridad, Quintana Roo; asimismo, la superficie que se somete a evaluación se encuentra regulada por el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad dentro de la Unidad de Gestión Ambiental 5 denominada “Corredor Cárstico”, la cual permite para el caso de la superficie de CUSTF usos condicionados el ecoturístico, UMA’s, reserva natural, forestal y equipamiento; entendiéndose como uso ecoturístico el aprovechamiento turístico sustentable del territorio fuera de los centros de población que implica el uso de playas, selvas, sabanas, cenotes, cuevas y otros ambientes terrestres o acuáticos propicios para acampar, realizar travesías a pie, en vehículos impulsados por el hombre o animales de tiro y carga, así como para la construcción y operación de desarrollos ecoturísticos en los términos que establece la Ley de Turismo del Estado de Quintana Roo, su Reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.

Por su parte, en materia de desarrollo urbano, el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Solidaridad, establece para la superficie de interés un uso de suelo de zona ecoturística en el predio del proyecto, uso que se define bajo la clave ZE y que permite un desmonte del 15%; por lo que se encuentran contempladas las actividades propuestas por el presente proyecto.

Considerando ambos instrumentos normativos, se ha tomado la decisión de destinar el predio al uso ecoturístico, sin embargo, en esta etapa del proyecto sólo se somete a evaluación el cambio de uso de suelo a través de la remoción de vegetación forestal.

ELEMENTOS ABIÓTICOS

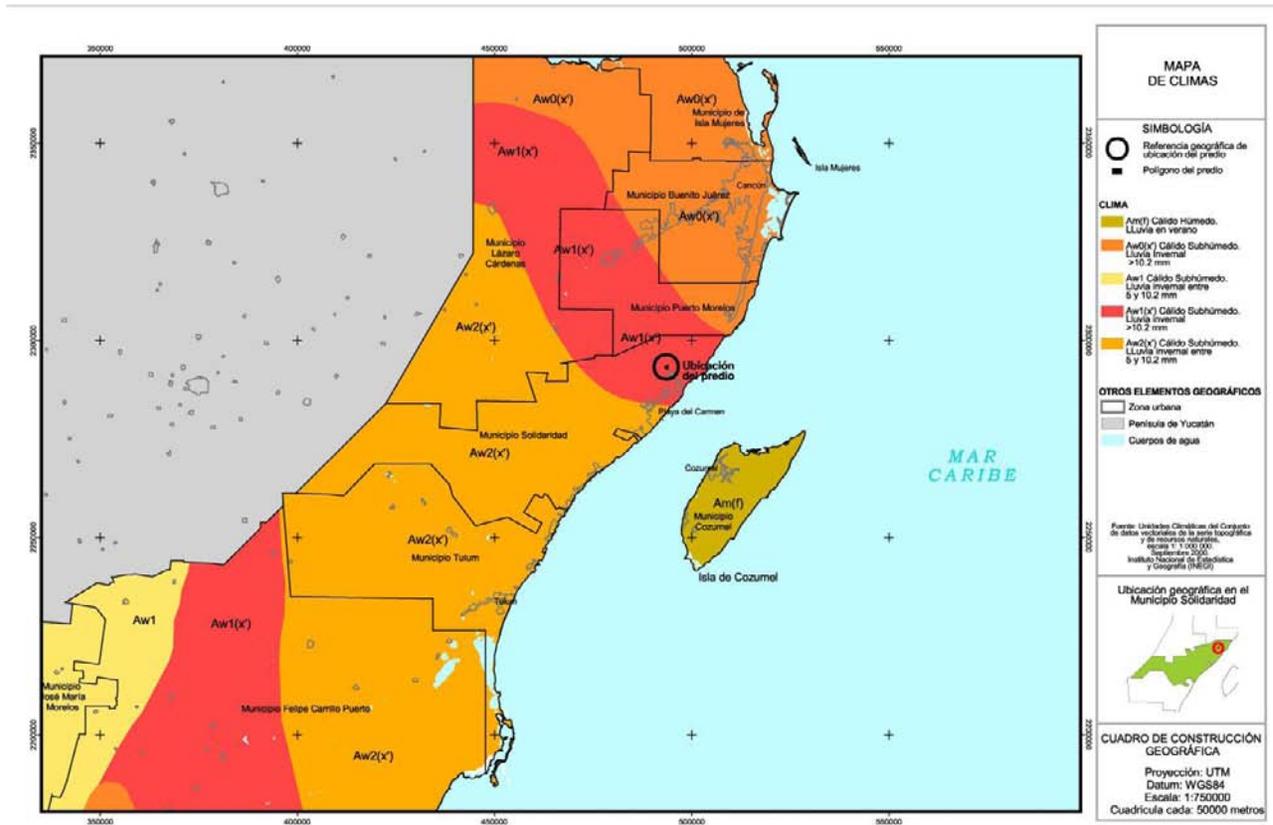
Clima

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1983), el predio se ubica en el subtipo climático cálido subhúmedo Aw1(x'), el cual presente una temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano mayores al 10.2% anual (ver plano de la página siguiente).

Temperatura y precipitación media anual

Para la zona donde se ubica el predio de interés, se registran los valores de temperaturas mínimas en los meses de diciembre y febrero, y las temperaturas máximas entre mayo y septiembre. La temperatura promedio anual es de 25.4 °C, mientras que la media mensual oscila de 22.8 °C en el mes más frío (febrero) a 27.5 °C en el más cálido (julio), por lo que la oscilación térmica es de 4.7 °C. La temperatura máxima registrada para la zona es de 35.5 °C, en tanto que la temperatura mínima es de 13.4 °C.

La precipitación media anual en la zona donde se ubica el predio es de 1,300 a 1,500 mm y la precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; las lluvias de verano mayores al 10.2% anual (ver plano siguiente). Según los datos reportados por la estación climática de Playa del Carmen (CNA), la precipitación media es de 1,475.5 mm, en tanto que el promedio mensual es de 123.3 mm. Por otra parte, en la temporada de seca se registran meses sin precipitación o con precipitación muy escasa.



Ubicación del predio dentro de la carta unidades climáticas.

Vientos

Los vientos dominantes de febrero a julio son los alisios, provenientes del sureste con velocidades de 10 km/hr en promedio y hasta 30 km/hr durante perturbaciones tropicales (López-Rivas, 1994). Se presentan vientos del norte durante los meses de invierno, particularmente de noviembre a marzo.

Independientemente de que se trate de huracán, tormenta tropical o norte, estos fenómenos son importantes agentes en la modificación de las Costas de Quintana Roo. La fuerza del embate, ocasiona muerte a la flora y fauna del litoral. Estas pérdidas además, se presentan en extensiones considerables. Las comunidades **vegetales costeras, en particular la duna y el manglar sufren rupturas, desgajamiento y “quemaduras”** por sal marina, de tal forma que se modifica temporalmente el paisaje.

Intemperismos severos

Estos fenómenos atmosféricos se generan anualmente, entre los meses de Junio a Noviembre (temporada de huracanes) y arrastran consigo grandes volúmenes de humedad, misma que se precipita por medio de ráfagas y fuertes precipitaciones. La formación de estas perturbaciones atmosféricas sucede en una de las dos matrices registradas en la región. La primera se localiza en el Mar Caribe, frente a las costas de Venezuela y Trinidad, cuyos fenómenos se desplazan hacia el noroeste sobre el Mar Caribe, atravesando América Central y las Antillas Menores, dirigiéndose finalmente hacia el norte hasta las costas de Florida, Estados Unidos de Norteamérica, afectando a su paso las costas del estado de Quintana Roo. La segunda, comprende desde el frente de las Antillas Menores en el Caribe oriental hasta el océano Atlántico tropical,

por el área de Cabo Verde frente a las costas del continente Africano. Los fenómenos originados aquí tienen un rumbo general hacia el oeste, cruzando entre las Islas de la Antillas de sotavento y barlovento, para encausarse hacia la Península de Yucatán, y luego continuar al Golfo de México, afectando los estados de Veracruz y Tamaulipas en México, así como Texas y Florida en los Estados Unidos de Norteamérica.

Estos fenómenos naturales pueden evolucionar hasta tres etapas (depresión tropical, tormenta tropical y huracán) de acuerdo a la velocidad del viento que logren alcanzar. En la zona norte de Quintana Roo, lugar donde se encuentra el predio de interés, se tienen registros del paso de los ciclones que se expresan en el siguiente cuadro.

Año	Mes	Nombre	Categoría	Vel prom.(km/h)
1988	Septiembre	Gilbert	Huracán intensidad 5	295
1988	Noviembre	Keith	Tormenta Tropical	115
1990	Agosto	Diana	Huracán intensidad 2	165
1993	Septiembre	Gert	Huracán intensidad 2	165
1995	Septiembre	Opal	Huracán intensidad 4	240
1995	Octubre	Roxanne	Huracán intensidad 3	185
1996	Agosto	Dolly	Tormenta Tropical	40
1999	Julio	DT 2	Depresión Tropical	55
1996	Agosto	Dolly	Huracán intensidad 1	130
2000	Septiembre	Gordon	Depresión Tropical	56
2002	Septiembre	Isidore	Huracán intensidad 3	201
2003	Julio	Claudette	Tormenta Tropical	80
2005	Julio	Cindy	Depresión Tropical	48
2005	Julio	Emily	Huracán intensidad 3	177
2005	Octubre	Stan	Tormenta Tropical	64
2005	Octubre	Wilma	Huracán intensidad 4	201
2006	Junio	Alberto	Depresión Tropical	56
2007	Julio	Dean	Huracán intensidad 5	265
2008	Julio	Dolly	Tormenta Tropical	50

En septiembre de 1988, el huracán Gilberto atravesó la zona sur de la ciudad afectando las condiciones naturales del ecosistema, el ojo del huracán alcanzó 15 km de diámetro y su zona de influencia fue de 1,250 km (mientras embestía a la Península de Yucatán también afectaba a la Isla de Cuba). En 1998, la zona fue afectada por un sin número de precipitaciones pluviales generadas por el huracán Mitch, el cual aunque no pasó por la región, tuvo un diámetro bastante considerable que prácticamente abarcó todo el Estado. El huracán Isidoro, durante el mes de octubre del año 2002, bordeó la ciudad de Cancún en su franja costera, causando numerosas precipitaciones e inundaciones en diferentes puntos de la ciudad. El 17 de julio del 2005, el huracán Emily dejó por la fuerza con la que llegó a tierra, numerosas afectaciones en la zona norte, ocasionando pérdida de la vegetación ó marchitamiento del follaje de la vegetación distribuida en la parte norte del estado y numerosas inundaciones debido a la precipitación recibida. El 21 de octubre de 2005, se presentó el huracán Wilma con categoría 4 en la escala SAFFIR-SIMPSON, ocasionando daños catastróficos en la zona Norte del estado, tales como destrucción de la vegetación, modificación de la línea de costa, inundaciones serias y pérdida de infraestructura urbana y turística, por lo que ahora es considerado el huracán más catastrófico registrado para la zona; afectó gran parte del territorio del estado de Quintana Roo y Yucatán, con mayor intensidad al Municipio de Benito Juárez (entre Cancún y Puerto Morelos), así como Cozumel. Desde el 2005 a la fecha, no se han presentado eventos de consideración. Dentro del área

de estudio, las principales afectaciones se reflejan en árboles dañados reduciendo con ello la calidad ecosistémica

Intemperismos no severos

Anualmente se registran, durante los meses de noviembre a febrero, frentes fríos de tipo anticiclónico que descienden desde Norteamérica, conocidos comúnmente como Nortes. Al considerar la magnitud de sus características, en lo que respecta a cambios en la temperatura ambiente, aportes a la precipitación pluvial y dirección de sus vientos, los Nortes no representan un fenómeno natural que produzca alguna alteración significativa del paisaje por su ocurrencia, razón por la cual se les denomina intemperismos no severos.

Su arribo a la zona se manifiesta por medio de la formación de masas húmedas y frías provenientes de la región polar del continente y el norte del océano Atlántico. Estos fenómenos tienen un desplazamiento hacia el sudeste hasta que son disipados por la predominancia de condiciones cálidas en las cercanías del Ecuador. En la época invernal en que se manifiestan, los días despejados pueden reducirse hasta un 50%, debido a que estos frentes fríos arrastran grandes extensiones de nubosidad e incrementan de manera importante la precipitación pluvial.

Fisiografía

El sitio del proyecto y su área de influencia, se albergan dentro de una gran provincia fisiográfica denominada Península de Yucatán. La mayor parte de esta provincia está constituida por estratos calizos más o menos horizontales que hacen de ella una región relativamente plana, cuyas mayores alturas se acercan a los 300 msnm hacia el centro de la península cerca del límite con Campeche y en la parte suroeste del Estado extendiéndose esta zona con dirección aproximada Norte-Sur.

El paso de las partes altas de la región anterior a las bajas situadas en el Este de Quintana Roo, se realiza por una serie de escalones bruscos que corresponden a líneas de fallas, mostrando las características de una meseta baja tectónica (horst), que se extiende hacia el Sur. Esta zona presenta en su porción media y occidental, junto a las elevaciones, frecuentes depresiones y pequeñas cimas interrumpidas por grandes áreas de menor relieve, casi planas, con altitudes en Quintana Roo de 20 a 40 m. Otra de sus características, refiere a que a lo largo de la franja costera, con una variación de entre 70 y 200 m de distancia a la línea de mar se genera un desnivel de entre dos y cuatro metros de altura dividiendo una zona baja de playa y el nivel medio de la población, por lo demás no se detectan elevaciones importantes o accidentes salvo los que existen de forma puntual generando cenotes con profundidades que fluctúan entre los 8 y los 30 metros bajo el nivel medio del mar.

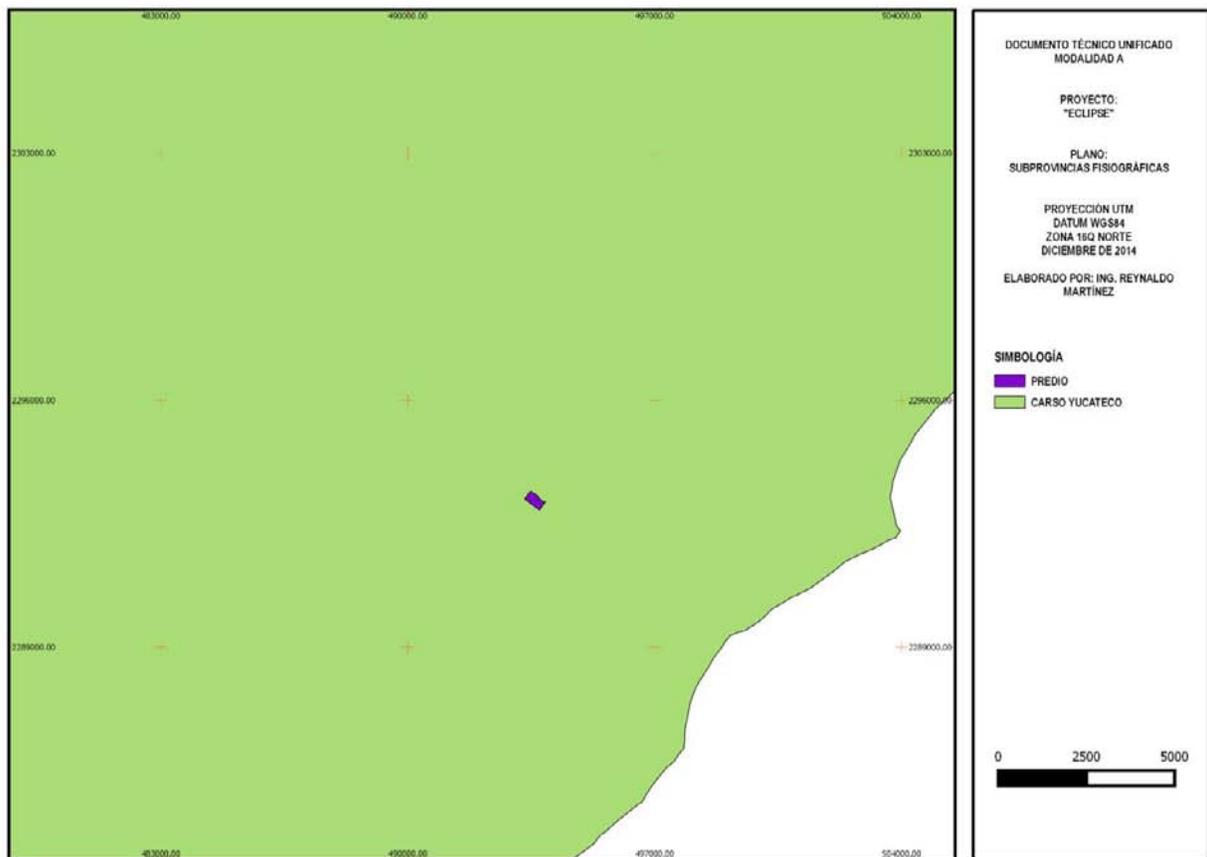
En el estado la conformación del territorio puede ser descrita en términos de las subprovincias fisiográficas que se encuentran en él, y que son Carso y Lomeríos de Campeche, Carso Yucateco y Costa Baja de Quintana Roo. El predio se localiza en la subprovincia denominada Carso Yucateco (ver plano siguiente). Ésta, abarca el 54% de la superficie estatal y se distribuye a lo largo de la costa del Estado, desde Isla Mujeres, Cancún, Playa del Carmen y Tulum para posteriormente internarse hasta Carrillo Puerto y José María Morelos. Además de ser la más amplia planicie que comprende la parte norte de la península, se eleva sólo unos metros del nivel del mar, caracterizada por ser una losa constituida de calizas granulosas de color blanquecino llamadas Sascab. La naturaleza de su formación no permitió la mineralización, razón por la cual, la geología económica de la zona, se reduce a la explotación de algunos yacimientos de yeso, arcillas y calizas, localmente son aprovechadas para la fabricación de materiales de construcción, como tabiques, industria cementera, piedras y gravas. La composición geológica y su estratificación generalmente horizontal, no permite grandes perturbaciones geológicas. En su porción litoral son frecuentes las salientes

rocosas, caletas, pequeños escarpes, cordones y espolones, así como lagunas pantanosas intercomunicadas con el mar por canales o bocas y extensas zonas de inundación con vegetación de manglar.

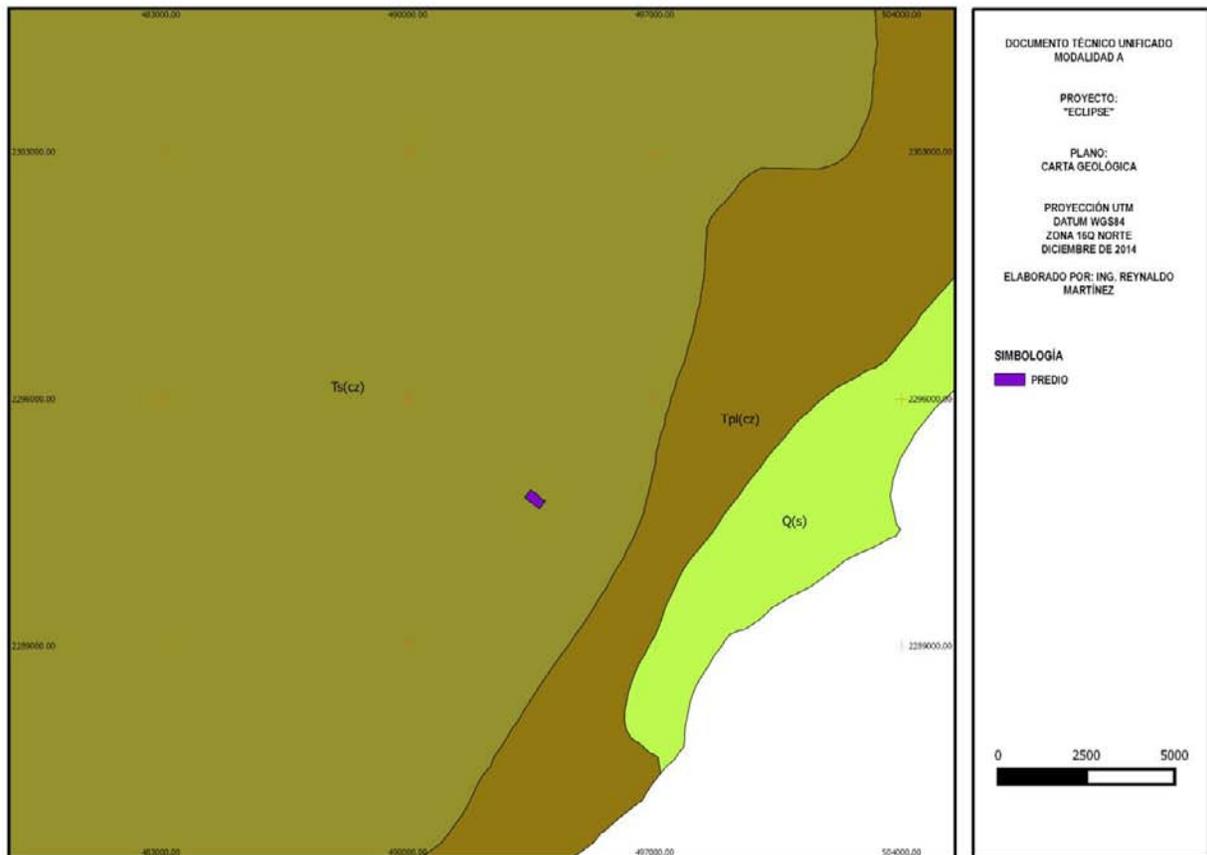
Geología

El estado de Quintana Roo se compone por unidades litológicas formadas por rocas sedimentarias de origen Terciario (Paleoceno) y Cuaternario; aflorando las más antiguas en el Suroeste, mientras que las formaciones más jóvenes se encuentran conforme se avanza con rumbo al Norte y Este. El subtipo geológico en el que se inserta el predio del proyecto es el Ts(cz) el cual incluye las rocas calcáreas de la formación Carrillo Puerto, conformadas por calizas microcristalinas de diferentes texturas y que son rocas de colores café claro, blanco y rojizo, que al alternarse producen arcillas rojas lateríticas como residuo de su disolución.

El relieve de esta unidad está formado por lomas de baja altura entre depresiones que por lo general corresponden a las zonas de mayor disolución (ver plano siguiente).



Ubicación del predio dentro de la carta de fisiografía.



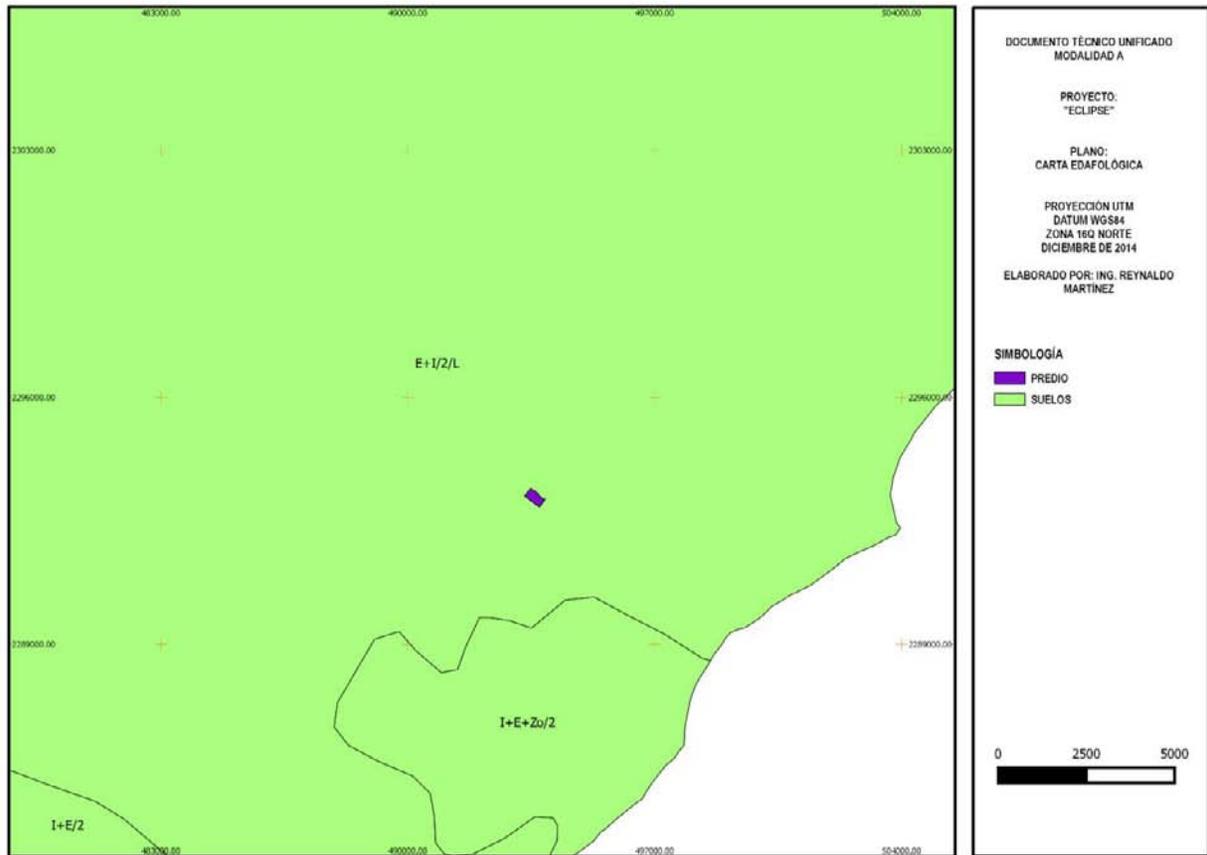
Ubicación del predio dentro de la carta geológica.

Edafología

El origen geológico de la Península de Yucatán es reciente y se compone de rocas sedimentarias producto de la acción del clima sobre los estratos geológicos, así las rocas calizas afectadas por las altas temperaturas y la gran cantidad de agua de lluvia, han generado suelos denominados Rendzinas, que son los que cubren la mayor parte del Estado de Quintana Roo. Mediante el análisis de la carta edafológica escala 1 a 250,000 de INEGI, la cual indica la distribución geográfica de los suelos, clasificados de acuerdo con las descripciones de unidades FAO/UNESCO, se advierte que el predio de estudio se encuentran dentro de la Unidad Edafológica de Rendzina mas Litosol (E+I/2/L), donde el suelo predominante o primario es la Rendzina y el Litosol como suelo secundario, con clase textural media, en fase física lítica (ver plano adyacente carta edafológica. Fuente: Conjunto de datos vectoriales del INEGI, escala 1:250000. Coordenadas proyectadas en unidades UTM / WGS84_Zona 16Q Norte.).

Rendzinas. Del polaco *rzedzic*: ruido. Connotativo de suelos someros que producen ruido con el arado por su pedregosidad. Estos suelos se presentan en climas semiáridos, tropicales o templados. Se caracterizan por tener una capa superficial abundante en materia orgánica y muy fértil que descansa sobre roca caliza o materiales ricos en cal. Generalmente las rendzinas son suelos arcillosos y poco profundos -por debajo de los 25 cm- pero llegan a soportar vegetación de selva alta perennifolia. En el estado de Yucatán se utilizan también para la siembra de henequén con buenos rendimientos y para el maíz con rendimientos bajos. Si se desmontan se pueden usar en la ganadería con rendimientos bajos a moderados pero con gran peligro de erosión en laderas y lomas. El uso forestal de estos suelos depende de la vegetación que presenten. Son moderadamente susceptibles a la erosión, no tienen subunidades y su símbolo es (E).

Litsoles. Del griego *lithos*: piedra. Literalmente, suelo de piedra. Son los suelos más abundantes del país pues ocupan 22 de cada 100 hectáreas de suelo. Se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, en todas las sierras de México, barrancas, lamerías y en algunos terrenos planos. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión son muy variables dependiendo de otros factores ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. En bosques y selvas su uso es forestal; cuando hay matorrales o pastizales se puede llevar a cabo un pastoreo más o menos limitado y en algunos casos se destinan a la agricultura, en especial al cultivo de maíz o el nopal, condicionado a la presencia de suficiente agua. No tiene subunidades y su símbolo es (I).



Ubicación del predio dentro de la carta edafológica

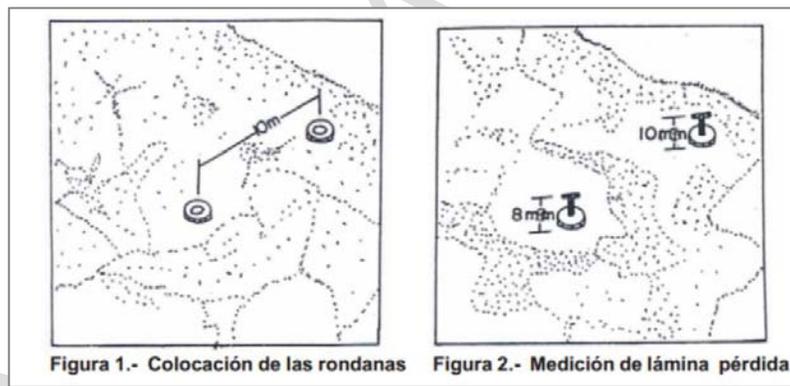
Hidrología

El sistema hidrológico influye directamente en la distribución y dinámica de la fauna y flora, pero también en las actividades humanas y en la distribución de los asentamientos, por lo que conocer su comportamiento es de vital importancia para la planeación del desarrollo de la región. La alta permeabilidad del suelo ha favorecido el desarrollo del relieve cárstico. Sin embargo también hay superficies de permeabilidad intermedia y baja, ubicadas en depresiones tectónicas o cársticas donde se han acumulado suelos residuales y materiales transportados por la escasa actividad fluvial.

No obstante lo anterior, en el predio del proyecto no existen cuerpos de agua ni afloraciones del manto freático. Cabe señalar que el predio del proyecto se ubica dentro de una zona con material consolidado y posibilidades altas de funcionar como acuífero; y en una zona con coeficiente de escurrimiento de 0 a 5%, lo cual indica que el relieve es plano.

Estimación de la pérdida actual del suelo a nivel del predio

Para evaluar la **pérdida actual del suelo que ocurre a nivel del predio, se utilizó el método de “clavos y rondanas”, dado que se trata de un método sencillo, práctico y de bajos costos.** El método consiste en utilizar clavos con rondanas, colocados a lo largo de un transecto a intervalos regulares (Fig. 1). La rondana se coloca de manera que descansa sobre la superficie del suelo, tocando ligeramente la cabeza del clavo. El propósito de la rondana es marcar cortes en el terreno ocasionados por erosión y de esta forma medir el espesor de la capa de suelo perdido (Fig. 2).



Respecto a los materiales y equipo utilizado para poder "leer" los cambios en el nivel de la superficie del **suelo con mayor precisión, se utilizaron clavos estándar de 5" y rondanas planas de acero inoxidable de 2"**. Se utilizó un GPS de la marga Garmin calibrado en coordenadas UTM, referidas al Datum WGS84 y a la Zona 16Q Norte para ubicar los puntos de muestreo se utilizó y se uso cinta métrica graduada en milímetros para medir los cortes en el terreno; asimismo se utilizó un tubo de PVC de 4 cm de altura y 2 pulgadas de diámetro, que permitió recolectar un volumen de 81 cm³ ($V=\pi*r^2*h$), por cada muestra tomada del suelo utilizada para el cálculo de la densidad aparente.

Para la aplicación del método propuesto se llevó a cabo un muestreo aleatorio estratificado con el propósito de que el predio este representado adecuadamente en la muestra. Para determinar los puntos de muestreo, se trazó una cuadrícula distribuida a lo largo y ancho del predio a un intervalo de 20 m, y se seleccionaron dos puntos al azar (X, Y) de tal manera que la intersección de dichos puntos indicaba la coordenada en donde se debía ubicar la unidad de muestreo.

Es importante mencionar que en cada punto de muestreo se llevó a cabo una limpieza a matarrasa, en un radio de 1 metro alrededor del clavo, dejando expuesto el suelo a las condiciones climáticas, con el fin de que la materia orgánica en descomposición no afecte o altere las mediciones en campo. Los sitios permanecieron expuestos a las condiciones del medio durante 5 días, siendo el día 6 durante el cual se recabaron los datos en campo.

Durante los días de muestreo, se midió el corte del terreno por la pérdida del suelo mediante la cinta milimétrica, asimismo, con la ayuda del tubo de PVC se recogieron muestras del suelo (81 cm³ por cada muestra), el cual se enterró en la capa superficial del suelo con la ayuda de un mazo pequeño, eliminando únicamente la hojarasca que había en el sitio de la muestra. Posteriormente con ayuda de una pala se sacó el cilindro enterrado y con la ayuda de una navaja se enrasaba el suelo sobresaliente del cilindro para garantizar un volumen definido de suelo en cada muestra. Las muestras obtenidas del suelo fueron secadas a 105 °C hasta obtener un peso constante. Para cada sitio o punto de muestreo, se tomaron cinco repeticiones; una en el centro de cada sitio (cerca del clavo) y una muestra a diez metros del centro, en cada uno de los puntos cardinales, para finalmente obtener un promedio de densidad aparente por sitio de muestreo.

En la siguiente tabla se presentan los datos obtenidos para la pérdida y deposición de suelo en cada sitio de muestreo, considerando el período de 5 días en el que permanecieron *“in situ”*.

PARÁMETRO	REGISTRO DE PÉRDIDA Y DEPOSICIÓN DE SUELO										Σ Promedio
	SITIOS O PUNTOS DE MUESTREO										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Pérdida (mm)	-1	0	0	0	0	0	-1	-1	0	-1	-0.4 mm
Deposición (mm)	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	+0.3 mm

Respecto a la estimación de la densidad aparente del suelo, se utilizó el método denominado **“determinación gravimétrica de la densidad aparente en muestra no alterada”**, para lo cual fueron útiles los tubos de PVC arriba citados.

Extraída la muestra de suelo con los cilindros extractores y cubiertos con las tapas para evitar pérdidas de material, se colocó en una estufa con horno a 105-110 °C hasta peso constante (aproximadamente 23 hs). La densidad aparente (gr/cm³) se determinó con base en la siguiente fórmula:

$$DA \text{ (gr/cm}^3\text{)} = (A-B) / V$$

Donde:

A= peso seco del suelo

B= tara del cilindro (10 gr)

V= volumen de la muestra

Los resultados obtenidos de la densidad aparente fueron los siguientes:

REGISTRO DE DENSIDAD APARENTE DE SUSTRATO			
SITIO/MUESTRA	PESO SECO (gr)	TARA DEL CILINDRO (gr)	VOLUMEN DE SUELO (cm ³)
1	398	10	405

REGISTRO DE DENSIDAD APARENTE DE SUSTRATO			
SITIO/MUESTRA	PESO SECO (gr)	TARA DEL CILINDRO (gr)	VOLUMEN DE SUELO (cm ³)
2	715	10	405
3	688	10	405
4	543	10	405
5	601	10	405
6	579	10	405
7	412	10	405
8	434	10	405
9	698	10	405
10	534	10	405
Acumulación (Σ)	5,602 gr	100 gr	4,050 cm ³
Acumulación (Σ)	5.602 kg	0.1 kg	0.00405 m ³
DENSIDAD APARENTE = 1,358.5 kg/cm ³ (5.602 kg / 0.00405 m ³)			

Para los datos expuestos en la tabla anterior, se consideró un tara del tubo o cilindro equivalente a 10 gramos (0.1 kg), así como un volumen de suelo de 405 cm³ para todas las muestras (0.00405 m³). Los resultados obtenidos expresados en milímetros, fueron transformados a toneladas por metro cúbico (Ton/m³), lo que nos arroja un resultado de 1.35 Ton/m³ para la unidad edáfica.

Por lo que toca a la cuantificación de pérdida, se obtuvieron los 4 datos siguientes:

- 1) *Tasa media de erosión*: Para la cuantificación de la tasa se erosión a nivel del predio, aplicando el método de clavos y rondanas, se utilizó la siguiente la fórmula de Pizarro y Cuitiño (2002):

$$X = Y * Da * 10$$

Donde:

X= pérdida de suelo o suelo erosionado

Y= altura media de suelo erosionado (mm)

Da= densidad aparente (Ton/m³)

Sustituyendo los valores de la fórmula para el estrato del proyecto, se obtienen los siguientes resultados:

$$X = Y * Da * 10$$

$$P = 0.4 * 1.35 * 10$$

$$P = 5.4 \text{ Ton/ha/año}$$

- 2) *Tasa media de deposición*: Para la cuantificación de la tasa se erosión a nivel del predio, aplicando el método de clavos y rondanas, se utilizó la misma fórmula citada anteriormente (Pizarro y Cuitiño, 2002), pero considerando los valores de deposición obtenidos en campo, **de tal manera que la variable "Y" ahora** corresponde al valor de deposición promedio del suelo (0.3), quedando de la siguiente manera:

$$X = Y * Da * 10$$

$$P = 0.3 * 1.35 * 10$$

$$P = 4.05 \text{ Ton/ha/año}$$

- 3) *Erosión neta*: Se denomina como erosión neta (En) a la diferencia entre la erosión y la sedimentación ocurrida, expresada en metros cúbicos por hectárea o toneladas por hectárea (Cuitiño, 1999). Se expresa como:

$$E_n = E - S$$

Donde:

E_n = Erosión neta (ton/ha).

E = Erosión media del estrato (ton/ha).

S = Sedimentación media del estrato (ton/ha).

Sustituyendo los valores de la fórmula se obtienen lo siguiente:

$$E_n = 5.4 \text{ Ton/ha/año} - 4.05 \text{ Ton/ha/año} = 1.35 \text{ Ton/ha/año}$$

En virtud de lo anterior, la erosión neta para el predio del proyecto es de 1.35 Tons/ha/año, lo que significa que se pierde una lámina de suelo de 0.13 mm, si consideramos que 1 mm de suelo es igual a 10 ton/ha de suelo (Martínez, M., 2005).

Al respecto, es importante señalar que la cifra arriba citada, refiere a una erosión neta bajo el supuesto de **que el suelo quede completamente “desnudo”, es decir, que se remueva totalmente la vegetación, quedando** expuesto a las condiciones de la lluvia y el viento. Lo anterior considerando que en cada punto de muestreo se llevó a cabo una limpieza a matarrasa, en un radio de 1 metro alrededor del clavo, dejando expuesto el suelo a las condiciones climáticas, con el fin de que la materia orgánica en descomposición no afecte las mediciones considerando la metodología utilizada.

Estimación de la pérdida del suelo con el cambio de uso del suelo propuesto

Para la estimación de la pérdida de suelo que ocurriría en la superficie de cambio de uso de suelo propuesta, y considerando que se trata de un caso hipotético con fines de predicción (erosión potencial), se optó por utilizar la siguiente ecuación (Martínez, M., 2005):

$$E_p = R * K * LS$$

Donde:

E_p = Erosión potencial

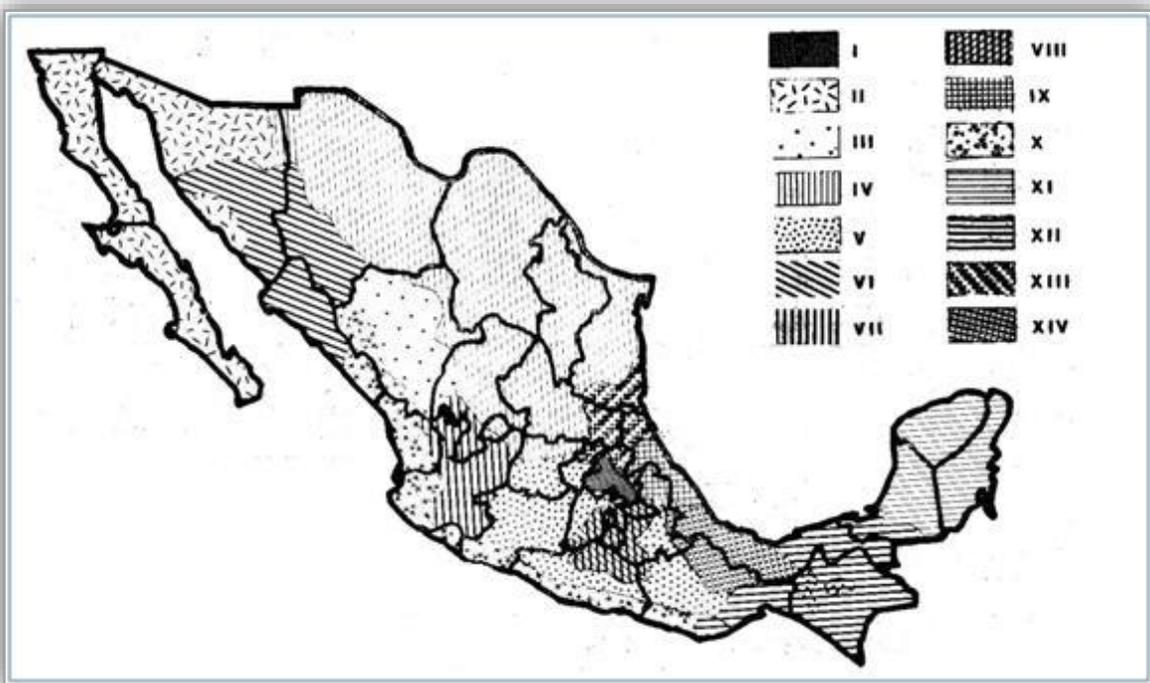
R = Erosividad

K = Erosionabilidad

LS = Longitud y grado de pendiente

Erosividad

El Dr. Martínez señala que la Erosividad (R) se puede estimar utilizando la precipitación media anual de la región bajo estudio; como primer paso se selecciona la región bajo estudio en el mapa de la República donde existen 14 regiones, la región bajo estudio se asocia a un número de la región y se consulta una ecuación cuadrática donde a partir de datos de precipitación anual (P) se puede estimar el valor de R como se presenta en la siguiente figura y tabla.



Ecuaciones Cuadráticas para el Cálculo de Erosividad en la República Mexicana.

Regiones para Calcular la Erosividad en la República Mexicana		
Región	Ecuación	R2
I	$R = 1.2078P + 0.002276P^2$	0.92
II	$R = 3.4555P + 0.006470P^2$	0.93
III	$R = 3.6752P - 0.001720P^2$	0.94
IV	$R = 2.8959P + 0.002983P^2$	0.92
V	$R = 3.4880P - 0.000188P^2$	0.94
VI	$R = 6.6847P + 0.001168P^2$	0.90
VII	$R = -0.0334P + 0.006661P^2$	0.98
VIII	$R = 1.9967P + 0.003270P^2$	0.98
IX	$R = 7.0458P - 0.002096P^2$	0.97
X	$R = 6.8938P + 0.000442P^2$	0.95
XI	$R = 3.7745P + 0.004540P^2$	0.98
XII	$R = 2.4619P + 0.006067P^2$	0.96
XIII	$R = 10.7427P - 0.006067P^2$	0.97
XIV	$R = 1.5005P + 0.002640P^2$	0.95

Para el caso de la Península de Yucatán en la que se sitúa la zona del proyecto, le corresponde la Región XI, con la ecuación $R = 3.7745P + 0.004540P^2$.

Para estimar el valor de Erosividad del predio donde se propone desarrollar el proyecto, se considera el valor de 1,475.5 mm de precipitación media anual estimado en la estación de Playa del Carmen, este valor, será el valor de (P) en la fórmula, quedando.

$$\begin{aligned}
 R &= 3.7745P + 0.004540P^2 \\
 R &= 3.7745 (1,475.5) + 0.004540 (1,475.5)^2 \\
 R &= 5,569.27 + 0.004540 (2'177,100.25) \\
 R &= 5,569.27 + 9,884.04
 \end{aligned}$$

$$R = 15,453.30 \text{ Mj/ha mm/hr}$$

Erosionabilidad (K)

La susceptibilidad de los suelos a erosionarse depende del tamaño de las partículas del suelo, el contenido de materia orgánica, la estructura del suelo y la permeabilidad.

Con datos de la textura de los suelos y contenido de materia orgánica, se estima el valor de Erosionabilidad (K). Para el caso del predio y de acuerdo con información del INEGI, el suelo presente en el predio es una Rendzina y al consultar la guía para la interpretación de cartografía de edafología, señala que este tipo de suelo tiene una textura arcillosa; en la tabla de equivalencias porcentuales de materia orgánica en relación a la textura del suelo, indica que para la arcilla el porcentaje de materia orgánica es de 0.013 a 0.029 donde el valor de 0.013 es para los suelos con un porcentaje de materia orgánica mayor al 5% y 0.029 es el valor para los suelos con un porcentaje de materia orgánica menor al 5%.

En las condiciones del suelo del predio, el origen proviene de la caída y descomposición de las hojas y ramas, pero cuenta con una delgada capa en la que se mezcla humus y materia inorgánica producto de la descomposición de la materia orgánica, por lo que se recomienda considerar que el porcentaje de materia orgánica sea menor al 5%, en donde esto implica que el valor de K es de 0.029 conforme al cuadro siguiente.

Erosionabilidad de los Suelos (K) en Función de Textura y Contenido de Materia Orgánica			
Textura	Porcentaje (%) de Materia Orgánica		
	0.0 – 0.5	0.5 – 2.0	2.0 – 4.0
Arena	0.005	0.003	0.002
Arena Fina	0.016	0.014	0.010
Arena muy Fina	0.042	0.036	0.028
Arena Miqajosa	0.012	0.010	0.008
Arena Fina Miqajosa	0.024	0.020	0.016
Arena muy Fina Miqajosa	0.044	0.038	0.030
Miqajón Arenosa	0.027	0.024	0.019
Miqajón Arenosa Fina	0.035	0.030	0.024
Miqajón Arenosa muy Fina	0.047	0.041	0.033
Miqajón	0.038	0.034	0.029
Miqajón Limoso	0.048	0.042	0.033
Limo	0.060	0.052	0.042
Miqajón Arcillo Arenosa	0.027	0.025	0.021
Miqajón Arcillosa	0.028	0.025	0.021
Miqajón Arcillo Limosa	0.037	0.032	0.026
Arcillo Arenosa	0.014	0.013	0.012
Arcillo Limosa	0.025	0.023	0.019
Arcilla	0.013 – 0.029		

Longitud y Grado de Pendiente (LS)

La pendiente del terreno en un punto dado, se refiere al ángulo que forma el plano horizontal con el plano tangente a la superficie del terreno en ese punto. Es, en definitiva, la inclinación o desnivel del suelo; En lugar de expresarla como un ángulo, es más interesante representar la pendiente del terreno como un valor de tanto por ciento. Esto se obtiene multiplicando por 100 la tangente del ángulo que define el desnivel del suelo.

La pendiente del terreno se estima como:

$$S = \frac{Ha - Hb}{L}$$

Donde:

S = Pendiente media del terreno (%).

Ha = Altura de la parte alta del terreno (m).

Hb = Altura de la parte baja del terreno (m)

L = Longitud del terreno (m).

Con la información obtenida del INEGI y la señalada en el presente estudio, se obtuvo la variación en metros en el terreno, este ejercicio se realizó en orientación Noroeste - Sur del predio; en el resultado del ejercicio se obtuvo que la parte más alta del terreno es de 13 metros y la parte más baja es de 10 metros. Aunado a lo anterior para la obtención del valor denominado longitud del terreno, se consideró como medida la longitud más larga y continua entre dos vértices del terreno siendo esta de 581 metros.

Una vez obtenidos las tres variables se realizó la sustitución de la fórmula, multiplicándose por 100 para representar el valor porcentual de la pendiente, obteniéndose el siguiente resultado:

$$S = \frac{13 - 10}{581} = 0.005 \times 100 = 0.5 \%$$

Una vez obtenido el valor de la pendiente del terreno (0.5 %) en un longitud de 581 metros se puede obtener el valor de (LS) con la siguiente ecuación.

$$LS = (\lambda)^m (0.0138 + 0.00965 S + 0.00138 S^2)$$

Donde:

LS = Factor de grado y longitud de la pendiente.

λ = Longitud de la pendiente

S = Pendiente media del terreno.

m = Parámetro cuyo valor es 0.5.

Al sustituir la formula se obtiene el siguiente valor de LS

$$LS = (581)^{0.5} [0.0138 + 0.00965 (0.5) + 0.00138 (0.5)^2]$$

LS = 0.4

Una vez obtenidos todas las variables de la fórmula para calcular la erosión potencial de un terreno desprovisto de vegetación se obtuvo el siguiente resultado:

$$Ep = R * K * LS$$

Donde:

R = 15,453.30

K = 0.029

LS = 0.4

$$Ep = (15,453.30) (0.029) (0.4)$$

Erosión potencial = 179.2 toneladas/ hectárea / año

La erosión potencial calculada nos indica que se perderían 179 ton/ha/año en la superficie de cambio de uso de suelo, sin prácticas de conservación; lo que significa que anualmente se perdería una lámina de suelo de 17.9 mm, si consideramos que 1 mm de suelo es igual a 10 ton/ha de suelo (Martínez, M., 2005).

Estimación de la captación de agua en el área sujeta a CUSTF

En cantidad

La captura de agua o desempeño hidráulico, es el servicio ambiental que producen las áreas arboladas al impedir el rápido escurrimiento del agua de lluvia precipitada, proporcionando la infiltración de agua que alimenta los mantos acuíferos y la prolongación del ciclo del agua. El agua infiltrada o percolada, corresponde a la cantidad de agua que en realidad está capturando el bosque y que representa la oferta de agua producida por este (Torres y Guevara, 2002).

El potencial de infiltración de agua de un área arbolada, depende de un gran número de factores como: la cantidad y distribución de la precipitación, el tipo de suelo, las características del mantillo, el tipo de vegetación y geomorfología del área, entre otros. Esto indica que la estimación de captura de agua debe realizarse por áreas específicas y con información muy fina sobre la mayor parte de las variables arriba señaladas (Torres y Guevara, 2002).

La estimación de volúmenes de infiltración de agua en áreas forestales que a continuación se presenta, se desarrolló siguiendo el modelo de escurrimiento general a través de la estimación de coeficientes de escurrimiento (IMTA, 1999). El modelo asume que el coeficiente de escurrimiento (C_e) se puede estimar como sigue:

$$C_e = K (P-500) / 200 \text{ cuando } K \text{ es igual o menor a } 0.15; \text{ y}$$
$$C_e = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5 \text{ cuando } K \text{ es mayor que } 0.15$$

K es un factor que depende de la cobertura arbolada y del tipo de suelo, lo cual puede apreciarse en la siguiente figura

Valores de K para diferentes tipos de suelo y diferentes coberturas arboladas			
Cobertura del bosque	Tipo de suelo		
	A	B	C
Más del 75 %	0.07	0.16	0.24
Entre 50-75 %	0.12	0.22	0.26
Entre 25-50 %	0.17	0.26	0.28
Menos del 25 %	0.22	0.28	0.30

Suelo A: Suelos permeables (arenas profundas y loes poco compactos).

Suelo B: Suelos medianamente permeables (arenas de mediana profundidad, loes y migajón).

Suelo C: Suelos casi impermeables (arenas o loes delgados sobre capa impermeable, arcillas).

Fuente: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua 1999.

Para la estimación de volúmenes de infiltración de agua en la superficie de cambio de uso de suelo sin el proyecto, se tomó como base la información del inventario forestal y el valor promedio de precipitación anual para la zona donde se ubica. También se consideró el supuesto del modelo que refiere que bosques con volúmenes superiores a 190 m³/ha son bosques con más del 75% de cobertura; los que se encuentran entre 100-190 m³/ha son bosques con 50-75% de cobertura; los que varían entre 35-100 m³/ha son bosques con 25-50% de cobertura y finalmente los que presentan volúmenes menores a 35 m³/ha son bosques con menos del 25% de cobertura. Asimismo, el modelo da por sentado que los suelos de bosque templado son suelos tipo A y los suelos tropicales con suelos tipo C (Torres y Guevara, 2002).

En virtud de lo señalado anteriormente, tenemos que el valor de P (precipitación media anual) es de 1,475.5 mm y el valor de K es de 0.26, considerando que la superficie de CUSTF se ubica en una zona tropical y por ende, los suelos tropicales son de tipo C; y dado que el volumen de la masa forestal del área sujeta al cambio de uso de suelo es de 127.04 m³ (bosques con 50-75% de cobertura).

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

$$C_e = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5 \text{ (ya que el valor de K es superior a 0.15)}$$

$$C_e = (0.26) (1,475.5 - 250) / 2000 + (0.26-0.15) / 1.5$$

$$C_e = (0.26) (1,225.5 / 2000) + (0.11 / 1.5)$$

$$C_e = (0.26) (0.61275) + 0.07$$

$$C_e = 0.159315 + 0.07$$

$$C_e = 0.229$$

Entonces tenemos que el coeficiente de escurrimiento (C_e) en la superficie de cambio de uso de suelo, con cobertura vegetal, es decir, sin el proyecto, es de 0.229

Para calcular el escurrimiento medio anual, es necesario conocer el valor de la precipitación media, el área de drenaje y su coeficiente de escurrimiento. La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$V_e = P * A_t * C_e$$

Donde:

V_e = Volumen medio anual de escurrimiento (m³)

A_t = Área total sujeta a cambio de uso de suelo (m²)

C_e = Coeficiente de escurrimiento anual

P = Precipitación media anual (m³)

De acuerdo con los sistemas de conversión, 1 mm equivale a 1 litro de agua por cada metro cuadrado, es decir, si se vierte 1 litro de agua en un metro cuadrado, la altura que alcanza es de 1 mm. Entonces tenemos que 1,475.5 mm de precipitación media anual, equivalen a 1,475.5 litros de agua por metro cuadrado. Asimismo, tenemos que 1000 litros de agua equivalen a 1 m³, por lo tanto, tenemos que 1,475.5 litros equivalen a 1.47 m³ de agua.

Sustituyendo los valores a partir de la ecuación antes citada, resultó lo siguiente:

$$V_e = P * A_t * C_e$$

$$V_e = 1.47 \text{ m}^3 * 5,299.186 \text{ m}^2 * 0.229$$

$$V_e = 1,783.86 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Por otra parte, el volumen de infiltración puede estimarse con la siguiente ecuación (Aparicio, 2006):

$$I = P - V_e$$

Donde:

I : Volumen estimado de infiltración en el área de interés (m³)

P : Precipitación media anual en el área de interés (m³) * superficie de cambio de uso de suelo (m²)

E : Volumen estimado de escurrimiento en el área de interés (m³/m²)

Sustituyendo los valores en la ecuación, obtenemos lo siguiente:

$$I = P - Ve$$

$$I = (1.47 \text{ m}^3) (5,299.186 \text{ m}^2) - 1,783.86 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = 6,005.94 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Considerando los cálculos realizados en los apartados anteriores, podemos concluir que actualmente en la superficie de cambio de uso de suelo se capta un volumen de 1,783.86 m³/m² anuales, y se pierden 6,005.94 m³/m² anuales por escurrimiento.

ELEMENTOS BIÓTICOS

Vegetación

De acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI (escala 1:250000), Serie IV, el predio se ubica dentro de una zona que presenta vegetación de Selva mediana subperennifolia (SMO), como se muestra en el siguiente plano.



Ubicación del predio dentro de la carta de uso de suelo y vegetación, serie IV

Con el fin de caracterizar la vegetación presente en el predio en el que se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo en terreno forestal, se realizó un muestreo sistemático que consistió en la delimitación de 9 parcelas de 225 m², dentro de las cuales se registraron las especies florísticas de acuerdo al tipo de estrato en el que se registraron. Las superficies muestreadas para cada estrato dentro de cada parcela fueron las siguientes.

- ✓ Estrato arbóreo: parcela de 225 m²
- ✓ Estrato arbustivo: parcela de 25 m².
- ✓ Estrato herbáceo: parcela de 1 m²

Composición de la vegetación

En la tabla siguiente se presenta el listado de las especies registradas por estrato para la superficie que se somete a evaluación por el CUSTF.

» Estrato Arbóreo

REGISTRO	FAMILIA	ESPECIES	NONBRE COMÚN
1	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chaca
2	Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	k'anasín
3	Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Sak chakaj
4	Malpighiaceae	<i>Byrsonima bucidifolia</i>	Sak paj
5	Leguminosae	<i>Gliricidia maculata</i>	Sak ya'ab
6	Ebenaceae	<i>Diospyros yatesiana</i>	Siliil
7	Ebenaceae	<i>Diospyros tetrasperma</i>	Siliil
8	Leguminosae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tsalam
9	Leguminosae	<i>Lonchocarpus xuul</i>	Xu'ul
10	Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik
11	Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechen
12	Myrtaceae	<i>Eugenia trikii</i>	Escobeta
13	Moraceae	<i>Ficus obtusifolia</i>	Higo copó
14	Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamché
15	Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	Siricote
16	Polygonaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Ts'it'il che'
17	Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
18	Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabin
19	Malvaceae	<i>Ceiba aescullifolia</i>	Piin
20	Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	Taastaab
21	Salicaceae	<i>Zuelania guidonia</i>	Ta'may
22	Sapotaceae	<i>Dipholis salicifolia</i>	Zapote faisán
23	Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akits
24	Sapindaceae	<i>Talisia olivaeformis</i>	Huaya
25	Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
26	Euphorbiaceae	<i>Jatropha gaumeri</i>	Pomolché
27	Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Sak boob
28	Convolvulaceae	<i>Convolvulus nodiflorus</i>	Tzalam verde
29	Sapindaceae	<i>Thouinia paucidentata</i>	k'an chuunup

» Estrato Arbustivo

REGISTRO	FAMILIA	ESPECIES	NONBRE COMÚN
1	Rubiaceae	<i>Randia longiloba</i>	Cruceta
2	Myrtaceae	<i>Psidium sartorianum</i>	Guayabillo
3	Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	k'anasin
4	Rutaceae	<i>Eesenbeckia pentaphylla</i>	Naranjillo
5	Euphorbiaceae	<i>Jatropha gaumeri</i>	Pomolché
6	Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Sak boob
7	Leguminosae	<i>Gliricidia maculata</i>	Sak ya'ab
8	Ebenaceae	<i>Diospyros tetrasperma</i>	Siliil
9	Leguminosae	<i>Lonchocarpus xuul</i>	Xu'ul
10	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chaca
11	Annonaceae	<i>Mosannonna depressa</i>	Éelemuy
12	Putranjivaceae	<i>Drypetes lateriflora</i>	Huilote
13	Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabin
14	Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamché
15	Salicaceae	<i>Zuelania guidonia</i>	Ta'may
16	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes licida</i>	Yayté
17	Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
18	Polygonaceae	<i>Coccoloba sp.</i>	Hoja dura
19	Sapindaceae	<i>Talsia olivaeformis</i>	Huaya
20	Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
21	Euphorbiaceae	<i>Croton arboreus</i>	P'e'es k'uuch
22	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote
23	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cacaoché
24	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito
25	Leguminosae	<i>Acacia pennatula</i>	Ch'i' may
26	Myrtaceae	<i>Eugenia trikii</i>	Escobeta
27	Bignoniaceae	<i>Arrabidaea floribunda</i>	Café de monte
28	Fabaceae	<i>Bauhinia unguilata</i>	Pata de venado
29	Sapotaceae	<i>Pouteria unilocularis</i>	Zapotillo
30	Apocynaceae	<i>Plumeria rubra</i>	Flor de mayo
31	Polygonaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Ts'it'il che'
32	Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i>	Canisté
33	Sapindaceae	<i>Thouinia paucidentata</i>	k'an chuunup
34	Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Mahahua
35	Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i>	Pa'sak'
36	Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Sak chakaj
37	Leguminosae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tsalam

» Estrato Herbáceo

REGISTRO	FAMILIA	ESPECIES	NONBRE COMÚN
1	Myrtaceae	<i>Psidium sartorianum</i>	Guayabillo

2	Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
3	Bignoniaceae	<i>Arrabidaea floribunda</i>	Café de monte
4	Rutaceae	<i>Eesenbeckia pentaphylla</i>	Naranjillo
5	Fabaceae	<i>Swartzia cubensis</i>	Catalox
6	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cacaoché
7	Myrtaceae	<i>Eugenia triiki</i>	Escobeta
8	Fabaceae	<i>Bauhinia unguolata</i>	Pata de venado
9	Euphorbiaceae	<i>Croton arboreus</i>	P'e'es k'uuch
10	Rubiaceae	<i>Randia longiloba</i>	Cruceta

Es importante resaltar que de las especies citadas en la 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; no se registro ninguna en el predio del proyecto.

De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior, la vegetación del predio se encuentra compuesta por 49 especies.

Abundancia florística e índice de biodiversidad, por estrato (arbóreo, arbustivo y herbáceo) del tipo de vegetación de la superficie sujeta a cambio de uso de suelo.

Para la estimación de la riqueza, abundancia florística e índice de biodiversidad de la vegetación que se encuentra presente en el área sujeta al cambio de uso de suelo, se utilizó la misma metodología descrita para la estimación de dichos parámetros dentro de la microcuenca, la cual fue descrita previamente en el capítulo anterior del presente DTU, por lo que a continuación sólo se presentan los resultados obtenidos:

ESTRATO ARBÓREO				
ESPECIES	IND MUESTREADOS	Pi	LOG Pi	Pi * LOG Pi
<i>Bursera simaruba</i>	38	0.202	-2.31	-0.466
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	19	0.101	-3.31	-0.334
<i>Dendropanax arboreus</i>	3	0.016	-5.97	-0.095
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	6	0.032	-4.97	-0.159
<i>Gliricidia maculata</i>	2	0.011	-6.55	-0.070
<i>Diospyros yatesiana</i>	1	0.005	-7.55	-0.040
<i>Diospyros tetrasperma</i>	3	0.016	-5.97	-0.095
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	55	0.293	-1.77	-0.519
<i>Lonchocarpus xuul</i>	2	0.011	-6.55	-0.070
<i>Vitex gaumeri</i>	4	0.021	-5.55	-0.118
<i>Metopium brownei</i>	4	0.021	-5.55	-0.118
<i>Eugenia triiki</i>	3	0.016	-5.97	-0.095
<i>Ficus obtusifolia</i>	9	0.048	-4.38	-0.210
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	6	0.032	-4.97	-0.159
<i>Cordia dodecandra</i>	1	0.005	-7.55	-0.040
<i>Gymnopodium floribundum</i>	2	0.011	-6.55	-0.070
<i>Coccoloba spicata</i>	3	0.016	-5.97	-0.095
<i>Piscidia piscipula</i>	3	0.016	-5.97	-0.095
<i>Ceiba aesculifolia</i>	6	0.032	-4.97	-0.159

ESTRATO ARBÓREO				
ESPECIES	IND MUESTREADOS	Pi	LOG Pi	Pi * LOG Pi
<i>Guettarda combsii</i>	3	0.016	-5.97	-0.095
<i>Zuelania guidonia</i>	1	0.005	-7.55	-0.040
<i>Dipholis salicifolia</i>	3	0.016	-5.97	-0.095
<i>Thevetia gaumeri</i>	3	0.016	-5.97	-0.095
<i>Talisia olivaeformis</i>	1	0.005	-7.55	-0.040
<i>Nectandra coriacea</i>	1	0.005	-7.55	-0.040
<i>Jatropha gaumeri</i>	1	0.005	-7.55	-0.040
<i>Coccoloba diversifolia</i>	1	0.005	-7.55	-0.040
<i>Convolvulus nodiflorus</i>	1	0.005	-7.55	-0.040
<i>Thouinia paucidentata</i>	3	0.016	-5.97	-0.095
	188	1.000	-171.62	-3.629

ESTRATO ARBUSTIVO				
ESPECIES	IND MUESTREADOS	Pi	LOG Pi	Pi * LOG Pi
<i>Randia longiloba</i>	16	0.068	-3.89	-0.263
<i>Psidium sartorianum</i>	34	0.143	-2.80	-0.402
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	1	0.004	-7.89	-0.033
<i>Eesenbeckia pentaphylla</i>	5	0.021	-5.57	-0.117
<i>Jatropha gaumeri</i>	7	0.030	-5.08	-0.150
<i>Coccoloba diversifolia</i>	4	0.017	-5.89	-0.099
<i>Gliricidia maculata</i>	1	0.004	-7.89	-0.033
<i>Diospyros tetrasperma</i>	20	0.084	-3.57	-0.301
<i>Lonchocarpus xuul</i>	1	0.004	-7.89	-0.033
<i>Bursera simaruba</i>	1	0.004	-7.89	-0.033
<i>Mosannonna depressa</i>	8	0.034	-4.89	-0.165
<i>Drypetes lateriflora</i>	3	0.013	-6.30	-0.080
<i>Piscidia piscipula</i>	1	0.004	-7.89	-0.033
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	6	0.025	-5.30	-0.134
<i>Zuelania guidonia</i>	3	0.013	-6.30	-0.080
<i>Gymnanthes licida</i>	22	0.093	-3.43	-0.318
<i>Coccoloba spicata</i>	4	0.017	-5.89	-0.099
<i>Coccoloba sp.</i>	14	0.059	-4.08	-0.241
<i>Talisia olivaeformis</i>	3	0.013	-6.30	-0.080
<i>Nectandra coriacea</i>	28	0.118	-3.08	-0.364
<i>Croton arboreus</i>	3	0.013	-6.30	-0.080
<i>Manilkara zapota</i>	15	0.063	-3.98	-0.252
<i>Gliricidia sepium</i>	9	0.038	-4.72	-0.179
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	1	0.004	-7.89	-0.033
<i>Acacia pennatula</i>	2	0.008	-6.89	-0.058
<i>Eugenia trikii</i>	4	0.017	-5.89	-0.099
<i>Arrabidaea floribunda</i>	1	0.004	-7.89	-0.033
<i>Bauhinia unguolata</i>	1	0.004	-7.89	-0.033
<i>Pouteria unilocularis</i>	5	0.021	-5.57	-0.117
<i>Plumeria rubra</i>	1	0.004	-7.89	-0.033
<i>Gymnopodium floribundum</i>	3	0.013	-6.30	-0.080
<i>Pouteria campechiana</i>	1	0.004	-7.89	-0.033
<i>Thouinia paucidentata</i>	2	0.008	-6.89	-0.058

ESTRATO ARBUSTIVO				
ESPECIES	IND MUESTREADOS	Pi	LOG Pi	Pi * LOG Pi
<i>Hampea trilobata</i>	1	0.004	-7.89	-0.033
<i>Simarouba amara</i>	2	0.008	-6.89	-0.058
<i>Dendropanax arboreus</i>	3	0.013	-6.30	-0.080
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	1	0.004	-7.89	-0.033
	237	1.000	-226.78	-4.355

ESTRATO HERBÁCEO				
ESPECIES	IND MUESTREADOS	Pi	LOG Pi	Pi * LOG Pi
<i>Psidium sartorianum</i>	11	0.407	-1.30	-0.528
<i>Nectandra coriacea</i>	3	0.111	-3.17	-0.352
<i>Arrabidaea floribunda</i>	2	0.074	-3.75	-0.278
<i>Eesenbeckia pentaphylla</i>	1	0.037	-4.75	-0.176
<i>Swartzia cubensis</i>	1	0.037	-4.75	-0.176
<i>Gliricidia sepium</i>	4	0.148	-2.75	-0.408
<i>Eugenia trikkii</i>	1	0.037	-4.75	-0.176
<i>Bauhinia unguolata</i>	1	0.037	-4.75	-0.176
<i>Croton arboreus</i>	1	0.037	-4.75	-0.176
<i>Randia longiloba</i>	2	0.074	-3.75	-0.278
	27	1.000	-38.50	-2.725

Como se puede observar en los resultados anteriores, la vegetación de Selva mediana subperennifolia que existe en la superficie de CUSTF, ostenta una biodiversidad relativamente alta en cuanto a sus tres estratos toda vez que alcanzan valores cercanos a 4 (arbóreo $H=3.62$ media-alta respecto a los estratos arbustivo $H=4.35$ alta y herbáceo $H= 2.72$ bajo).

» Valor de importancia Flora

Dado que la metodología para el cálculo de dicho índice fue descrita en el capítulo anterior, a continuación se presentan los resultados para cada uno de los estratos vegetales.

- Estrato Arbóreo

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%)				
ESPECIES	A%= NI/NT * 100	F%= FI/FT * 100	D%= GI / GT * 100	IVI
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	29.26	10.98	48.66	88.89
<i>Bursera simaruba</i>	20.21	8.54	13.26	42.01
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	10.11	10.98	6.60	27.69
<i>Ficus obtusifolia</i>	4.79	7.32	4.17	16.28
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	3.19	6.10	2.19	11.48
<i>Ceiba aesculifolia</i>	3.19	3.66	4.05	10.90
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	3.19	3.66	2.08	8.93
<i>Metopium brownei</i>	2.13	4.88	1.78	8.78
<i>Vitex gaumeri</i>	2.13	4.88	1.44	8.45
<i>Dendropanax arboreus</i>	1.60	3.66	1.72	6.97
<i>Guettarda combsii</i>	1.60	3.66	0.90	6.16
<i>Piscidia piscipula</i>	1.60	2.44	1.23	5.27

<i>Dipholis salicifolia</i>	1.60	1.22	2.25	5.07
<i>Coccoloba spicata</i>	1.60	2.44	1.01	5.05
<i>Thevetia gaumeri</i>	1.60	2.44	1.01	5.05
<i>Thouinia paucidentata</i>	1.60	2.44	0.99	5.03
<i>Eugenia trikii</i>	1.60	2.44	0.97	5.01
<i>Diospyros tetrasperma</i>	1.60	2.44	0.97	5.00
<i>Gymnopodium floribundum</i>	1.06	2.44	0.72	4.22
<i>Gliricidia maculata</i>	1.06	2.44	0.64	4.15
<i>Lonchocarpus xuul</i>	1.06	1.22	0.82	3.10
<i>Cordia dodecandra</i>	0.53	1.22	0.45	2.20
<i>Zuelania guidonia</i>	0.53	1.22	0.37	2.12
<i>Diospyros yatesiana</i>	0.53	1.22	0.33	2.08
<i>Talisia olivaeformis</i>	0.53	1.22	0.30	2.05
<i>Convolvulus nodiflorus</i>	0.53	1.22	0.30	2.05
<i>Coccoloba diversifolia</i>	0.53	1.22	0.27	2.02
<i>Jatropha gaumeri</i>	0.53	1.22	0.27	2.02
<i>Nectandra coriacea</i>	0.53	1.22	0.23	1.98
	100	100	100	300

En el estrato arbóreo 29 especies contribuyeron en la estructura y composición del presente estrato observándose una distribución relativamente homogénea en donde las especies que más contribuyeron a la composición estructural fueron *Lysiloma latisiliquum* con un 88.89 %, seguida por *Bursera simaruba* con 42.01 % y así sucesivamente.

- Estrato Arbustivo

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%)				
ESPECIES	A%= NI/NT * 100	F%= FI/FT * 100	D%= GI / GT * 100	IVI
<i>Psidium sartorianum</i>	14.35	7.69	14.52	36.56
<i>Diospyros tetrasperma</i>	8.44	6.59	15.53	30.56
<i>Nectandra coriacea</i>	11.81	6.59	10.48	28.89
<i>Gymnanthes licida</i>	9.28	6.59	11.09	26.97
<i>Randia longiloba</i>	6.75	8.79	5.23	20.77
<i>Manilkara zapota</i>	6.33	5.49	3.21	15.03
<i>Coccoloba sp.</i>	5.91	2.20	5.95	14.06
<i>Jatropha gaumeri</i>	2.95	4.40	3.62	10.97
<i>Mosannonna depressa</i>	3.38	4.40	1.29	9.06
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	2.53	2.20	3.44	8.17
<i>Zuelania guidonia</i>	1.27	2.20	3.86	7.32
<i>Gliricidia sepium</i>	3.80	2.20	1.31	7.31
<i>Coccoloba diversifolia</i>	1.69	4.40	0.83	6.92
<i>Drypetes lateriflora</i>	1.27	3.30	2.31	6.87
<i>Coccoloba spicata</i>	1.69	3.30	1.16	6.15
<i>Eesenbeckia pentaphylla</i>	2.11	2.20	1.10	5.41
<i>Eugenia trikii</i>	1.69	3.30	0.42	5.40
<i>Pouteria unilocularis</i>	2.11	2.20	0.72	5.03
<i>Talisia olivaeformis</i>	1.27	2.20	0.89	4.36
<i>Gymnopodium floribundum</i>	1.27	1.10	1.74	4.11
<i>Dendropanax arboreus</i>	1.27	1.10	1.58	3.95

<i>Croton arboreus</i>	1.27	1.10	0.72	3.08
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0.42	1.10	1.48	3.00
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	0.42	1.10	1.33	2.85
<i>Simarouba amara</i>	0.84	1.10	0.70	2.65
<i>Hampea trilobata</i>	0.42	1.10	1.07	2.59
<i>Lonchocarpus xuul</i>	0.42	1.10	0.95	2.47
<i>Thouinia paucidentata</i>	0.84	1.10	0.51	2.46
<i>Bursera simaruba</i>	0.42	1.10	0.72	2.24
<i>Gliricidia maculata</i>	0.42	1.10	0.69	2.21
<i>Acacia pennatula</i>	0.84	1.10	0.08	2.02
<i>Pouteria campechiana</i>	0.42	1.10	0.50	2.02
<i>Piscidia piscipula</i>	0.42	1.10	0.37	1.89
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	0.42	1.10	0.37	1.89
<i>Plumeria rubra</i>	0.42	1.10	0.12	1.64
<i>Arrabidaea floribunda</i>	0.42	1.10	0.04	1.56
<i>Bauhinia unguolata</i>	0.42	1.10	0.04	1.56
	100	100	100	300

En lo que respecta al estrato arbustivo 37 especies contribuyeron en la estructura y composición del presente estrato observándose una nula dominancia, mostrándose entonces, para el presente estrato una distribución homogénea de las especies, observándose así una estructura bien conformada del vegetación existente en el el predio para el presente estrato, así mismo, las especies que más contribuyeron a la composición estructural fue *Psidium sartorianum* con un 36.56 %, seguida de *Diospyros tetrasperma* con un 30.56 % y así sucesivamente.

- Estrato herbáceo

ESPECIES	A%= NI/NT * 100	F%= FI/FT * 100	D%= GI / GT * 100	IVI
<i>Psidium sartorianum</i>	40.74	30.77	11.05	82.56
<i>Gliricidia sepium</i>	14.81	7.69	41.89	64.40
<i>Nectandra coriacea</i>	11.11	7.69	15.71	34.51
<i>Arrabidaea floribunda</i>	7.41	7.69	9.89	24.99
<i>Bauhinia unguolata</i>	3.70	7.69	10.47	21.87
<i>Randia longiloba</i>	7.41	7.69	2.33	17.43
<i>Eugenia trikkii</i>	3.70	7.69	4.65	16.05
<i>Croton arboreus</i>	3.70	7.69	1.68	13.07
<i>Eesenbeckia pentaphylla</i>	3.70	7.69	1.16	12.56
<i>Swartzia cubensis</i>	3.70	7.69	1.16	12.56
	100	100	100	300

En tanto al estrato herbáceo 10 especies contribuyeron en la estructura y composición del presente estrato observándose una nula dominancia, mostrándose entonces, para el presente estrato una distribución homogénea; las especies que más contribuyeron a la composición estructural fue *Psidium sartorianum* con 82.56%, seguida por *Gliricidia sepium* con el 64.40% y así sucesivamente.

Principales causas de deterioro de la vegetación y del suelo

A continuación, se listan las principales causas (ambientales y las antropogénicas) que propician el deterioro de la vegetación del predio de estudio.

Causas ambientales

Fenómenos hidrometeorológicos

Se refieren principalmente a fenómenos atmosféricos que inciden de forma directa en la zona continental, pero que se originan en mar abierto, hablamos entonces de los huracanes y tormentas, fenómenos hidrometeorológicos que arrastran consigo grandes cantidades de lluvia y se acompañan de fuertes vientos, siendo este último factor, la principal causa de deterioro en la vegetación.

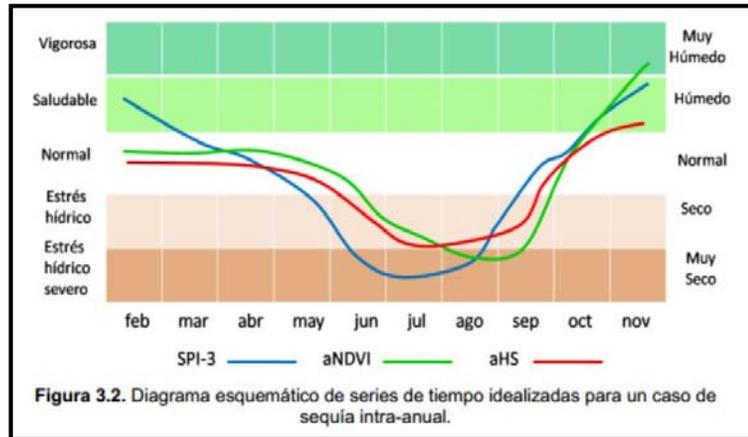
Los huracanes son un fenómeno climático típico frecuente en la región del Caribe de Junio a Octubre. Estos pueden causar un severo daño a la infraestructura costera y biodiversidad. El impacto de los huracanes causa defoliación y daño estructural en los árboles, incluyendo árboles desenraizados y descopados. En la vegetación del sureste de México se han observado cambios en la composición de especies y dominancia después del impacto de un huracán, aunque la variación en la diversidad de especies no es considerable. El estado de Quintana Roo en el sureste de México ha sido impactado en el último siglo por al menos 100 huracanes de diferente intensidad. El sur de Quintana Roo no ha sido afectado por huracanes de gran intensidad durante los últimos 30 años. El huracán Dean impactó el 21 de agosto del 2007 el sur de Quintana Roo dañando principalmente a dos tipos de vegetación: el manglar y la selva mediana subperennifolia. El huracán Dean golpeó la costa en categoría 5 de la escala Saffir-Simpson justo al norte del poblado de Majahual con vientos máximos de 280 km por hora (NOAA, 2007). Algunas semanas después del impacto autoridades locales declararon dañadas más de un millón de hectáreas de áreas forestales y enormes pérdidas económicas (Gerald A. Islebe *et al.*, 2009).

Debido a la posición geográfica de Quintana Roo y considerando los posibles escenarios de cambio climático del IPCC, evaluar el impacto de los huracanes es necesario para entender el efecto de un incremento en la frecuencia e intensidad de huracanes y su impacto sobre ecosistemas en el sureste de México. En un estudio realizado por Gerald A. Islebe *et al.* (2009), titulado “Efectos del impacto del huracán Dean en la vegetación del sureste de Quintana Roo, México”, se concluyó que la selva mediana subperennifolia sufrió un daño menor en comparación con la vegetación de manglar. Un mes después del impacto del huracán Dean las especies arbóreas mostraron una foliación superior al 80%. Mientras que el daño estimado para el dosel fue de 40 a 50%; y en promedio un 40% de los árboles fue desenraizado. La mayor parte de los árboles desenraizados correspondieron a las especies *Platymiscium yucatanum*, *Lysiloma latisiliquum*, *Metopium brownei*, *Lonchocarpus rugosus*, *Coccoloba sp.*, *Psidium sartorianum* y *Neea choriophylla*. El 26% de los árboles fue cortado en la parte media del tronco, especialmente *Metopium brownei* y *Caesalpinia mollis*. Cerca del 80% de las especies fueron cortadas en la parte media del tronco, siendo las especies más dañadas *M. brownei*, *L. rugosus*, *L. latisiliquum*, entre otras.

Sequías Existen diversas definiciones de sequía, dependiendo del sector en el que se experimente el déficit de agua. Adicionalmente, con frecuencia resulta difícil determinar y más aun, proporcionar el inicio y fin de una sequía, lo cual refleja la complejidad de este fenómeno climático. En sí, la sequía corresponde a una disminución natural de la precipitación a diferentes escalas de tiempo (semanas, meses, años o décadas): se presenta en cualquier región climática, con amplias consecuencias encadenadas entre sectores naturales y socioeconómicos. La sequía es una característica temporal del clima en el sentido de que ocurre cuando la lluvia o humedad disponible se desvía apreciablemente por debajo de lo normal.

La sequía se puede diferenciar en: meteorológica, hidrológica, agrícola y socioeconómica. Para el caso particular de la zona donde se ubica el predio del proyecto, el tipo de sequía que se puede considerar como una causa de deterioro en la vegetación, es la hidrológica, ya que esta se encuentra asociada con los efectos de los períodos de precipitación deficientes que afectan la disponibilidad de agua superficial o del subsuelo. La frecuencia y severidad de este tipo de sequía de definen a menudo a escala de cuenca hidrológica.

En el siguiente esquema se presenta una interpretación gráfica de las consecuencias de la sequía en la vegetación.



SPI = sequía; aHS = humedad del suelo; aNDVI = impacto en la vegetación. Tomado de Galván Ortiz L., 2011.

Causas antrópicas

Cambios de uso de suelo En algunas áreas dentro de la zona de influencia del proyecto, se ha llevado a cabo la remoción de la vegetación, que va ligado al incremento de la mancha urbana en la zona; no obstante lo anterior, cabe destacar que algunos de estos desmontes se encuentran regulados por las autoridades competentes, a través de autorizaciones ambientales que permiten mitigar sus efectos sobre la vegetación y el medio ambiente; sin embargo, en otros casos, los desmontes han sido realizados fuera de la norma, es decir, sin que se hayan aplicado medidas para prevenir o reducir sus efectos sobre el deterioro de la vegetación, lo que trae como consecuencia la pérdida de recursos biológicos forestales, algunos de ellos sin la posibilidad de ser recuperados.

Fragmentación ecológica y efecto de borde La fragmentación se puede definir como el proceso dinámico por el cual un determinado hábitat va quedando reducido a parches o islas de menor tamaño, más o menos conectadas entre sí en una matriz de hábitat diferentes al original” (Forman *et al*, 1995), mientras que el “Efecto Borde” puede definirse como el resultado de la interacción de dos ecosistemas adyacentes (Murcia, 1995). Aun cuando es menor, la creciente actividad antrópica, ha traído como consecuencia la necesidad de construir redes viales para intercomunicar los complejos urbanos que se van agregando al centro de población, con la consecuente fragmentación del ecosistema, lo que produce un notable deterioro en la vegetación, ya que altera el proceso de regeneración natural, el intercambio de germoplasma y el aislamiento de parches de vegetación. Asimismo, la construcción de las redes vialidades ocasionan el llamado efecto de borde, que trae como consecuencias los siguientes efectos físicos (cambios climáticos en el interior de los parches), biológicos directos (favoreciendo la introducción de nuevas especies colonizadoras) e indirectos (modificando la dinámica de interacción entre especies).

Fauna

Composición faunística

La metodología de muestro por grupo faunístico para conocer la biodiversidad del predio fue la misma que se describió en el capítulo anterior y que fue usada para determinar las especies que componen los cuatro grupos faunísticos dentro de la microcuenca. En virtud de lo arriba expuesto, se considera innecesario duplicar la información metodológica, en virtud de lo cual a continuación se presenta la tabla con los resultados arrojados durante el monitoreo.

REGISTRO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Aves		
1.	<i>Amazilia yucatanensis</i>	Colibrí yucateco
2.	<i>Aratinga nana</i>	Perico pechi sucio
3.	<i>Buteo magnirostris</i>	Águila caminera
4.	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita
5.	<i>Cyanocorax inca</i>	Chara verde
6.	<i>Cyanocorax morio</i>	Chara papán
7.	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Vireón cejirrufo
8.	<i>Dives dives</i>	Tordo cantor
9.	<i>Euphonia hirundinacea</i>	Fruterito
10.	<i>Icterus auratus</i>	Bolsero yucateco
11.	<i>Icterus chrysater</i>	Bolsero
12.	<i>Icterus gularis</i>	Bolsero
13.	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero
14.	<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle
15.	<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario
16.	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca
17.	<i>Playa cayana</i>	Pica buey
18.	<i>Pitangus sulphuratus</i>	X'takay
19.	<i>Saltator coerulescens</i>	Saltador ajicero
20.	<i>Setophaga ruticilla</i>	Ruticilla
21.	<i>Thryothorus maculipectus</i>	Chivirín moteado
22.	<i>Trogon melanocephalus</i>	Trogón cabeza negra
23.	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Cenzontle
24.	<i>Zenaida asiatica</i>	Luis gregario
Herpetofauna		
1.	<i>Anolis tropidonotus</i>	Anolis
2.	<i>Ameiva undulata</i>	Anolis arcoiris
3.	<i>Anolis sagrei</i>	Anolis
4.	<i>Bufo marinus</i>	Sapo
5.	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	Lagastija común
6.	<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	Geco enano collarajo
Mamíferos		
1.	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache
2.	<i>Nasua narica</i>	Coatí
3.	<i>Agouti paca</i>	tepezcuintle
4.	<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Armadillo
5.	<i>Sciurus yucatanensis</i>	Ardilla gris

De acuerdo con la tabla anterior, encontramos que para el sitio del proyecto se registraron 34 especies faunísticas de las cuales el grupo mejor representado es el de las aves con 24 especies. Por lo que toca a la herpetofauna, se registraron 6 especies de reptiles, mientras que 5 fueron las especies registradas para mamíferos. En relación a los mamíferos, se registró de la presencia de 4 especies de talla menor. Se advierte que no se registraron especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Abundancia e índice de biodiversidad para la fauna asociada a la superficie sujeta a cambio de uso de suelo.

La abundancia absoluta se calculó como el número total de individuos por unidad de superficie (hectárea) pertenecientes a una determinada especie. La memoria de cálculo de la abundancia absoluta (Aa) para cada grupo faunístico se presenta en las siguientes tablas:

AVES REGISTRADAS EN EL POLÍGONO DE ESTUDIO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO	Aa = # DE IND POR HECTÁREA (10,000 m ²)	ABUNDANCIA RELATIVA
<i>Amazilia yucatanensis</i>	1	3	0.014
<i>Aratinga nana</i>	2	6	0.027
<i>Buteo magnirostris</i>	3	10	0.041
<i>Columbina talpacoti</i>	4	13	0.055
<i>Cyanocorax inca</i>	3	10	0.041
<i>Cyanocorax morio</i>	4	13	0.055
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	2	6	0.027
<i>Dives dives</i>	5	16	0.068
<i>Euphonia hirundinacea</i>	2	6	0.027
<i>Icterus auratus</i>	10	32	0.137
<i>Icterus chrysater</i>	3	10	0.041
<i>Icterus gularis</i>	3	10	0.041
<i>Melanerpes aurifrons</i>	2	6	0.027
<i>Mimus gilvus</i>	4	13	0.055
<i>Myiozetetes similis</i>	2	6	0.027
<i>Ortalis vetula</i>	3	10	0.041
<i>Piaya cayana</i>	2	6	0.027
<i>Pitangus sulphuratus</i>	1	3	0.014
<i>Saltator coerulescens</i>	2	6	0.027
<i>Setophaga ruticilla</i>	2	6	0.027
<i>Thryothorus maculipectus</i>	2	6	0.027
<i>Trogon melanocephalus</i>	2	6	0.027
<i>Tyrannus melancholicus</i>	4	13	0.055
<i>Zenaida asiatica</i>	5	16	0.068
TOTAL	73	232	1

HERPETOFAUNA REGISTRADA EN EL POLÍGONO DE ESTUDIO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO = 1614 m ²	Aa = # DE IND POR HECTÁREA (10,000 m ²)	ABUNDANCIA RELATIVA
<i>Anolis tropidonotus</i>	5	31	0.085
<i>Ameiva undulata</i>	7	43	0.119
<i>Anolis sagrei</i>	18	112	0.305
<i>Bufo marinus</i>	2	12	0.034
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	25	155	0.424
<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	2	12	0.034
TOTAL	59	366	1

MAMÍFEROS REGISTRADOS EN EL POLÍGONO DE ESTUDIO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO = 2152 m ²	Aa = # DE IND POR HECTÁREA (10,000 m ²)	ABUNDANCIA RELATIVA
<i>Aqouti paca</i>	2	9	0.083
<i>Dasyus novemcinctus</i>	2	9	0.083

MAMÍFEROS REGISTRADOS EN EL POLÍGONO DE ESTUDIO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO = 2152 m ²	Aa = # DE IND POR HECTÁREA (10,000 m ²)	ABUNDANCIA RELATIVA
<i>Didelphis virginiana</i>	4	19	0.167
<i>Nasua narica</i>	12	56	0.500
<i>Sciurus yucatanensis</i>	4	19	0.167
TOTAL	24	112	1.000

Respecto al cálculo de la biodiversidad, se utilizó el índice de diversidad de Shannon – Wiener (1949) encontrándose los resultados que a continuación se exponen:

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE AVES			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG ₂ Pi	Pi * LOG ₂ Pi
<i>Amazilia yucatanensis</i>	0.014	-6.190	-0.085
<i>Aratinga nana</i>	0.027	-5.190	-0.142
<i>Buteo magnirostris</i>	0.041	-4.605	-0.189
<i>Columbina talpacoti</i>	0.055	-4.190	-0.230
<i>Cyanocorax inca</i>	0.041	-4.605	-0.189
<i>Cyanocorax morio</i>	0.055	-4.190	-0.230
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	0.027	-5.190	-0.142
<i>Dives dives</i>	0.068	-3.868	-0.265
<i>Euphonia hirundinacea</i>	0.027	-5.190	-0.142
<i>Icterus auratus</i>	0.137	-2.868	-0.393
<i>Icterus chrysater</i>	0.041	-4.605	-0.189
<i>Icterus gularis</i>	0.041	-4.605	-0.189
<i>Melanerpes aurifrons</i>	0.027	-5.190	-0.142
<i>Mimus gilvus</i>	0.055	-4.190	-0.230
<i>Myiozetetes similis</i>	0.027	-5.190	-0.142
<i>Ortalis vetula</i>	0.041	-4.605	-0.189
<i>Piaya cayana</i>	0.027	-5.190	-0.142
<i>Pitangus sulphuratus</i>	0.014	-6.190	-0.085
<i>Saltator coerulescens</i>	0.027	-5.190	-0.142
<i>Setophaga ruticilla</i>	0.027	-5.190	-0.142
<i>Thryothorus maculipectus</i>	0.027	-5.190	-0.142
<i>Trogon melanocephalus</i>	0.027	-5.190	-0.142
<i>Tyrannus melancholicus</i>	0.055	-4.190	-0.230
<i>Zenaida asiatica</i>	0.068	-3.868	-0.265
$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$			4.37

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD HERPETOFAUNA			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG ₂ Pi	Pi * LOG ₂ Pi
<i>Anolis tropidonotus</i>	0.085	-3.561	-0.302
<i>Ameiva undulata</i>	0.119	-3.075	-0.365
<i>Anolis sagrei</i>	0.305	-1.713	-0.523
<i>Bufo marinus</i>	0.034	-4.883	-0.166
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	0.424	-1.239	-0.525
<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	0.034	-4.883	-0.166
$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$			2.04

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE MAMÍFEROS			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG ₂ Pi	Pi * LOG ₂ Pi
<i>Agouti paca</i>	0.083	-3.585	-0.299
<i>Dasypus novemcinctus</i>	0.083	-3.585	-0.299
<i>Didelphis virginiana</i>	0.167	-2.585	-0.431
<i>Nasua narica</i>	0.500	-1.000	-0.500
<i>Sciurus yucatanensis</i>	0.167	-2.585	-0.431
$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$			1.95

Como se puede observar en los datos de las tablas anteriores, la fauna asociada al ecosistema de Selva mediana subperennifolia que existe en la superficie de cambio de uso de suelo, ostenta una biodiversidad de media en cuanto a especies de aves se refiere, ya que el índice de Shannon – Wiener (1949) alcanza un valor de $H= 4.37$; y de acuerdo con dicho índice el valor cercano a 5 indica una mayor biodiversidad del ecosistema. Caso contrario a lo que ocurra con el grupo herpetofaunístico ($H= 2.04$ y mamíferos ($H= 1.95$), en donde el índice alcanzó un valor menor a 2.5, lo que indica que su biodiversidad en el ecosistema es baja.

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO
EN TERRENOS FORESTALES
MODALIDAD A

Capítulo 6

ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN POR
ESPECIE DE LAS MATERIAS
PRIMAS FORESTALES
DERIVADAS DEL CAMBIO DE USO
DEL SUELO

JUNIO DE 2016

CONSULTA PÚBLICA

ECLIPZEN

La estimación del volumen por especie de las materias primas forestales derivadas del cambio de uso de suelo en terrenos forestales en la superficie donde se pretende desarrollar el proyecto, se realizó mediante el análisis de datos dasométricos obtenidos del inventario forestal realizado en el predio de estudio, dentro del cual se realizaron las actividades siguientes.

INVENTARIO FORESTAL

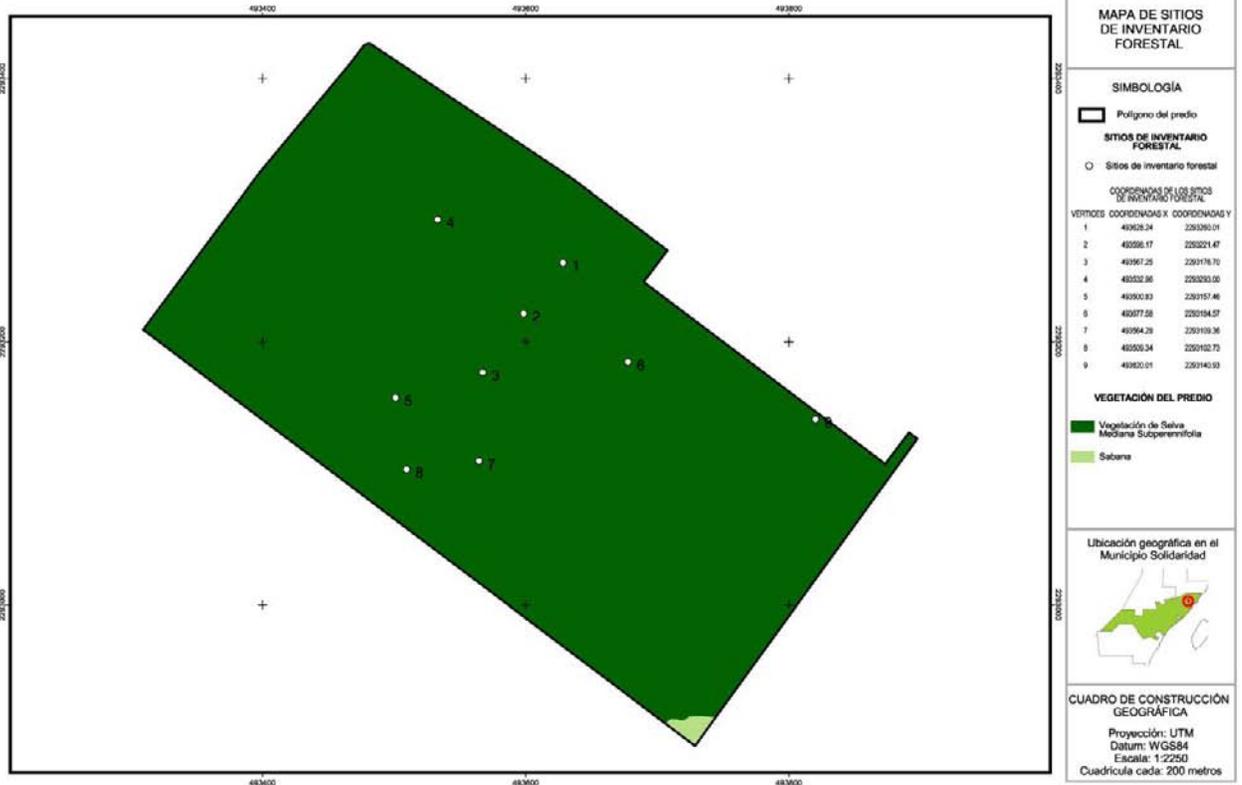
Las primeras actividades consistieron en identificar los límites del predio mediante el GPS, una vez corroborados dichos datos se procedió a identificar el tipo de vegetación (Selva mediana subperennifolia) así como las condiciones en las que ésta se encontraba, la cual fue verificada mediante imágenes satelitales del 2013 con lo que corroboró el tipo de vegetación del sitio.

Una vez definida la vegetación y con la finalidad de obtener las características dasonómicas del arbolado existente en el área de estudio, se diseñó un muestreo sistemático que consistió en la delimitación de 9 parcelas de 225 m², dentro de las cuales se registraron las especies florísticas de acuerdo al tipo de estrato en el que se registraron. Las superficies muestreadas para cada estrato dentro de cada parcela fueron las siguientes.

- ✓ Estrato arbóreo: parcela de 225 m² para la medición de individuos arbóreos con diámetro normal a la altura del pecho (1.30 m del suelo) igual o mayor a 10 cm
- ✓ Estrato arbustivo: parcela de 25 m² para la medición de individuos de porte arbustivo con diámetro normal a la altura del pecho (1.30 m del suelo) menor a 10 cm
- ✓ Estrato herbáceo: parcela de 1 m² para la toma de datos a nivel del estrato herbáceo (regeneración natural del ecosistema).

La distribución de los sitios levantados fue con la intención de obtener una muestra representativa de la vegetación del predio mediante el levantamiento de 2,025 m², los cuales considerando que la superficie solicitada para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, representa una intensidad de muestreo del 11.5 %. En la siguiente tabla se presentan las coordenadas (UTM Datum WGS84) de los sitios de muestreo.

VÉRTICES	COORDENADAS UTM / WGS84_Zona 16Q N	
	X	Y
1.	493628.24	2293260.01
2.	493598.17	2293221.47
3.	493567.25	2293176.70
4.	493532.96	2293293.00
5.	493500.83	2293157.46
6.	493677.58	2293184.57
7.	493564.29	2293109.36
8.	493509.34	2293102.73
9.	493820.01	2293140.93



Ubicación de los sitios de muestreo dentro del predio del proyecto

Registro de variables

El inventario forestal incluyó a todos aquellos ejemplares con un diámetro normal (DAP) mayor o igual a 10 centímetros y de más de 1.30 metros de altura total. Los ejemplares inventariados fueron identificados con un número consecutivo para permitir su identificación.

Las variables dasométricas registradas en el censo forestal fueron: número de registro (árbol), nombre común, nombre científico, altura total en metros, diámetro normal (DAP) en centímetros, altura comercial en metros y condición (vivo, derribado, muerto, etc.).

Para la obtención de los datos anteriores, se utilizaron diversos materiales y equipo entre los que destacan clinómetro, cinta métrica y diamétrica, machete, GPS Promark 200, cámara digital, libreta de campo, lápices, crayones y pintura en aerosol.

ESTIMACIÓN DE VOLUMEN DE MATERIAS PRIMAS FORESTALES

Considerando que en la zona norte del Estado de Quintana Roo no se cuenta con tablas de volúmenes que permitan calcular de manera precisa el volumen total árbol de las especies nativas existentes en el predio, se optó por estimar los Volúmenes Total Árbol de los individuos inventariados utilizando la fórmula general de un cilindro. Lo anterior considerando que los fustes de los árboles generalmente se asemeja a un cilindro medido

a una cierta altura, corrigiendo el error con un coeficiente de forma o "coeficiente mórfico" mediante la fórmula siguiente:

$$V.R.T.A = \frac{3.1416 \times (Dap) \times ht \times f}{4}$$

Donde:

V.T.A = Volumen Total Árbol en metros cúbicos

Dap = Diámetro normal o Diámetro a la altura del pecho

ht = Altura total del árbol

f = Coeficiente mórfico o factor de forma

A continuación se presentan las estimaciones para cada una de las especies arbóreas registradas con respecto a su densidad (número de individuos), área basal y volumen total árbol en el predio del proyecto y por hectárea.

ESTIMACIONES Nombre científico	POR HECTÁREA			CUSTF		
	Número de Ind/ha Absoluto	AB (m ²)	Vol.T.A (m ³)	Número de Ind/ha Absoluto	AB (m ²)	Vol.T.A (m ³)
Bursera simaruba	38	2.26	10.91	87	1.05	5.08
Lonchocarpus rugosus	19	1.12	7.91	44	0.52	3.69
Dendropanax arboreus	3	0.29	1.81	7	0.14	0.84
Byrsonima bucidaefolia	6	0.35	1.64	14	0.16	0.76
Gliricidia maculata	2	0.11	0.64	5	0.05	0.30
Diospyros yatesiana	1	0.06	0.33	2	0.03	0.15
Diospyros tetrasperma	3	0.16	0.84	7	0.08	0.39
Lysiloma latisiliquum	55	8.28	49.54	127	3.86	23.08
Lonchocarpus xuul	2	0.14	0.91	5	0.06	0.42
Vitex gaumeri	4	0.25	1.35	9	0.11	0.63
Metopium brownei	4	0.30	1.78	9	0.14	0.83
Eugenia trikii	3	0.17	0.94	7	0.08	0.44
Ficus obtusifolia	9	0.71	3.90	21	0.33	1.82
Caesalpinia gaumeri	6	0.37	1.93	14	0.17	0.90
Cordia dodecandra	1	0.08	0.44	2	0.04	0.21
Gymnopodium floribundum	2	0.12	0.51	5	0.06	0.24
Coccoloba spicata	3	0.17	0.93	7	0.08	0.44
Piscidia piscipula	3	0.21	1.23	7	0.10	0.57
Ceiba aesculifolia	6	0.69	3.75	14	0.32	1.75
Guettarda combsii	3	0.15	0.87	7	0.07	0.40
Zuelania guidonia	1	0.06	0.33	2	0.03	0.15
Dipholis salicifolia	3	0.38	2.43	7	0.18	1.13
Thevetia gaumeri	3	0.17	0.75	7	0.08	0.35
Talisia olivaeformis	1	0.05	0.23	2	0.02	0.11
Nectandra coriacea	1	0.04	0.18	2	0.02	0.08
Jatropha gaumeri	1	0.05	0.21	2	0.02	0.10
Coccoloba diversifolia	1	0.05	0.24	2	0.02	0.11
Convolvulus nodiflorus	1	0.05	0.27	2	0.02	0.12
Thouinia paucidentata	38	0.17	0.99	7	0.08	0.46
TOTAL	188	17.01	97.78	433	7.93	45.56

Los resultados obtenidos durante el análisis de los datos tomados del inventario forestal del predio; estiman que al interior del área sujeta al cambio de uso de suelo existe un total de 433 individuos (valor absoluto), con

un área basal de 7.93 m² (AB), un volumen total árbol 45.56 m³ (V.T.A.), en un tipo de vegetación de Selva mediana subperennifolia.

CONSULTA PÚBLICA

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO
EN TERRENOS FORESTALES
MODALIDAD A

Capítulo 7

PLAZO Y FORMA DE EJECUCIÓN
DEL CAMBIO DE USO DE SUELO

JUNIO DE 2016

CONSULTA PÚBLICA

ECLIPZEN

PLAZO PARA LA EJECUCIÓN DEL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES

El plazo para llevar a cabo las actividades referentes al cambio de uso de suelo en terrenos forestales que da origen al presente estudio, se ha previsto realizarlas en un plazo estimado de 12 bimestres, mismos que se representan en la siguiente tabla conforme a la ejecución de las actividades ahí planteadas.

ACTIVIDADES	BIMESTRES												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Aviso de inicio de las actividades	X												
Trazo y delimitación de áreas sujetas al CUSTF	X												
Localización, marcaje y rescate de vegetación	X	X											
Instalación y operación del vivero rústico temporal		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Desmante y despalme de áreas sujetas a CUSTF		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Rescate de tierra vegetal proveniente del despalme		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Aprovechamiento y/o trituración del material vegetal acopiado		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Informe final de actividades													X

FORMA DE EJECUCIÓN DEL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES

Si bien las actividades que comprende el cambio de uso de suelo son las citadas en la tabla anterior, es pertinente profundizar respecto a las acciones que éstas involucran:

- ✓ Aviso de inicio de actividades
Consiste en dar aviso a las autoridades ambientales pertinentes respecto al inicio de actividades en el área sujeta al cambio de uso de suelo autorizada.
- ✓ Trazo y delimitación de áreas sujetas al CUSTF
Se efectuará el trazo, delimitación y marcaje de las áreas destinadas a desmontar las cuales se ubicarán mediante coordenadas en UTM y con el apoyo de una brigada de topografía. Las áreas de conservación se señalarán con pintura en aerosol y cinta precautoria para su delimitación y protección.
- ✓ Localización, marcaje y rescate de vegetación
Se iniciará con la identificación y marcaje de los individuos de las especies de flora silvestre susceptibles de ser rescatados, así como los ejemplares arbóreos que se conservarán en pie por no interferir con el desplante del proyecto final y que se integrarán en las áreas verdes una vez definido el proyecto constructivo. El marcaje será con una cinta precautoria o pintura en aerosol. Cabe señalar que priorizará la extracción de plántulas y juveniles sanos y vigorosos y recolección de semillas, con énfasis en las especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010
- ✓ Instalación y operación del vivero rústico temporal
Para acopiar y resguardar las plantas provenientes de las áreas que se pretenden desmontar, se establecerá un vivero rústico provisional. En este sitio se realizará también el acopio de suelo y material triturado que se obtenga de las áreas de desmante para ser reutilizados en las áreas de naturales y de jardinería. Para la operación y mantenimiento del vivero, se contará con personal que laborará en el

mismo de manera permanente hasta concluir las actividades de reforestación con las plantas rescatadas.

- ✓ Ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre
Primeramente irá una brigada de personas coordinada por un especialista en materia ambiental, con conocimiento en manejo de fauna silvestre, para ahuyentar las especies que pueden desplazarse por sí mismos, mamíferos y aves principalmente. La forma de ahuyentamiento será a través de recorrido en todo el área y generando ruido a través de un silbato o un aparato ultrasónico.

El rescate de fauna silvestre se hará para aquellas especies de lento desplazamiento y que no pudieran alejarse del predio durante los trabajos de ahuyentamiento. Se usarán equipos especializados y personal calificado para el trabajo de rescate de la fauna. Los individuos capturados serán liberados en áreas adyacentes al predio.

- ✓ Desmote y despalme de áreas sujetas a CUSTF
Se comenzará con el derribo de la vegetación arbórea. En las áreas liberadas se utilizará en primer lugar el chapeo manual para el corte de la vegetación de baja altura. Los individuos arbóreos de mayor talla se derribarán en forma direccionada hacia las áreas de corte total. En el caso de los troncos de árboles, serán seccionados en dimensiones que permitan su traslado por trabajadores hacia la zona de acopio temporal. Con el propósito de aminorar el impacto ambiental en las áreas colindantes, se emplearán herramientas manuales principalmente motosierras, hacha y machetes.

Una vez realizado el derribo direccional, se procederá al despalme de los tocones con la ayuda de maquinaria pesada. Esta actividad deberá evitar que por descuido o negligencia se realice un derribo o afectación de los ejemplares arbóreos susceptibles de mantenerse en pie. El material vegetal y el suelo de los primeros 20 centímetros de despalme se acopiarán para su posterior utilización.

- ✓ Rescate de tierra vegetal proveniente del despalme así como aprovechamiento y/o trituración del material vegetal acopiado
Posterior al desmote, el material vegetal resultante se coleccionará y será triturado y usado en el mejoramiento de las áreas de conservación; en caso de que existan excedentes, estos se donarán a quien la autoridad Municipal determine, lo cual también ocurrirá en el caso de que existan excedentes de tierra vegetal rescatada.

En el caso de ramas delgadas y follaje, estos serán picados y esparcidos en las áreas de conservación, para continuar su proceso de incorporación al ciclo de nutrientes del suelo. El suelo removido, en parte permanecerá en el lugar para los trabajos de nivelación, pero una porción del mismo será empleado en el vivero rústico para el mantenimiento de las plantas rescatadas, y otra parte más se utilizará en la conformación de áreas ajardinadas.

- ✓ Informe de finiquito
Una vez que se concluyan el CUSTF se realizará un informe de las actividades realizadas que incluirán la documentación fotográfica del proceso.

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO
EN TERRENOS FORESTALES
MODALIDAD A

Capítulo 8

VEGETACIÓN QUE DEBA
RESPETARSE O ESTABLECERSE
PARA PROTEGER LAS TIERRAS
FRÁGILES

JUNIO DE 2016

ECLIPZEN

TIERRAS FRÁGILES

De acuerdo con el Artículo 2, fracción XXXV del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, que establece:

“XXXV. Tierras Frágiles aquellas, que ubicadas en terrenos forestales o preferentemente forestales que son propensas a la degradación y pérdida de su capacidad productiva natural como consecuencia de la eliminación o reducción de su cobertura vegetal natural.”

Asimismo, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales señala que el concepto de tierra incluye a **muchos otros componentes, además del suelo. Se define como “el área específica de la corteza terrestre con características particulares de atmósfera, suelo, geología, hidrología y biología, así como los resultados de la actividad humana pasada y presente en esa área y las interacciones entre todos estos elementos”** (cita en: www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/.../pdf/cap_3_suelos.pdf). En este mismo sentido, también es importante mencionar que la FAO (www.fao.org/noticias/2002/020205-s.htm) menciona que las tierras frágiles ocurre en aquellas que reciben de 100 a 1,000 milímetros anuales de lluvia.

A su vez, la misma Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en la Agenda 21, adoptada en la Cumbre de la Tierra de 1992, reconoce dos ecosistemas como sumamente frágiles. Se trata de las zonas secas y las de montaña, referidas en los capítulos 12 y 13 de dicho documento, respectivamente, y su fragilidad se expresa en varias dimensiones, como la social o la biológica, pero es en los suelos donde de manera particular muestra sus manifestaciones más dramáticas. También reconoce como tierras secas las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, las cuales se caracterizan por condiciones climáticas particulares, como son la precipitación escasa y variable, temperaturas elevadas o muy bajas (en el caso de los desiertos fríos) y elevada evapotranspiración potencial. Técnicamente, las zonas áridas se definen como zonas que tienen un índice de aridez (obtenido a partir del cociente entre la precipitación anual media y la evapotranspiración potencial media) comprendido entre 0.5 y 0.65.

Con base en lo anterior, se puede concluir que dadas las características físicas y bióticas del predio, éste no corresponde a una zona árida, ni a una zona semiárida o subhúmeda seca, ni mucho menos a una zona de montaña, por el contrario, corresponde a un ecosistema de tipo tropical, ubicado en una zona con una precipitación media anual de 1,475.5 mm.

Visto lo anterior y considerando la ubicación geográfica así como las características topográficas del predio, éste no corresponde a una zona de montañas, ni a una zona seca o árida que le otorgue mayor fragilidad al suelo. El área en cuestión corresponde a una topografía plana, con suelos leptosoles de tipo rendzia y litosol, los cuales se caracterizan por estar poco desarrollados, con profundidades que rara vez sobrepasan los 10 cm y con una gran cantidad de rocas, siendo que en ocasiones prácticamente es la roca madre la que está expuesta, además de que no se tienen escurrimientos que propicien el lavado de los suelos; por lo tanto no sería objeto de erosión. Tampoco habría una degradación química debido a que no se estarían vertiendo al suelo sustancias contaminantes o diluyentes del mismo. Sin embargo, toda vez que el suelo se estaría destinando a otro uso, en el cual no estarían a disposición sus atributos de productividad natural, pudiéramos decir que esto ocasiona que se estén reduciendo las tierras productivas.

FACTORES QUE DETERMINAN LA CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA

La tierra es un recurso limitado y no renovable y el crecimiento de la población humana determina la existencia de conflictos en torno a su aprovechamiento. Es urgente armonizar los diversos tipos de tierras con el aprovechamiento más racional posible, a fin de optimizar la producción sostenible y satisfacer diversas necesidades de la sociedad, conservando al mismo tiempo, los ecosistemas frágiles y la herencia genética (FAO, 1994).

El polígono del predio ha sido impactado debido a los diversos huracanes que han afectado gran parte del estado de Quintana Roo (Wilma y Emily), y su zona de influencia ha sido poco modificada por actividades antropogénicas, lo que contribuye de la misma manera a deteriorar los ecosistemas forestales, principalmente los que tienen alto valor comercial.

Conforme a los factores que determinan la capacidad de uso de las tierras, las definiciones de tierra frágil consideran de manera particular, con base a las características del suelo y relieve del área las siguientes características:

1) Profundidad efectiva del suelo y 2) pendiente del terreno, adicionalmente se consideran 3) pedregosidad (superficial e interna) y 4) drenaje superficial, como factores que en forma temporal o permanente pueden modificar la capacidad de uso de la tierra. Estos cuatro factores definen la aptitud física para el crecimiento, manejo y conservación de una unidad de tierra, cuando es utilizada para propósitos específicos como usos de naturaleza forestal y agroforestal (Rodas, 1996).

Profundidad efectiva del suelo

Dicho término se refiere a la profundidad máxima del suelo susceptible de ser penetrada por sistemas radiculares de plantas, nativas o cultivadas, dentro de toda la gama de usos agropecuarios y forestales posibles. No se considera parte de la profundidad efectiva los horizontes "R" o capas endurecidas en forma natural o por efectos de la labranza. Se considera como limitante de la profundidad, las capas endurecidas cuya dureza no **permitan ser rayadas (en estado seco), con una moneda de cobre. En forma práctica, la mayoría de capas "R"** del suelo o bien los horizontes parcialmente alterados que no permiten la penetración de las raíces, son las que determinan la profundidad efectiva dentro del suelo. La profundidad efectiva, también está limitada por capas freáticas cercanas a la superficie del suelo.

Pendiente

Se refiere al grado de inclinación de los terrenos (unidades de tierra) expresado en porcentaje. A nivel de gabinete se estima por medio de técnicas cartográficas utilizando mapas de curvas a nivel. En el caso de extensiones relativamente pequeñas o en áreas muy complejas como las kársticas, debe estimarse también la pendiente con técnicas cartográficas a manera de guía, pero deben ser medidas en campo mediante procedimientos topográficos (nivelaciones con nivel de mano o aparatos rústicos, entre otros), a menos que existan levantamientos topográficos. No debe olvidarse que aquello que va a determinar la clasificación en una unidad cartográfica, es la pendiente máxima, es decir la mayor inclinación que presenta la unidad, expresada en porcentaje.

Pedregosidad del terreno

Se refiere a la presencia de fracciones mayores a las gravas (0.045 metros de diámetro) sobre la superficie del suelo y dentro del perfil del mismo. Incluye afloramientos rocosos, ya sea de materiales de origen o transportados como materiales aluviales. Los criterios para definir a este factor como limitante o no, son los siguientes:

- ❖ Pedregosidad superficial no limitante:
 - *Libre o ligeramente pedregosa*: Con ninguna o muy pocas rocas de tamaño pequeño dispersas sobre el suelo (menos del 5% de la superficie).
 - *Moderadamente pedregosa*: Con pocas rocas distribuidas sobre la superficie (entre 5% y 20%).
- ❖ Pedregosidad superficial limitante:
 - *Pedregosa*: Rocas distribuidas sobre el área o en grupos cubriendo del 21% al 50%.
 - *Muy pedregosa*: Rocas de todo tamaño cubriendo un 50 a 90% de la superficie.
 - *Extremadamente pedregosa*: Rocas de todo tamaño repartidas por todas partes (90% al 100%).

❖ Pedregosidad interna no limitante:

Cuando se encuentren rocas, gravas o fragmentos de roca en una cantidad de 35% o menos, por volumen en el perfil del suelo.

❖ Pedregosidad interna limitante:

Será limitante cuando dentro del perfil del suelo se encuentren fragmentos de grava o roca en más de 35% por volumen. Con fines de clasificación, se considera limitante si está en alguna de estas categorías, superficial, interna o ambas.

Drenaje del terreno

Se refiere a la facilidad con la que el agua se infiltra y/o percola en el interior del perfil del suelo. Su cualificación se hace a través de indicadores del drenaje como: presencia directa de capas de agua sobre la superficie del terreno, procesos de reducción dentro del perfil del suelo (moteados grisáceos), clase textural y presencia de capas endurecidas.

Asimismo para la implementación del proyecto, se tienen las siguientes características puntuales para la superficie de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales, de acuerdo con lo señalado::

Pendiente del terreno (Superficie de CUSTF)

El área donde se pretende desarrollar el proyecto se encuentra en la Plataforma de Yucatán en un lugar muy plano y relativamente distante a la línea de Costa del Mar Caribe. Las elevaciones varían de a 3 a 8 m; otra denominación que recibe esta zona es la Losa de Yucatán que es una masa rocosa en forma laminar, compacta de roca caliza con un espesor de 1 m a 1.5 m., con una actitud horizontal con pequeñas ondulaciones.

Pedregosidad del terreno (Superficie de CUSTF)

En el terreno forestal son evidentes los litosoles, los cuales presentan fuertes restricciones para su utilización con propósitos agrícolas, pues su escaso espesor y su abundante pedregosidad afectan el crecimiento de las raíces de plantas cultivadas. Presentan buen drenaje, que favorece la infiltración de las aguas meteorológicas.

Drenaje del terreno (Superficie de CUSTF)

Presenta buen drenaje, ya que favorece la infiltración de las aguas meteorológicas. Así como las condiciones de los suelos descritas en capítulos previos. Se puede señalar que las tierras del área del proyecto no son consideradas como tierras frágiles, ya que como se puede observar su profundidad efectiva y pedregosidad, es somera, permitiendo el desarrollo de especies de plantas de manera casi inmediata. Esto en parte, es debido también al tipo de pendiente del área de estudio que como se indicó anteriormente es casi plana, lo que contribuye a evitar el arrastre de suelo y la salinidad del mismo.

Asimismo, de acuerdo a las texturas del suelo del área bajo estudio, se puede inferir que presenta un drenaje considerable, contribuyendo de esta manera a la retención y recarga del acuífero de la zona. Por otro lado, el suelo del predio se puede considerar como de baja susceptibilidad a la erosión. Aunado a lo anterior, y considerando que el terreno presenta escasas pendientes y un relieve generalmente plano con pequeñas ondulaciones, se concluye categóricamente que el proyecto propuesto no contribuye a un arrastre del suelo y por ende a la pérdida del mismo por erosión, tal como ocurre en otras partes del país como las zonas montañosas.

Tipos de erosión de suelo (física, química, hídrica y eólica)

El origen geológico de la Península de Yucatán es reciente y se compone de rocas sedimentarias producto de la acción del clima sobre los estratos geológicos, así las rocas calizas afectadas por las altas temperaturas y la gran cantidad de agua de lluvia, han generado suelos denominados Rendzinas, que son los que cubren la mayor parte del Estado de Quintana Roo.

Mediante el análisis de la carta edafológica escala 1 a 250,000 de INEGI, la cual indica la distribución geográfica de los suelos, clasificados de acuerdo con las descripciones de unidades FAO/UNESCO, se advierte que el predio de estudio se encuentran dentro de la Unidad Edafológica de Leptosol (lítico) más Rendzina. A continuación se mencionan las características de dichas unidades.

Leptosoles: Del griego leptos, (delgado) se caracterizan por su escasa profundidad (menor a 25 cm). Una proporción importante de estos suelos se clasifica como leptosoles líticos, con una profundidad de 10 centímetros o menos. Otro componente destacado de este grupo son los leptosoles réndzicos, que se desarrollan sobre rocas calizas y son muy ricos en materia orgánica. En algunos casos son excelentes para la producción agrícola, pero en otros pueden resultar muy poco útiles ya que su escasa profundidad los vuelve muy áridos y el calcio que contienen puede llegar a inmovilizar los nutrientes minerales. Los leptosoles son comunes en la Sierra Madre Oriental, la Occidental y la del Sur, así como en la vasta extensión del Desierto Chihuahuense. En las montañas, también se encuentran los leptosoles, debido a que las pendientes y la consecuente erosión imponen una restricción a la formación del suelo, mientras que en los desiertos, la escasez de agua ocasiona una formación lenta del suelo. Los leptosoles dominan también la península de Yucatán, un territorio que emergió del fondo oceánico en fecha relativamente reciente, por lo que sus suelos no han tenido tiempo suficiente para desarrollarse.

Rendzinas. Del polaco rzedzic: ruido. Connotativo de suelos someros que producen ruido con el arado por su pedregosidad. Estos suelos se presentan en climas semiáridos, tropicales o templados. Se caracterizan por tener una capa superficial abundante en materia orgánica y muy fértil que descansa sobre roca caliza o materiales ricos en cal. Generalmente las rendzinas son suelos arcillosos y poco profundos -por debajo de los 25 cm- pero llegan a soportar vegetación de selva alta perennifolia. En el estado de Yucatán se utilizan también

para la siembra de henequén con buenos rendimientos y para el maíz con rendimientos bajos. Si se desmontan se pueden usar en la ganadería con rendimientos bajos a moderados pero con gran peligro de erosión en laderas y lomas. El uso forestal de estos suelos depende de la vegetación que presenten. Son moderadamente susceptibles a la erosión, no tienen subunidades y su símbolo es (E).

De acuerdo con la clasificación maya de los tipos de suelos, el tipo “tsekelek’luúm” es una combinación de litosol – rendzina, que presenta un horizonte superficial humífero A0, con materia orgánica en proceso temprano de descomposición de 2 a 6 cm de espesor. Un horizonte único A1, de 10 a 30 cm. De espesor en promedio (aunque en algunos casos este espesor se continúa hasta los 40 cm y más), es de color café oscuro con gran cantidad de materia orgánica.

En México las primeras estimaciones de la magnitud de la degradación de los suelos del país se remontan a **mediados de los 1940’s. Los primeros trabajos se enfocaron sólo a estimar la erosión, utilizaron métodos heterogéneos, con insuficiente trabajo de campo y, por tanto, llevaron a resultados muy divergentes. Los esfuerzos más recientes comenzaron en los 1990’s y han incluido no sólo la erosión sino también los varios procesos, particularmente aquellos relacionados con las actividades humanas, que conducen a la degradación del suelo.** En 1997, la SEMARNAP produjo una carta escala 1:4 000 000 como resultado de la Evaluación Nacional de Degradación de Suelos. Esa carta fue luego utilizada como la base para obtener una evaluación más detallada (a escala 1:1 000 000) en 1999, que mostró que el 64% de los suelos del país estaban afectados por varios tipos y niveles de degradación y que sólo el 23% del país estaba ocupado por suelos que, de manera estable, sostenían actividades productivas, sin degradación aparente. Aunque la evaluación de 1999 aportó información muy valiosa, su pequeña escala la hacía inadecuada para la toma de decisiones y para diseñar programas de manejo o de restauración de suelos. Por esta razón, en 2001-2002, y como parte del Inventario Nacional Forestal y de Suelos, la SEMARNAT comisionó la realización de una evaluación exhaustiva y más detallada (escala 1:250 000) de la degradación de los suelos inducida por el hombre.

En la degradación de suelos se reconocen dos procesos: 1) el que implica el desplazamiento del material del suelo, que tiene como agente causal a la erosión hídrica y la eólica y 2) el que se refleja en un detrimento de la calidad del suelo, tal como la degradación química y la biológica (física). La erosión hídrica es el desprendimiento de las partículas del suelo bajo la acción del agua, dejándolo desprotegido y alterando su capacidad de infiltración, lo que propicia el escurrimiento superficial. Este tipo de erosión presenta dos modalidades, la primera con pérdida de la capa superficial, que ocurre cuando el agua fluye en forma más o menos homogénea por una zona arrastrando la capa superior del suelo que es la que contiene más nutrientes y materia orgánica, reduciendo su fertilidad. La segunda se presenta cuando el flujo del agua se concentra en un cauce donde la erosión es más rápida, de modo que va abriendo una zanja cada vez más profunda, conocida como **“cárcava”, en cuyo caso se dice que hay deformación del terreno. De acuerdo a un estudio realizado por la SEMARNAT y el Colegio de Posgraduados sobre la Evaluación de la degradación de los suelos, elaborado en el 2003, publicado en la página de SEMARNAT se establece que en el estado de Quintana Roo, no existe Erosión Hídrica.**

Figura 1. Principales procesos de degradación de los suelos en México.

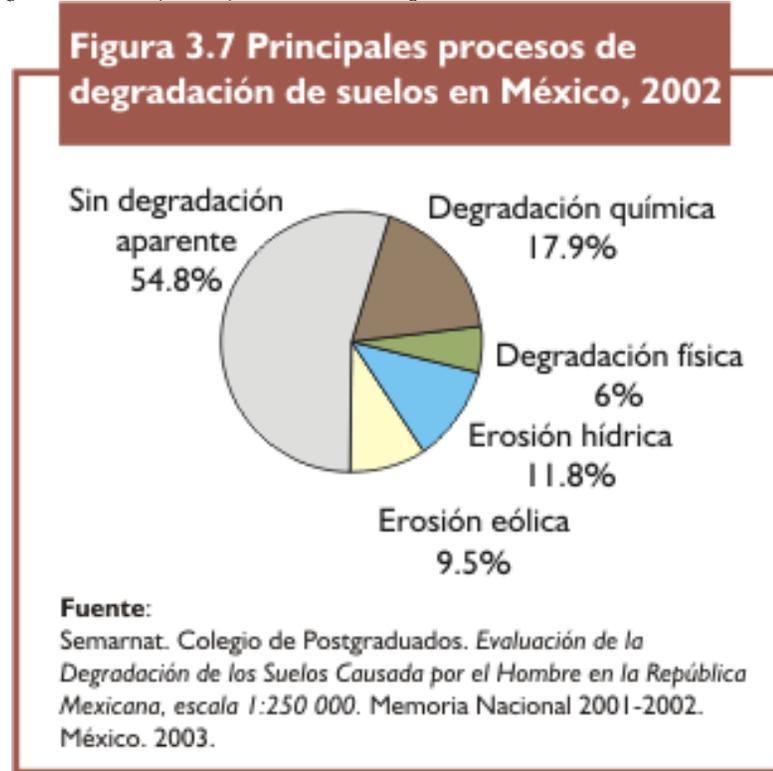


Figura 2. Erosión hídrica de suelos según nivel en México.

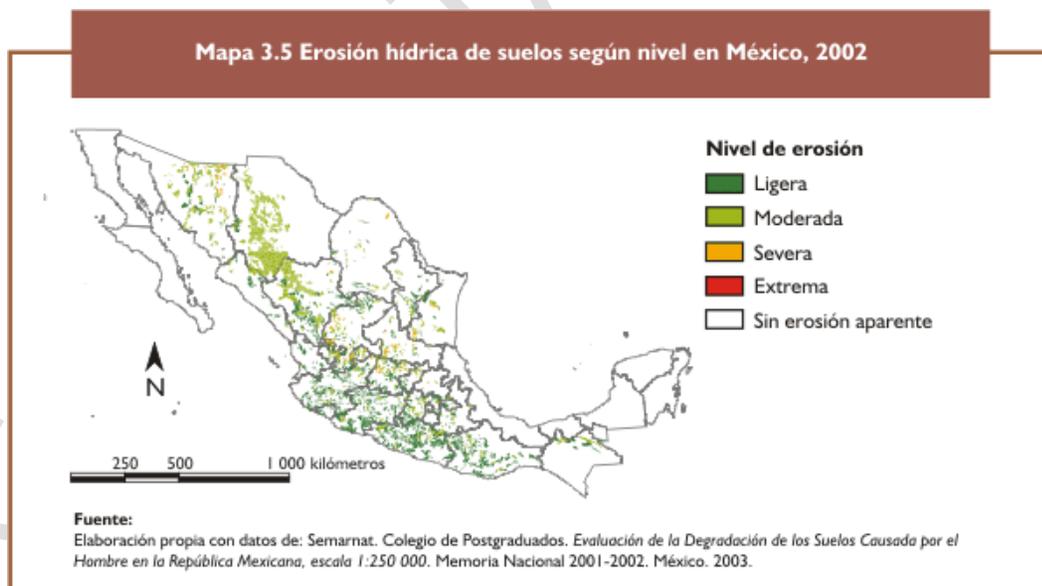


Figura 3. Erosión hídrica en México.

Tabla 3.1 Erosión hídrica actual por entidad federativa, 2002

Entidad federativa	Erosión hídrica actual					
	Deformación del terreno		Pérdida del suelo superficial		Superficie estatal afectada	
	Superficie (ha)	Proporción (%)	Superficie (ha)	Proporción (%)	Superficie (ha)	Proporción (%)
Aguascalientes	20 465	3.68	112 505	20.21	132 971	23.88
Baja California	3 136	0.04	4 203	0.06	7 339	0.10
Baja California Sur	1 065	0.02	1 188	0.02	2 253	0.03
Campeche	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Chiapas	42 903	0.58	325 862	4.43	368 764	5.01
Chihuahua	35 428	0.14	2 925 502	11.84	2 960 930	11.99
Coahuila	109 326	0.73	497 143	3.30	606 468	4.03
Colima	5 811	1.04	113 461	20.32	119 273	21.36
Distrito Federal	752	0.51	16 259	11.01	17 010	11.52
Durango	208 898	1.71	2 611 398	21.38	2 820 297	23.09
Guanajuato	105 375	3.47	605 018	19.94	710 394	23.41
Guerrero	351 919	5.53	1 652 607	25.99	2 004 527	31.53
Hidalgo	10 938	0.53	121 750	5.89	132 688	6.41
Jalisco	183 615	2.35	1 736 571	22.27	1 920 186	24.62
México	160 306	7.22	388 710	17.50	549 017	24.72
Michoacán	245 194	4.20	1 303 496	22.34	1 548 691	26.54
Morelos	12 506	2.57	52 028	10.67	64 534	13.24
Nayarit	5 052	0.18	486 318	17.57	491 369	17.76
Nuevo León	103 224	1.62	568 464	8.94	671 688	10.56
Oaxaca	232 105	2.51	1 443 216	15.60	1 675 321	18.11
Puebla	106 379	3.12	233 962	6.86	340 341	9.99
Querétaro	11 614	1.00	151 591	13.12	163 205	14.12
Quintana Roo	0	0.00	0	0.00	0	0.00
San Luis Potosí	80 292	1.33	355 451	5.87	435 743	7.20
Sinaloa	42 172	0.77	827 323	15.06	869 495	15.82
Sonora	162 450	0.90	2 157 706	11.96	2 320 156	12.86
Tabasco	592	0.02	56 559	2.30	57 151	2.33
Tamaulipas	120 321	1.56	498 290	6.47	618 611	8.03
Tlaxcala	21 239	5.35	51 461	12.96	72 701	18.31
Veracruz	2 933	0.04	57 381	0.81	60 314	0.85
Yucatán	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Zacatecas	290 611	3.89	760 137	10.19	1 050 748	14.08
Nacional	2 676 622	1.38	20 115 562	10.38	22 792 184	11.77

Fuente:
Semarnat. Colegio de Postgraduados. Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México, 2003.

Cuando el viento es el agente que provoca la erosión, ésta se conoce como erosión eólica y afecta poco más del 9% del territorio nacional (17.6 millones de hectáreas). Los estados con la mayor proporción superficial afectada son: Tlaxcala (26.1%), Chihuahua (25.9%) y Nuevo León (18.87%). Los estados que no registran este tipo de erosión son: Campeche, Chiapas y Tabasco. Este tipo de erosión se presenta sobre todo en las zonas secas del norte del país, aunque se encuentran también pequeñas áreas dispersas a lo largo de todo el territorio nacional, es nula o indetectable en aquellos lugares con abundante vegetación y donde la velocidad del viento es muy baja, como en una gran porción del estado de Chiapas, hacia las áreas selváticas de la península de Yucatán, en una franja desde los Chimalapas en Chiapas hasta la región de la Huasteca Potosina, en la región de El Cielo en Tamaulipas y la Sierra de Nayarit principalmente.

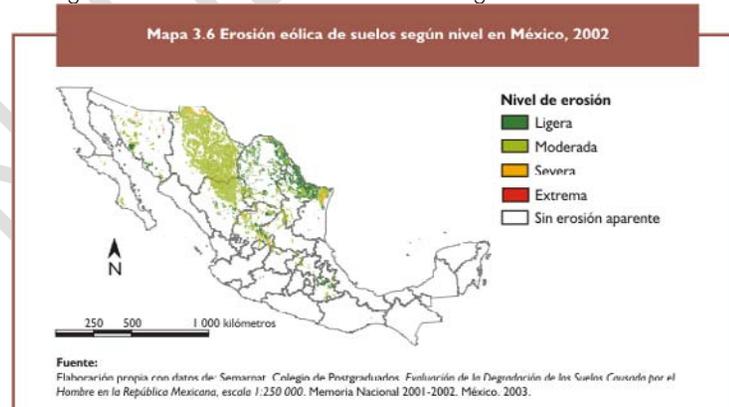
Figura 4. Erosión eólica actual por entidad federativa.

Tabla 3.2 Erosión eólica actual por entidad federativa, 2002

Entidad federativa	Erosión eólica actual					
	Deformación del terreno		Pérdida del suelo superficial		Superficie estatal afectada	
	Superficie (ha)	Proporción (%)	Superficie (ha)	Proporción (%)	Superficie (ha)	Proporción (%)
Aguascalientes	0	0.00	69 350	12.45	69 350	12.45
Baja California	0	0.00	20 371	0.28	20 371	0.28
Baja California Sur	0	0.00	84 334	1.22	84 334	1.22
Campeche	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Chiapas	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Chihuahua	0	0.00	6 401 006	25.91	6 401 006	25.91
Coahuila	30 013	0.20	2 052 245	13.64	2 082 258	13.84
Colima	0	0.00	15 523	2.78	15 523	2.78
Distrito Federal	0	0.00	2 283	1.55	2 283	1.55
Durango	470	0.00	2 113 867	17.31	2 114 337	17.31
Guanajuato	0	0.00	247 150	8.14	247 150	8.14
Guerrero	0	0.00	54 803	0.86	54 803	0.86
Hidalgo	2 536	0.12	111 764	5.40	114 301	5.53
Jalisco	0	0.00	209 082	2.68	209 082	2.68
México	0	0.00	106 964	4.82	106 964	4.82
Michoacán	0	0.00	187 491	3.21	187 491	3.21
Morelos	0	0.00	21 865	4.49	21 865	4.49
Nayarit	0	0.00	10 160	0.37	10 160	0.37
Nuevo León	0	0.00	1 200 395	18.87	1 200 395	18.87
Oaxaca	0	0.00	44 719	0.48	44 719	0.48
Puebla	43 805	1.29	289 448	8.49	333 252	9.78
Querétaro	0	0.00	83 801	7.25	83 801	7.25
Quintana Roo	0	0.00	0	0.00	0	0.00
San Luis Potosí	0	0.00	454 523	7.51	454 523	7.51
Sinaloa	2 732	0.05	23 459	0.43	26 191	0.48
Sonora	1	0.00	1 284 953	7.12	1 284 954	7.12
Tabasco	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Tamaulipas	0	0.00	1 045 691	13.58	1 045 691	13.58
Tlaxcala	0	0.00	103 742	26.13	103 742	26.13
Veracruz	0	0.00	48 863	0.69	48 863	0.69
Yucatán	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Zacatecas	4 950	0.07	1 205 734	16.16	1 210 685	16.22
Nacional	84 507	0.04	17 493 587	9.03	17 578 094	9.07

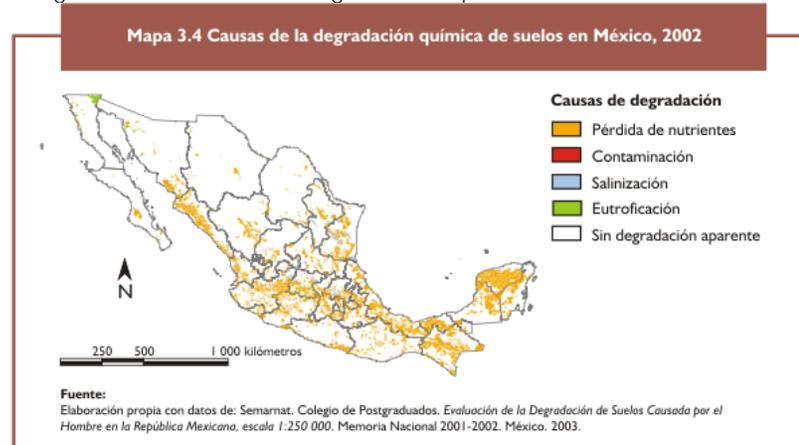
Fuente:
 Semarnat. Colegio de Postgraduados. Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.

Figura 7. Erosión eólica de suelos según nivel en México.



La degradación química del suelo está muy asociada a la intensificación de la agricultura en los últimos años. En prácticamente todos los suelos del país que muestran degradación química ésta se debe a la reducción de su fertilidad por pérdida de nutrientes. La península de Yucatán (principalmente el estado de Yucatán) y amplias zonas de las planicies de Sinaloa y Tabasco muestran de manera importante este tipo de degradación.

Figura 5. Causas de la degradación química de suelos en México.

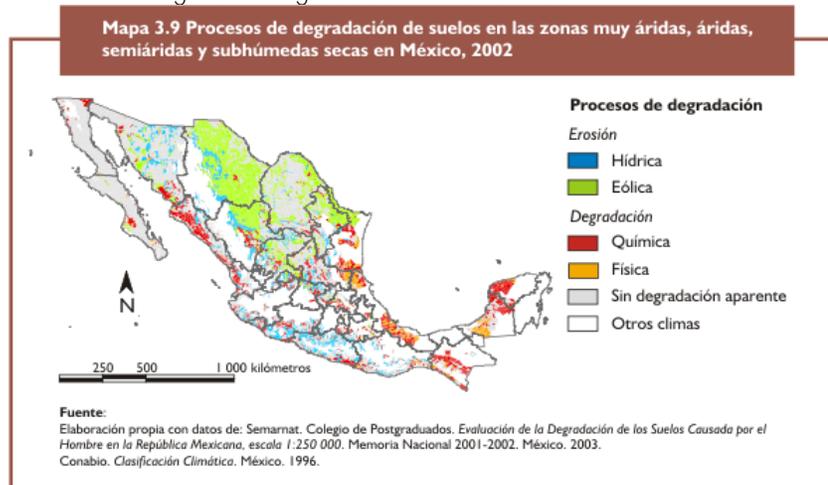


En el estado de Quintana Roo, sin embargo sólo esta reportada este tipo de degradación principalmente en las zonas agropecuarias de la parte centro sur del estado. Por último, la degradación física se refiere principalmente a la pérdida de la capacidad del sustrato para absorber y almacenar agua. Esto ocurre cuando el suelo se compacta (por ejemplo, por el tránsito de vehículos o animales), se endurece (encostramiento) o es recubierto (urbanización). Aunque este tipo de degradación no afecta grandes extensiones del país, si es importante debido a su alto impacto, ya que es un proceso prácticamente irreversible. La superficie afectada deriva en la pérdida de la función productiva de estos terrenos. Para el estado de Quintana Roo, esta degradación se da principalmente en las áreas Urbanas y en las Carreteras.

En la zona del predio donde se realizara el proyecto, las características de los suelos se mantienen estables, debido al grado de conservación que presenta ya que la vegetación en el predio se ha mantenido condiciones favorables en los tres estratos. Debido a las características del proyecto que se pretende implementar, el cual corresponde a un proyecto ecoturístico, se puede determinar que la afectación se considera como un proceso más de la degradación de los suelos; sin embargo se puede decir que no se realizarán actividades que generen su erosión, pero si se tiene una pérdida de suelo, debido a la nivelación, compactación, no obstante se puede decir que está perdida ya está considerada dentro de los criterios que se tomaron en cuenta para la elaboración de los mecanismos de ordenamiento que rigen la zona (la POET y el PDU) y cuyas restricciones sólo permiten el aprovechamiento del 15% de la superficie del predio; superficie misma que se respeta con la propuesta de CUSTF que se propone. Aunado a lo anterior debe señalarse que el el porcentaje del predio restante en donde no se realizará modificación de la cobertura vegetal, permanecerá en sus condiciones actuales, es decir, conservando su vegetación natural, contribuyendo de esta forma a la conservación y mantenimiento de las características bióticas que persisten en casi todo el predio del proyecto con variaciones apenas visibles, por lo que dichas actividades no permiten la degradación de los suelos y seguirán manteniendo su función ecológica.

Asimismo, de acuerdo a la página de SEMARNAT (informe 2008) en el capítulo de suelos, “tierras frágiles: el problema de la desertificación” mencionan que En México, el concepto de desertificación se ha ampliado hacia todos los ecosistemas, debido a que la degradación de la tierra no está restringida a las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas. Sin embargo, se considera que éstas son las más vulnerables a la desertificación (Conaza-Sedesol, 1994). De esta manera puede decirse que las tierras frágiles están directamente ligadas a la degradación o a la erosión de los suelos. Para el caso de la Península de Yucatán se reporta degradación química en Yucatán y Campeche o Chiapas, pero no para Quintana Roo.

Figura 6. Degradación de los suelos en México.



Por lo anterior podemos determinar que las tierras donde se realizará el proyecto no están catalogadas como zonas frágiles, no obstante que en una parte del predio se va eliminar la vegetación, pero no existe una degradación hídrica o eólica y no presentan pendientes, ni condiciones climáticas extremas (precipitación escasa y variable, temperaturas elevadas o muy bajas), y sus suelos son altamente permeables (lo anterior en base al plano temático de tipos de suelo de INEGI, que se presenta en el DTU-A en donde se establece que el suelo corresponde a litosoles, cuya característica corresponde a suelo poco profundos (10 cm) que sobreyacen directamente a material carbonatado (ejemplo roca caliza).

VEGETACIÓN QUE DEBE ESTABLECERSE O RESPETARSE

El desarrollo del proyecto necesariamente involucra que se realice la remoción de vegetación forestal en una superficie de 5,299.186 m² (0.52 ha) equivalentes al 3.72 % de la superficie total del terreno. No obstante lo anterior, debe mantenerse presente que más del 96 % de la superficie restante del predio permanecerá permable evitando con esto afectaciones en cuanto a la infiltración de agua al acuífero. y considerando las etapas posteriores del proyecto, gran parte de la superficie de éste permanecerá

De la misma manera, es de señalarse que la superficie que se pretende desmontar para el proyecto, será intervenida de manera paulatina y direccionada. Asimismo, se proponen medidas preventivas y de mitigación para evitar prevenir o reducir el efecto de los impactos ambientales que se producirán durante la ejecución del cambio de uso de suelo; entre las que destacan la ejecución de un programa de rescate de vegetación con particular énfasis en las especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, para posteriormente ser reintroducción.

Aunado a lo anterior, también es importante mencionar que dadas las condiciones homogéneas que mantiene la vegetación en la superficie total del predio del proyecto y dentro de la microcuenca, la remoción de las áreas sujetas al cambio de uso de suelo no afectarán significativamente la abundancia y distribución de las especies ahí presentes toda vez que dichos atributos se conservarán en las inmediaciones del predio y en la totalidad de la microcuenca.

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO
EN TERRENOS FORESTALES
MODALIDAD A

Capítulo 9

IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y
EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS
AMBIENTALES

JUNIO DE 2016

CONSULTA PÚBLICA

ECLIPZEN

El impacto ambiental se define como la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza (Artículo 3o, Fracción XIX, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente); en este sentido, cualquier cambio que el proyecto ocasione sobre el ambiente, será considerado como un impacto ambiental.

Por otro lado, la evaluación del impacto ambiental es un proceso de análisis que sirve para prever los futuros cambios en el ambiente, sean de tipo antropogénico o generados por el mismo ambiente; asimismo, permite elegir aquella alternativa de proyecto cuyo desarrollo maximice los beneficios hacia el ambiente y disminuya los impactos no deseados; por lo tanto, el término impacto no implica en sí mismo negatividad, ya que estos también pueden ser positivos.

METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Para la evaluación del impacto ambiental se ha seleccionado el método de Matriz de Cribado o Matriz de Causa-Efecto. Se trata de una metodología que permite identificar los impactos ambientales a través de la interacción de cada una de las actividades del proyecto con los distintos factores del medio ambiente. Consiste en una matriz de doble entrada, en cuyas filas se desglosan los elementos del medio que pudieran ser afectados (físico abiótico, físico biótico y socioeconómico), y estos a su vez se dividen por factores ambientales (aire, agua, suelo, geomorfología, paisaje, flora, fauna, demografía, sector primario y sector secundario); en tanto que las columnas contienen las actividades del proyecto causales del impacto, agrupadas por etapa de desarrollo (preparación del sitio).

Justificación de la metodología seleccionada

Este método fue seleccionado debido a que está confeccionado con el fin de poder adaptarse a todo tipo de proyectos por su carácter generalista y dado que permite la integración de conocimientos sectoriales, pudiendo actuar como hilo conductor para el trabajo de un equipo interdisciplinario; esto lo hace especialmente útil y práctico como herramienta para estudios de impacto ambiental; aunado a que el modelo es bastante completo y permite, partiendo de un diagrama arborescente del sistema ambiental, hacer una evaluación tanto cualitativa como cuantitativa del impacto ambiental, logrando esto último mediante el empleo de funciones de transformación. Además, posibilita comparar los impactos del proyecto en los escenarios del medio, sin implementar medidas protectoras y con la aplicación de ellas.

Entre las ventajas del método seleccionado se pueden citar las siguientes: 1) permite la obtención de un índice global de impactos; 2) se adapta a diferentes tipos de proyectos; 3) pondera los efectos mediante la asignación de pesos; y 4) realiza una evaluación cualitativa y cuantitativa del impacto.

Indicadores de impacto

De manera previa a la construcción de la Matriz de Causa-Efecto, se realizó una selección de indicadores de impacto, los cuales servirán para obtener una aproximación cercana a la realidad respecto de las interacciones que se establecerán en la matriz.

Una definición genéricamente utilizada del concepto indicador, establece que éste es “un elemento del medio ambiente afectado, o potencialmente afectado por un agente de cambio” (Ramos, 1987); es por ello que se considera a los indicadores como índices cuantitativos o cualitativos que permiten evaluar la dimensión de las alteraciones que podrán producirse como consecuencia del desarrollo del proyecto.

Para fines prácticos y metodológicos, los indicadores de impacto fueron seleccionados con base en las siguientes características:

- ✓ Representatividad: se refiere al grado de información que posee un indicador respecto del impacto global de la obra.
- ✓ Relevancia: la información que aporta es significativa sobre la magnitud e importancia del impacto.
- ✓ Excluyente: no existe una superposición entre los distintos indicadores.
- ✓ Cuantificable: medible siempre que sea posible en términos cuantitativos.
- ✓ Fácil identificación: definidos conceptualmente de modo claro y conciso.

Lista indicativa de indicadores de impacto

En las siguiente tablas se presenta la lista de los indicadores de impacto seleccionados para el proyecto de acuerdo con sus características de representatividad, relevancia y por ser excluyentes, cuantificables y de fácil identificación.

ELEMENTO DEL AMBIENTE QUE SERÁ IMPACTADO	INDICADORES DE IMPACTO
Aire	Número de fuentes móviles
	Tiempo de operación de las fuentes móviles
	Cantidad de partículas suspendidas
Suelo	Volumen del recurso removido
	Superficie de aprovechamiento
	Superficie de despilme
	Volumen de residuos sólidos y líquidos generados
Hidrología	Volumen de aguas residuales generadas
Paisaje	Superficie modificada
Flora	Superficie de desmonte
	Superficie de conservación
Fauna	Superficie de aprovechamiento
	Superficie de conservación
	Tiempo de vida útil del proyecto
Medio socioeconómico	Número de empleos generados
	Maquinaria y equipo requeridos
	Tiempo de duración del proyecto

Valoración cualitativa del impacto ambiental

Una vez definidos los indicadores de impacto, a continuación se presenta la Matriz de Cribado o Matriz de Causa-Efecto propuesta para la evaluación de los impactos ambientales. En dicha matriz se establecerán las

interacciones acción-factor ambiental, en donde las acciones se incluirán en las columnas, en tanto que los factores ambientales se desglosarán por filas; en este sentido, cuando una acción afecte uno o varios factores ambientales, se marcará la celda común a ambas. Cabe mencionar que en esta etapa de la evaluación de los impactos, la valoración de los mismos es de tipo cualitativa, y servirá de base para establecer la valoración a nivel cuantitativo. La matriz se presenta únicamente para la etapa de preparación del sitio ya que es la correspondiente a las actividades referentes al cambio de uso de suelo.

ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO										
MATRIZ DE CRIBADO MATRIZ DE CAUSA-EFECTO		ACTIVIDADES								
En las columnas se colocaron todas aquellas actividades involucradas con la etapa de preparación del sitio del proyecto y en las filas se incluyeron todos y cada uno de los componentes del ambiente que se verán afectados por dichas actividades. La celda que indicaba una posible interacción entre ambos componentes de la matriz, fue marcada con un color específico.										
		Contratación de personal	Generación de residuos sólidos	Generación de aguas residuales	Actividad humana	Delimitación de la zona de aprovechamiento	Compra o renta de maquinaria y equipo	Rescate de vegetación y/o fauna	Desmonte	Despalme
ELEMENTO DEL MEDIO	FACTOR DEL MEDIO									
Abiótico	Aire									
	Suelo									
	Hidrología									
Biótico	Flora									
	Fauna									
Perceptual	Paisaje									
Socioeconómico	Sector laboral									
	Sector económico									
	Sector comercio									

Valoración cuantitativa del impacto ambiental

Una vez definidas las interacciones entre los componentes del medio y las actividades del proyecto, se procede a valorarlos cuantitativamente a través de criterios de valoración (descritos más adelante). A cada criterio se le asignará un valor numérico y consecuentemente se realizará la sumatoria de los valores asignados aplicando

el algoritmo propuesto por Domingo Gómez Orea (1988), modificado, el cual se indica como sigue: Valor de importancia (VIM) = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc). El resultado obtenido en la aplicación del algoritmo, permitirá determinar más adelante el valor de importancia de cada impacto identificado. Como paso final, el resultado será ponderado con una escala de referencia (definida más adelante), a fin de establecer aquellos impactos relevantes o significativos que generará el proyecto.

Criterios seleccionados para la valoración de los impactos

En el siguiente cuadro se presentan los criterios de valoración con sus correspondientes atributos, que permitirán valorar cuantitativamente cada impacto ambiental identificado.

CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS		
NO.	CRITERIO	ATRIBUTOS
1	Carácter	Positivo/Negativo
2	Intensidad	Alta/Media/Baja
3	Causa-efecto	Directo/Indirecto
4	Extensión	Puntual/Extenso/ Parcial
5	Momento	Corto plazo/ Mediano plazo/Largo plazo
6	Persistencia	Fugaz/Temporal/Permanente
7	Periodicidad	Irregular/Periódico/Continuo
8	Reversibilidad	Reversible/Irreversible
9	Recuperabilidad	Preventivo/Mitigable/Recuperable/Irrecuperable

Como puede verse en el cuadro anterior, para la evaluación cuantitativa del impacto, se utilizarán 9 criterios y 25 atributos, los cuales se describen como sigue:

Carácter (+ ó -).

Cuando hablamos del carácter del impacto, simplemente aludimos a si es beneficioso o dañino, lo cual suele indicarse con un signo positivo (+) o negativo (-), respectivamente. Con el impacto positivo las condiciones del medio (abiótico, biótico, perceptual y socioeconómico) se benefician y mejoran, mientras que con el negativo se dañan o deterioran.

Intensidad (In).

Si por definición la intensidad es el grado de fuerza, cuando hablamos de la intensidad del impacto nos referimos a su nivel de destrucción si se trata de un impacto negativo, o de beneficio, si es positivo. Con un propósito práctico el grado de destrucción o beneficio se define como alto, medio o bajo, para identificar diferentes niveles de daño o mejora en las condiciones del medio (abiótico, biótico, perceptual y socioeconómico).

En un sentido negativo, cuando la intensidad es alta se produce una destrucción casi total del factor ambiental afectado, y si es baja hay una modificación mínima del factor afectado. En un sentido positivo, la intensidad alta refleja un beneficio máximo, mientras que si es baja solo indicaría una cierta mejora. En ambos casos, la intensidad media representa una situación intermedia al ser comparada con los dos niveles anteriores.

En relación a éste criterio, para el presente estudio se considerará lo siguiente:

- ✓ Intensidad alta: cuando el impacto ocasione una destrucción total o produzca un beneficio máximo sobre el recurso, con respecto al estado cero que presente antes de la Puesta en marcha del proyecto.
- ✓ Intensidad media: cuando el impacto ocasione sobre el recurso una destrucción o un beneficio mayor al 50 % con respecto al estado cero que presente antes de la puesta en marcha del proyecto, pero no su destrucción total o un beneficio máximo.
- ✓ Intensidad baja: cuando el impacto ocasiona una destrucción o produzca un beneficio menor al 50 % sobre el recurso, con respecto al estado cero que presente antes de la puesta en marcha del proyecto.

Relación-causa efecto (Ce).

Hace alusión a la inmediatez del impacto y su posición en la cadena de efectos. Si el impacto tiene un efecto inmediato sobre algún factor del medio se habla de impacto directo. Si el efecto tiene lugar a través de un sistema de relaciones más complejas y no por la relación directa acción-factor entonces se dice que es indirecto. Los impactos directos son también llamados primarios, son los más obvios pues ocurren casi al mismo tiempo que la acción que los causa, mientras que los indirectos son llamados secundarios, terciarios, etc.

Extensión (Ex).

La extensión permite considerar algo tan importante como las características espaciales del impacto, es decir, hasta dónde llega su efecto. Bajo este criterio los impactos se dividen en puntual, cuando afecta un espacio muy localizado; extenso si afecta un espacio muy amplio, o parcial si afecta un espacio intermedio, al ser comparado de manera relativa con los dos niveles anteriores. Para este criterio es necesario establecer una escala espacial relativa referida al factor que se analiza, que a su vez ayudará a precisar las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto.

Para fines del presente estudio, la escala espacial en la aplicación de éste criterio, se considerará como se indica a continuación:

- ✓ Puntual: cuando el impacto sólo afecte la superficie donde se esté realizando la obra o actividad de que se trate.
- ✓ Parcial: cuando el impacto afecte una superficie mayor al sitio donde se esté realizando la obra o actividad de que se trate, pero dentro de los límites de la cuenca o microcuenca.
- ✓ Extenso: cuando el efecto del impacto se produzca más allá de los límites de la cuenca o microcuenca..

Momento (Mo).

Alude al momento en que ocurre el impacto, es decir, el tiempo transcurrido desde que la acción se ejecuta y el impacto se manifiesta. Este tipo de impacto puede ocurrir a corto plazo, si se manifiesta inmediatamente o al poco tiempo de ocurrida la acción, a largo plazo si se expresa mucho tiempo después de ocurrida la acción o a mediano plazo si se manifiesta en un momento después de ocurrida la acción que resulta intermedio al ser comparado de manera relativa con los dos niveles anteriores.

Para fines prácticos y metodológicos del presente estudio, en la aplicación de éste criterio se considerará lo siguiente:

- ✓ Corto plazo: si el impacto ocurre después de un mes de que se produzca el factor que lo genera.
- ✓ Mediano plazo: cuando el efecto del impacto se manifieste en un período aproximado mayor a un mes, pero menor a tres meses de haberse producido el factor que lo genera.
- ✓ Largo plazo: cuando el efecto del impacto se manifieste en un período mayor a tres meses de haberse producido el factor que lo genera.

Persistencia (Pe).

Se refiere al tiempo que permanece actuando el impacto, es decir, la duración que teóricamente tendrá la alteración del factor que se está valorando. Así, se considera permanente aquel impacto que provoca una alteración indefinida en el tiempo; temporal aquel que causa una alteración transitoria y fugaz aquel que causa una alteración breve. Para este tipo de criterio es necesario establecer una escala temporal relativa referida al factor que se analiza y para ello se tomará como base el cronograma del proyecto, el cual permitirá establecer un tiempo concreto de duración ajustado a la realidad del proyecto.

Para fines del presente estudio, la escala espacial en la aplicación de éste criterio, se considerará como se indica a continuación:

- ✓ Fugaz: si el impacto deja de manifestarse en un período que abarca de un día a un mes después de haber desaparecido el factor que lo genera.
- ✓ Temporal: si el impacto se manifiesta en un período de tiempo mayor a un mes pero sólo durante la etapa del proyecto en la que se generó.
- ✓ Permanente: si el impacto se manifiesta durante toda la vida útil del proyecto.

Periodicidad (Pr).

Alude a la regularidad o grado de permanencia del impacto en un período de tiempo. Se define como irregular al que se manifiesta de forma discontinua e impredecible en el tiempo, periódico si se expresa de forma regular pero intermitente en el tiempo y continuo si el cambio se manifiesta constante o permanentemente en el tiempo. Este último, en su aplicación tiende a confundirse con el impacto permanente, sin embargo, el impacto permanente concierne a su comportamiento en el tiempo y el continuo al tiempo de actuación.

Reversibilidad (Rv).

En ocasiones, el medio alterado por alguna acción puede retornar de forma natural a su situación inicial cuando la acción cesa; hablamos entonces de impacto reversible. Cuando al desaparecer dicha acción, no es posible el retorno al estado original de manera natural, decimos entonces que el impacto es irreversible. Este criterio no se considera para evaluar los impactos al medio socioeconómico, puesto que los elementos que lo integran no son de tipo natural.

Recuperabilidad (Rc).

No siempre es posible que el medio alterado por alguna acción pueda regresar de forma natural a su situación inicial cuando la acción cesa. En tales casos debemos tomar medidas para que esto ocurra. Definimos entonces el impacto recuperable cuando éste desaparece al cesar la acción que lo causa; preventivo cuando se aplican medidas que impiden la manifestación del impacto; mitigable como aquel donde la aplicación de medidas correctoras sólo reducen el efecto de la acción impactante, sin llegar a la situación inicial; e irrecuperable cuando al desaparecer la acción que lo causa no es posible el retorno a la situación inicial, ni siquiera a través de medidas de protección ambiental, por lo que además de medidas mitigadoras para reducirlo, debemos aplicar las llamadas medidas compensatorias para remediarlo. En los casos, preventivo y mitigable, aplican las llamadas medidas preventivas o de mitigación, a las cuales nos referiremos en otro capítulo del presente estudio.

La categoría de recuperabilidad no aplica a los impactos positivos, pues su definición abarca el concepto de medidas mitigadoras o compensatorias que solo se aplican a los impactos negativos. Para los impactos positivos se manejan las llamadas medidas optimizadoras encaminadas a perfeccionar, ampliar y expandir el beneficio del impacto positivo.

Asignación de rangos para los criterios de evaluación

De manera previa a la valoración cuantitativa de los impactos ambientales a través del algoritmo propuesto por Domingo Gómez Orea (1988), a continuación se procede a la asignación de rangos para los criterios de valoración por cada uno de sus atributos, según corresponda, a fin de poder obtener un valor de ponderación para los impactos asociados a la etapa de preparación del sitio (ver tabla siguiente).

CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS		
CRITERIO	RANGO	VALOR
Carácter	Positivo	+
	Negativo	-
Intensidad (In)	Baja	1
	Media	2
	Alta	3
Causa-efecto (Ce)	Indirecto	1
	Directo	2
Extensión (Ex)	Puntual	1
	Parcial	2
	Extenso	3
Momento (Mo)	Corto plazo	1
	Mediano plazo	2
	Largo plazo	3
Persistencia (Pe)	Fugaz	1
	Temporal	2
	Permanente	3
Periodicidad (Pr)	Irregular	1
	Periódico	2
	Continuo	3
Reversibilidad (Rv)	Reversible	1

CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS		
CRITERIO	RANGO	VALOR
	Irreversible	2
	Preventivo	0
	Recuperable	1
Recuperabilidad (Rc)	Mitigable	2
	Irrecuperable	3

Cálculo del valor de importancia de los impactos ambientales

A continuación se presentan los cálculos realizados para la valoración de los impactos ambientales identificados por cada etapa del proyecto, utilizando el algoritmo seleccionado (modificado de Gómez Orea, 1988), el cual se describe como sigue:

$$VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc)$$

Donde:

VIM = Valor de importancia del impacto

(+/-) = positivo o negativo

In =Intensidad

Ex =Extensión

Ce =Causa-efecto

Mo =Momento

Pe =Persistencia

Pr =Periodicidad

Rv =Reversibilidad

Rc=Recuperabilidad

Asimismo se presenta la valoración cuantitativa de los impactos ambientales identificados, tomando como base las interacciones establecidas en la matriz de causa-efecto, presentada anteriormente.

Impactos que se producirán en la etapa de preparación del sitio

Impacto ambiental identificado (1): Reducción de la cobertura vegetal

- ✓ Elementos del medio impactados: Flora, fauna, paisaje
- ✓ Descripción del impacto: El origen de éste impacto, de acuerdo con la matriz de causa-efecto, será el desmonte durante los trabajos de preparación del sitio, ya que dicha actividad implica la remoción de vegetación natural dentro en las zonas de aprovechamiento propuestas para el proyecto, lo que también trae como consecuencia el desplazamiento de la fauna y la modificación del entorno natural, alterando el medio perceptual.
- ✓ Evaluación del impacto:

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
----------	-------	---------------	-------

Carácter	Negativo	Ocasiona la pérdida del recurso.	-
Intensidad	Baja	Se aprovechará sólo el 3.72 % del predio	1
Extensión	Puntual	Se limita sólo a la superficie propuesta para el desarrollo del proyecto.	1
Causa-efecto	Directo	El proyecto implica el cambio de uso de suelo a través de la remoción de la vegetación.	2
Momento	Corto plazo	El desmonte se llevará a cabo a la brevedad posible de acuerdo con calendarización señalada en el presente estudio.	1
Persistencia	Permanente	La pérdida de la vegetación será permanente durante toda la vida útil del proyecto.	3
Periodicidad	Irregular	Se considera irregular, ya que el desmonte se realizará de manera paulatina y por etapas durante el plazo establecido en el calendario de actividades.	1
Reversibilidad	Irreversible	La vegetación removida no puede recuperar su estado original por medios propios, en caso de cesar la actividad, ya que para ello se requiere aplicar medidas de restauración.	2
Recuperabilidad	Mitigable	Se llevará a cabo un rescate de vegetación dirigido para recuperar un porcentaje significativo de las especies que serán afectadas; contribuyendo con ello a salvaguardar el germoplasma de las especies seleccionadas. En especial aquellas listada en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.	2
VALOR DE IMPORTANCIA		VIM = +/- (3(1) + 2(1) + 2 + 1 + 3 + 1 + 2 + 2)	VIM = -16

Impacto ambiental identificado (2): Reducción del hábitat

- ✓ Elementos del medio impactados: Flora y fauna
- ✓ Descripción del impacto: El origen de éste impacto, de acuerdo con la matriz de causa-efecto, será el desmonte durante los trabajos de preparación del sitio, ya que dicha actividad implica remover la vegetación natural dentro de las zonas propuestas para el aprovechamiento y desarrollo del proyecto; superficies que actualmente fungen como hábitat para la flora y la fauna asociada.
- ✓ Evaluación del impacto:

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Carácter	Negativo	Ocasiona la pérdida del recurso.	-
Intensidad	Baja	Se perderá el hábitat en el 3.72 % de la superficie total del predio.	1
Extensión	Puntual	Se limita sólo a la superficie de aprovechamiento.	1
Causa-efecto	Directo	El cambio de uso de suelo que implica el proyecto a través de la remoción de la vegetación, se relaciona en forma directa con la pérdida del hábitat.	2

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Momento	Corto plazo	El desmante corresponde a la etapa del proyecto donde se perderá el hábitat. No obstante, éste se llevará a cabo de acuerdo con la calendarización indicada en el presente estudio.	1
Persistencia	Permanente	La pérdida del hábitat será permanente durante toda la vida útil del proyecto.	3
Periodicidad	Irregular	Se considera irregular, ya que el desmante y por ende la reducción del hábitat, se realizará por etapas de acuerdo a la calendarización indicada en el capítulo dos del presente.	1
Reversibilidad	Irreversible	El hábitat para la flora y la fauna no podrá recuperarse por medios naturales en caso de cesar la actividad, ya que para ello se requiere aplicar medidas de restauración.	2
Recuperabilidad	Mitigable	Se prevé la implementación de actividades de ahuyentamiento de fauna, así como la puesta en marcha de programas que incluyen actividades rescate y reubicación de especies florísticas y faunísticas. Con lo anterior, la fauna se restablecerá en hábitats adecuados y se crearán hábitats similares mediante la reubicación de especies florísticas las cuales darán cabida a las especies rescatadas.	2
Valor de importancia		VIM = +/- (3(1) + 2(1) + 2 + 1 + 3 + 1 + 2 + 2)	VIM = -16

Impacto ambiental identificado (3): Reducción del suelo

- ✓ Elemento del medio impactado: Suelo
- ✓ Descripción del impacto: Éste impacto será producido durante los trabajos de preparación del sitio, cuando se realicen las actividades de despalme, ya que ello implica la remoción del suelo dentro de la zona de aprovechamiento.
- ✓ Evaluación del impacto:

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Carácter	Negativo	Ocasiona la reducción del recurso.	-
Intensidad	Baja	Se aprovechará el 3.72 % superficie total del predio.	1
Extensión	Puntual	Se limita sólo a la superficie sujeta a aprovechamiento	1
Causa-efecto	Directo	El proyecto implica el despalme, y por lo tanto se relaciona en forma directa con la reducción del suelo.	2
Momento	Corto plazo	El despalme se llevará a cabo de acuerdo al cronograma de trabajo y será en ese período cuando el suelo se reduzca.	1
Persistencia	Permanente	La reducción del suelo será permanente durante toda la vida útil del proyecto.	3
Periodicidad	Irregular	Se considera irregular, ya que el despalme y por ende la reducción del suelo, se realizará por etapas de acuerdo a lo indicado en el cronograma de trabajo.	1

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Reversibilidad	Irreversible	El suelo no podrá recuperarse por medios naturales en caso de cesar la actividad, ya que para ello se requiere aplicar medidas de restauración.	2
Recuperabilidad	Mitigable	El suelo removido será resguardado al interior del predio y reincorporado en las áreas que se conservarán en estado natural.	2
Valor de importancia		VIM = +/- (3(1) + 2(1) + 2 + 1 + 3 + 1 + 2 + 2)	VIM = -16

Impacto ambiental identificado (4): Suspensión de sedimentos

- ✓ Elemento del medio impactado: Aire
- ✓ Descripción del impacto: Éste impacto será producido con los trabajos de desmonte y despalme, debido a que la acción del viento pueden llegar a provocar la suspensión de partículas en el aire.
- ✓ Evaluación del impacto:

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Carácter	Negativo	Altera la calidad del componente ambiental (aire).	-
Intensidad	Baja	Los sedimentos suspendidos afectarán la calidad del recurso de manera temporal pero no ocasionaran su destrucción en ningún sentido.	1
Extensión	Parcial	La dispersión de los sedimentos por acción eólica podrá ocurrir más allá del sitio donde se realiza la actividad o factor que lo genera.	2
Causa-efecto	Indirecto	El viento será el único factor responsable de la suspensión de sedimentos, mas no las actividades de desmonte y despalme.	1
Momento	Corto plazo	Las actividades se llevarán a cabo por etapas de acuerdo con la calendarización indicada en el capítulo dos del presente estudio, y será en ese período cuando los sedimentos podrían llegar a ser suspendidos por la acción del viento.	1
Persistencia	Fugaz	Las partículas de sedimento que podrían llegar a ser suspendidos por el viento, permanecerán en el aire por períodos cortos de tiempo, dado que su peso producirá que éstos se precipiten y reincorporándose nuevamente al suelo.	1
Periodicidad	Irregular	Se considera irregular, ya que la suspensión de los sedimentos ocurrirá en forma impredecible pero no continua.	1
Reversibilidad	Reversible	El sedimento se podrá precipitar debido a su peso.	1
Recuperabilidad	Preventivo	Se aplicarán medidas preventivas para evitar la suspensión o dispersión de sedimentos durante los trabajos de preparación del sitio del proyecto.	0
Valor de importancia		VIM = +/- (3(1) + 2(2) + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 0)	VIM = -12

Impacto ambiental identificado (5): Reducción de la calidad visual

- ✓ Elemento del medio impactado: Paisaje
- ✓ Descripción del impacto: El impacto será producido con la remoción de la vegetación y la presencia de elementos o acciones antrópicas; lo que implica la pérdida de los elementos naturales que predominan en el entorno, reduciendo con ello la calidad visual del paisaje.
- ✓ Evaluación del impacto:

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Carácter	Negativo	Provoca una alteración en la calidad del recurso.	-
Intensidad	Baja	Se estima que la reducción de la calidad visual del paisaje no provoca la destrucción total del recurso debido a que no se modificará la totalidad de la superficie del predio y se contará con áreas con vegetación natural de gran extensión	1
Extensión	Parcial	La reducción de la calidad visual del paisaje se refleja más allá de las zonas donde se realizarán las actividades que lo genera, puesto que el paisaje, dependiendo del campo visual que se considere, alcanza dimensiones superiores a las que serán aprovechadas.	2
Causa-efecto	Directo	La intervención del predio para su aprovechamiento, se relaciona en forma directa con la reducción de la calidad visual del paisaje.	2
Momento	Corto plazo	Con los trabajos de preparación del sitio (desmonte y despalme) serán eliminados los elementos naturales del predio y por ende, se reduce la calidad visual del paisaje.	1
Persistencia	Permanente	La reducción de la calidad visual será permanente durante toda la vida útil del proyecto, ya que éste introduce elementos de alteración en el paisaje.	3
Periodicidad	Continuo	La alteración de la calidad visual del paisaje será constante a lo largo del tiempo, durante toda la vida útil del proyecto.	3
Reversibilidad	Irreversible	Para recuperar la calidad visual del paisaje, necesariamente se requiere de la intervención del hombre para la restauración de los elementos naturales que fueron eliminados.	2
Recuperabilidad	Mitigable	Se conservará el 96.28% del predio con vegetación en estado natural, con lo que se contribuirá a la permanencia de la calidad visual al paisaje.	2
Valor de importancia		VIM = +/- (3(1) + 2(2) + 2 + 1 + 3 + 3 + 2 + 2)	VIM = -20

Impacto ambiental identificado (6): Perturbación del hábitat

- ✓ Elementos del medio impactados: Fauna

- ✓ Descripción del impacto: Durante los trabajos de preparación del sitio, la actividad humana y todos los elementos que se vinculan, se ocasionarán la perturbación del hábitat de la fauna, lo que dará origen a su desplazamiento fuera de las áreas de aprovechamiento.
- ✓ Evaluación del impacto:

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Carácter	Negativo	Ocasiona la alteración de la calidad del hábitat.	-
Intensidad	Baja	Se conservará más del 96.28 % de la superficie del predio con vegetación en estado natural. Dicha superficie seguirá funcionando como zona de refugio, anidación, reproducción y alimentación para la fauna del sitio.	1
Extensión	Parcial	La perturbación del hábitat puede extenderse más allá de las zonas que serán intervenidas durante los trabajos de preparación del sitio del proyecto, debido al ruido y a la presencia misma de los trabajadores en la obra.	2
Causa-efecto	Directo	Los trabajos de preparación del sitio (desmante y despalme) serán los factores causantes de la perturbación del hábitat.	2
Momento	Corto plazo	El desmante se llevará a cabo de acuerdo con la calendarización citada en el presente estudio, y será en ese período cuando se produzca la mayor perturbación del hábitat.	1
Persistencia	Temporal	La perturbación ocurrirá durante el periodo de preparación del sitio pero cesarán al término de las actividades que esta comprende.	2
Periodicidad	Periódico	Se considera periódico ya que los trabajos de preparación el sitio están definidos en tiempo y por ende el impacto cesará al término de éstos.	2
Reversibilidad	Reversible	Al cesar los factores de perturbación, la calidad del hábitat se restablecerá en forma inmediata en aquellas zonas que no formaron parte del área sujeta a aprovechamiento.	1
Recuperabilidad	Mitigable	Se conservará el 96.7% de la superficie del predio con vegetación en estado, por lo que se advierte que dicha superficie seguirá funcionando como zona de refugio, anidación, reproducción y alimentación para la fauna del sitio.	2
Valor de importancia		VIM = +/- (3(1) + 2(2) + 2 + 1 + 2 + 2 + 1 + 2)	VIM = -17

Impacto ambiental identificado (7): Contaminación del medio

- ✓ Elementos del medio impactados: Agua del subsuelo, suelo y flora.
- ✓ Descripción del impacto: Un manejo inadecuado de los residuos sólidos urbanos (orgánicos e inorgánicos), de manejo especial así como los peligrosos, sólidos y líquidos que se generarán durante la etapa de preparación del proyecto, podría traducirse en la contaminación del agua del subsuelo, el suelo y la flora.
- ✓ Evaluación del impacto:

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Carácter	Negativo	Ocasiona la contaminación de los recursos ya señalados.	-
Intensidad	Baja	En caso de no existir un adecuado manejo integral de los mismos, la contaminación no ocasionará la destrucción total de los recursos impactados, ni mucho menos rebasará el 50 % de los mismos.	1
Extensión	Parcial	La contaminación de los recursos puede alcanzar una superficie mayor a la que será intervenida durante la etapa de preparación del proyecto, pero siempre dentro de los límites del predio.	2
Causa-efecto	Indirecto	Los trabajos relacionados con la preparación del sitio del proyecto no serán los factores causantes de la contaminación de los recursos, más bien se relaciona con un manejo inadecuado de los mismos.	1
Momento	Mediano plazo	Una posible contaminación de los recursos naturales, ocurrirá en un tiempo mayor a un mes, por lo que se considera un impacto que ocurrirá a mediano plazo.	2
Persistencia	Temporal	La perturbación ocurrirá sólo en el plazo de tiempo señalado en el calendario citado en el presente estudio, dando inicio desde los trabajos de preparación del sitio hasta el final de este proceso.	2
Periodicidad	Periódico	Los factores contaminantes se producirán en forma continua e intermitente en el tiempo que dura la etapa de preparación del sitio del proyecto y cesarán al término de la misma.	2
Reversibilidad	Reversible	Los agentes contaminantes podrían llegar a ser recuperados o biodegradados con el paso del tiempo, y por lo tanto podrían ser suprimidos del medio.	1
Recuperabilidad	Preventivo	Se aplicarán medidas preventivas específicas para evitar que el impacto se manifieste.	0
Valor de importancia		VIM = +/- (3(1) + 2(2) + 1 + 2 + 2 + 2 + 1 + 0)	VIM = -15

Impacto ambiental identificado (8): Generación de ingresos económicos

- ✓ Elementos del medio impactados: Sector económico y comercial
- ✓ Descripción del impacto: La etapa de preparación del sitio requiere de la compra y/o renta de equipo mecánico y el pago de permisos diversos entre otros factores que propiciarán una activación en la economía local y la actividad comercial en la zona.
- ✓ Evaluación del impacto:

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Carácter	Positivo	Produce un beneficio para la sociedad.	+
Intensidad	Baja	La maquinaria y mano de obra que se requiere así como el monto económico de los permisos que tendrán que pagarse para llevarse	1

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
		a cabo los trabajos de preparación del sitio, no son significativos, por lo que la intensidad el impacto se considera baja.	
Extensión	Extenso	La renta y adquisición de maquinaria y equipo se hará en la ciudad de Playa del Carmen. En tanto al pago de permisos, se beneficiará al Municipio, por lo que el efecto del impacto seguirá más allá de los límites del predio.	3
Causa-efecto	Directo	La compra y/o renta de maquinaria y equipo, así como el pago de permisos diversos, es indispensable para la ejecución del proyecto en sus etapas iniciales.	2
Momento	Corto plazo	Las compras, rentas y pagos de permisos, serán de las primeras actividades que se realicen, incluso antes de que den inicio los trabajos de preparación del sitio.	1
Persistencia	Fugaz	La actividad económica se activará durante un período corto de tiempo de acuerdo a la calendarización del programa de trabajo y cesará al término del proyecto.	1
Periodicidad	Irregular	La economía se activará en forma impredecible pero no será continua, ya que cesará al término del proyecto.	1
Reversibilidad	Reversible	No aplica	0
Recuperabilidad	Mitigable	No aplica	0
Valor de importancia		VIM = +/- (3(1) + 2(3) + 2 + 1 + 1 + 1 + 0 + 0)	VIM = +14

Impacto ambiental identificado (9): Generación de empleos

- ✓ Elementos del medio impactados: Sector laboral
- ✓ Descripción del impacto: La etapa de preparación del sitio requiere de la contratación de personal para que se realicen los trabajos implicados en esta.
- ✓ Evaluación del impacto:

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Carácter	Positivo	Produce un beneficio para la sociedad.	+
Intensidad	Baja	La cantidad de personal que se requiere para la etapa de preparación del sitio es relativamente baja.	1
Extensión	Extenso	El personal que será contratado deberá cumplir como requisito el pertenecer a la Localidad y/o a la ciudad de Playa del Carmen, por lo que el efecto del impacto se manifestará más allá de los límites del predio.	3
Causa-efecto	Directo	Sin la contratación del personal es imposible la ejecución del cambio de uso de suelo.	2

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Momento	Corto plazo	La contratación del personal será una de las primeras actividades que se realizarán, incluso antes de que den inicio los trabajos programados.	1
Persistencia	Fugaz	El personal capacitado para ejecutar los trabajos, sólo serán contratados por el periodo que duren las actividades.	1
Periodicidad	Irregular	El personal será contratado por única ocasión, de tal manera que la oferta de trabajo cesará cuando la plantilla se encuentre cubierta en su totalidad.	1
Reversibilidad	Reversible	No aplica	0
Recuperabilidad	Mitigable	No aplica	0
Valor de importancia		VIM = +/- (3(1) + 2(3) + 2 + 1 + 1 + 1 + 0 + 0)	VIM = +14

Jerarquización de los impactos ambientales

Una vez hecha la identificación y descripción de los impactos ambientales para la etapa de preparación del sitio, así como la valoración tanto cualitativa como cuantitativa de los mismos, como paso final en la evaluación de los impactos ambientales, se procede a realizar la jerarquización de todos y cada uno de ellos.

La jerarquización se realizará en base en los resultados obtenidos de la aplicación del algoritmo propuesto por Gómez Orea durante la valoración cuantitativa de cada impacto ambiental identificado. Con base en dichos resultados, cada impacto ambiental será jerarquizado o ponderado con base en tres categorías: 1) significativo o relevante, 2) moderado y 3) bajo o nulo.

Es importante precisar que el rango más alto en la jerarquización de los impactos, correspondiente a la categoría de impacto significativo o relevante, será para los impactos ambientales cuya intensidad se traduzca en una destrucción casi total del factor ambiental (intensidad alta) en el caso de aquellos negativos, o en un beneficio máximo cuando sean de carácter positivo; y que además tengan un efecto inmediato sobre el medio ambiente (directo); afectando un espacio muy amplio (extenso), mucho tiempo después de ocurrida la acción (largo plazo); provocando una alteración indefinida (permanente) y continua en el tiempo. Asimismo, al desaparecer la acción que provoca dicho impacto, no será posible el retorno del componente ambiental a su estado original de manera natural, ni por medios o acciones correctoras por parte del ser humano (irreversible e irreuperable). De acuerdo con esta descripción y aplicando el algoritmo de Gómez Orea se obtiene lo siguiente:

Valor de importancia del impacto significativo o relevante

$$Vim = +/- (3I + 2E + C + M + P + Pr + R + Rc)$$

$$Vim = +/- (3(3) + 2(3) + 2 + 3 + 3 + 3 + 2 + 3)$$

$$Vim = +/- 31$$

Con base en lo anterior, se tiene que un impacto significativo o relevante será aquel que obtenga un valor de importancia igual a +/-31.

Como un rango intermedio entre el impacto significativo o relevante y el impacto bajo o nulo, se ubica la categoría de impacto moderado, es decir, aquellos impactos ambientales, cuya intensidad se traduce en una

modificación media (intensidad media) del factor afectado, o en una cierta mejora cuando son de carácter positivo; con un efecto que tiene lugar a través de un sistema de relaciones más complejas y no por la relación directa acción-factor (indirecto), afectando un espacio intermedio (parcial), al ser comparado de manera relativa con los dos niveles anteriores (puntual y extenso); su efecto ocurrirá después de sucedida la acción en un nivel intermedio (mediano plazo) al ser comparado de manera relativa con los dos niveles anteriores (corto y largo plazo), con una duración transitoria (temporal) y en forma regular pero intermitente en el tiempo (periódico). Asimismo, cuando al desaparecer la acción que provoca el impacto, es posible el retorno del componente ambiental a su estado original, ya sea de manera natural o por medios o acciones ejecutadas por el ser humano (reversible y recuperable o mitigable). De acuerdo con esta descripción y aplicando el algoritmo de Gómez Orea se obtiene lo siguiente:

Valor de importancia del impacto moderado

$$\begin{aligned} V_{im} &= +/- (3I + 2E + C + M + P + Pr + R + Rc) \\ V_{im} &= +/- (3(2) + 2(2) + 1 + 2 + 2 + 2 + 1 + 2) \\ V_{im} &= +/- 20 \end{aligned}$$

Con base en lo anterior, un impacto moderado será aquel que obtenga un valor de importancia igual o mayor a +/- 20, pero menor que +/- 31.

Por otra parte, el rango mínimo considerado en la jerarquización de los impactos, correspondiente a la categoría de impacto bajo o nulo, será para los impactos ambientales, cuya intensidad se traduce en una modificación mínima (intensidad baja) del factor afectado, o en una cierta mejora cuando son de carácter positivo; con un efecto que tiene lugar a través de un sistema de relaciones más complejas y no por la relación directa acción-factor (indirecto); afectando un espacio muy localizado (puntual), inmediatamente o al poco tiempo de ocurrida la acción (corto plazo), cuya duración es muy breve (fugaz) y en forma discontinua e impredecible en el tiempo (irregular). Asimismo, al desaparecer la acción que provoca el impacto, es posible el retorno del componente ambiental a su estado original, ya sea de manera natural o por medios o acciones ejecutadas por el ser humano, que en todo caso impiden la manifestación del impacto (reversible y preventivo). De acuerdo con esta descripción y aplicando el algoritmo de Gómez Orea se obtiene lo siguiente:

Valor de importancia del impacto bajo o nulo

$$\begin{aligned} V_{im} &= +/- (3I + 2E + C + M + P + Pr + R + Rc) \\ V_{im} &= +/- (3(1) + 2(1) + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 0) \\ V_{im} &= +/- 10 \end{aligned}$$

Con base en lo anterior, un impacto bajo o nulo será aquel que obtenga un valor de importancia igual o mayor a +/- 10, pero menor que +/- 20.

Expuesto lo anterior y para fines del presente estudio, se consideró un valor de importancia igual a +/- 31 para los impactos significativos o relevantes; un valor de +/- 20 a +/- 30 para los impactos moderados; y un valor de +/- 10 a +/- 19 para los impactos bajos o nulos. En la siguiente tabla se presenta los valores asignados por cada categoría del impacto.

TABLA DE JERARQUIZACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	
CATEGORÍA	VALOR
Significativo o relevante	= ó > 31
Moderado	de 20 a 30
Bajo o nulo	de 10 a 19

Cada categoría utilizada en la jerarquización de los impactos ambientales, se describe como sigue:

Significativo o relevante.

Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

Moderado.

Es aquel impacto negativo que ocasiona un daño sobre algún elemento del ambiente, pero sin producir un desequilibrio ecológico o un daño grave al ecosistema, o bien, aquel impacto de carácter positivo que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, propiciando la preservación del equilibrio ecológico, la protección del ambiente y el aprovechamiento de los recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras. En ambos casos, los impactos modifican la condición original del componente ambiental de que se trate.

Bajo o nulo.

Es aquel impacto negativo que ocasiona una variación sobre algún elemento del ambiente; o bien, aquel impacto de carácter positivo apenas perceptible, que representa un beneficio para algún elemento del ambiente. En ambos casos, los impactos ocurren modificando la condición original del componente ambiental de que se trate en forma casi imperceptible.

Una vez definidas las categorías jerárquicas, en la siguiente tabla se presenta la clasificación de cada impacto ambiental identificado de acuerdo con dichas categorías, por componente ambiental.

JERARQUIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES PARA LA ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO				
No.	IMPACTO AMBIENTAL	ELEMENTO DEL MEDIO	VALOR DE IMPORTANCIA	CATEGORÍA
1	Reducción de la cobertura vegetal	Flora, fauna, paisaje	-16	Bajo
2	Reducción del hábitat	Flora y fauna	-16	Bajo
3	Reducción del suelo	Suelo	-16	Bajo
4	Suspensión de sedimentos	Aire	-12	Bajo
5	Reducción de la calidad visual	Paisaje	-20	Moderado
6	Perturbación del hábitat	Fauna	-17	Bajo
7	Contaminación del medio	Agua del subsuelo, Suelo, y flora	-15	Bajo

JERARQUIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES PARA LA ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO				
No.	IMPACTO AMBIENTAL	ELEMENTO DEL MEDIO	VALOR DE IMPORTANCIA	CATEGORÍA
8	Generación de ingresos económicos	Sector económico y comercial	+14	Bajo
9	Generación de empleos	Sector laboral	+14	Bajo

Conclusiones

A partir de la evaluación de los impactos ambientales que generará el proyecto sobre los componentes del medio que integran el sistema ambiental, se concluye que en total se generarán 9 impactos ambientales, de los cuales 7 son negativos (7 de categoría baja o nula y 1 moderado). Es de señalarse que de la evaluación realizada para la implementación del proyecto, no se anticipa la generación de ningún impacto considerado como significativo o relevante.

De este modo, y en términos ambientales, el proyecto se puede considerar como viable, ya que no representa riesgos a poblaciones de especies protegidas, no implica daños graves a los ecosistemas, y no conlleva riesgos a la salud humana o desequilibrios ecológicos.

Asimismo, se advierte que no se afectan ni se interfiere en procesos biológicos de especies de difícil regeneración, es decir aquellas que son vulnerables a la extinción biológica por la especificidad de sus requerimientos de hábitat y de las condiciones para su reproducción; no se determina la posibilidad de que ocurra inminente daño ambiental a consecuencia del presente proyecto; no se espera un daño grave al ecosistema, esto en virtud de que la zona ya se encuentra ocupado reticulado por vialidades y existen construcciones en sus inmediaciones; el proyecto no se considera causal de desequilibrio ecológico grave en el sentido de que provoque alguna alteración significativa de las condiciones ambientales en las que se prevén impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que ocasionarían la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas; no implica, por la dimensión que ocupa y por los alcances asociados, una pérdida de valor ambiental para la zona y finalmente se puede citar que no obstaculizará la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, puesto que se realiza acorde a los usos de suelo permitidos en la zona.

En resumen: el Cambio de Uso de Suelo propuesto, se ha de desarrollar en un ambiente poco afectado por lo que aun cuando se prevén efectos sobre ecosistemas naturales, entendidos estos como un conjunto de elementos que interactúan, y no únicamente sobre los recursos que son objeto de afectación; en su conjunto, son mínimos y en su totalidad previsibles o mitigables.

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO
EN TERRENOS FORESTALES
MODALIDAD A

JUNIO DE 2016

Capítulo 10

MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y
MITIGACIÓN DE IMPACTOS SOBRE
LOS RECURSOS FORESTALES, LA
FLORA Y FAUNA SILVESTRES,
APLICABLES DURANTE LAS
DISTINTAS ETAPAS DE DESARROLLO
DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO

ECLIPZEN

En el presente capítulo se proponen las medidas de prevención o mitigación sobre los impactos que se anticipan por la puesta en marcha de las actividades que implica el cambio de uso de suelo; impactos que en particular, no alcanzarán valores de importancia. Al respecto, las medidas propuestas en el presente estudio se establecen siempre con la intención de evitar las posibles afectaciones al medio; sin embargo, es bien sabido que en algunos casos los impactos no pueden evitarse y por tanto únicamente se ven disminuidos.

Considerando lo estipulado en el artículo 3 fracciones XIII y XIV del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, que a la letra establecen:

“XIII. Medidas de prevención: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente;

XIV. Medidas de mitigación: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas;”

A continuación se plantean las siguientes medidas con la intención de impedir que los todos los impactos ambientales de carácter previsible previstos por el desarrollo del proyecto, se manifiesten y atenúen a fin de restablecer las condiciones previas del sitio en la medida de lo posible.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN PARA LA NO AFECTACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

❖ Programa de rescate de fauna silvestre

La perturbación del hábitat será el principal impacto ambiental suprimido, siendo la fauna el elemento beneficiado. La misma se aplicará durante la delimitación de las áreas de aprovechamiento, previo al inicio de cualquier actividad relacionada con el desmonte.

El programa estará enfocado a la protección de la fauna silvestre, por lo que contemplará acciones que favorezcan el libre desplazamiento de las especies además del uso de técnicas de ahuyentamiento, así como técnicas de captura y traslado específicas para cada grupo de organismos según se requiera. Evitando con ello que el cambio de uso de suelo afecte en forma directa a la fauna asociada al predio.

En todas las etapas del proyecto se prohibirá cualquier tipo de aprovechamiento o perturbación a la fauna silvestre y se deberá evitar el sacrificio accidental de aquellos organismos que queden expuestos durante los las actividades que comprende el proyecto.

Se rescatarán todos y cada uno de los ejemplares de fauna silvestre que se ubiquen dentro de la zona de aprovechamiento y cuya integridad se encuentre en riesgo durante el cambio de uso de suelo, poniendo particular énfasis en las especies de lento desplazamiento. Posteriormente, las especies rescatadas serán reubicadas dentro de las áreas de conservación del proyecto y/o en zonas aledañas con vegetación en buen estado de conservación.

En relación a su eficacia, el rescate propuesto es una práctica probada con gran eficacia para salvaguardar la integridad de la fauna durante el desarrollo de un proyecto, por lo que en éste caso se contratará los servicios de un técnico especializado para llevar a cabo la ejecución de esta medida.

Respecto a su eficiencia, Se contratará una brigada para el rescate de la fauna, que estará integrada por un especialista y tres auxiliares técnicos, lo cual se considera suficiente tomando en cuenta que el desmonte se realizará en forma gradual, lo que permitirá intervenir todas las áreas antes de realizarse el desmonte, lo cual se traduce en eficiencia, puesto que se tendrá la capacidad de disponer de la brigada para conseguir prevenir el impacto que tendrá del cambio de uso de suelo sobre la fauna, con el mínimo de recursos posibles viable, lo cual se define como eficiencia

La verificación del cumplimiento la realizará un supervisor ambiental quien tendrá a cargo la constante tarea de observar el cumplimiento de ésta y las otras medidas que se proponen. Para la cuantificación de la misma, se llevará un listado de todos los individuos que serán rescatados, el cual se registrará mediante bitácora; aquellos datos de importancia tales como especie, estado de desarrollo, estado de salud (vivo, enfermo, afectado, etc) y de ser posible el sexo del individuo. Asimismo, respecto a la ubicación de la medida, se considera el marcaje no invasivo de los ejemplares para su posterior monitoreo mediante técnicas de captura-recaptura en las áreas de liberación, verificando con ello la sobrevivencia y el éxito de la medida propuesta. Cabe señalar que durante el citado monitoreo, se verificará la presencia de nidos, madrigueras y/o echaderos, lo que permitirá verificar también el uso de hábitat del área en donde se liberaron los organismos rescatados.

Los parámetros que determinaran la eficiencia de la medida serán la sobrevivencia de los individuos rescatados y reubicados en las áreas destinadas para tal fin, a través del monitoreo de los ejemplares, lo que a su vez permitirá verificar la marca que se le hay impuesto durante el rescate, el incremento o estabilidad en la densidad poblacional de las especies rescatadas y reubicadas, lo cual será determinado a través del monitoreo, así como la presencia de regeneración natural dentro de las áreas de conservación.

❖ Rescate de flora silvestre

El rescate propuesto mitigará la pérdida de la vegetación favoreciendo el elemento flora. El mismo se realizará durante la delimitación de las áreas de aprovechamiento previo al inicio del desmonte.

La medida consistirá en la extracción de especies vegetales susceptibles de ser rescatadas, seleccionadas por sus características y valores de importancia de acuerdo con distintos criterio como son: capacidad de ornato, alimento potencial para la fauna, talla y estado de madurez, etc.; aplicando diferentes técnicas y métodos de rescate.

Se rescatarán los ejemplares de flora susceptibles de sobrevivir al trasplante y reubicación, y que se ubiquen dentro de la zona de aprovechamiento, poniendo particular énfasis en las especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Posteriormente, se trasladarán al vivero rustico temporal para su ulterior reubicación dentro de las áreas de conservación del proyecto.

Para lograr la eficacia de la medida propuesta, se contratarán los servicios de un técnico (biólogo, botánico o afin) especializado en el rescate de flora silvestre, que se apegue a las técnicas propuestas en el programa de rescate anexo; o en su caso, se contratarán los servicios de una institución con experiencia en realizar rescates de flora como universidades, grupos colegiados, o que pertenezcan a la iniciativa privada. Lo anterior, **considerando que la eficacia se refiere a la “capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera”, según el Diccionario de la Real Academia Española (última edición),** por lo tanto, al contratar a un técnico especialista, se tendrá la capacidad de lograr los objetivos planteados en el programa de rescate para lograr prevenir el impacto que tendrá del cambio de uso de suelo sobre la flora.

Se contratará una brigada para el rescate de la flora, que estará integrada por un especialista y tres auxiliares técnicos, lo cual se considera suficiente tomando en cuenta que el desmonte se realizará en forma gradual, lo que permitirá intervenir todas las áreas antes de realizarse el desmonte, lo cual se traduce en eficiencia, puesto que se tendrá la capacidad de disponer de las brigadas para conseguir prevenir el impacto que tendrá del cambio de uso de suelo sobre la flora, con el mínimo de recursos posibles viable, lo cual se define como eficiencia.

Para verificar el cumplimiento de la medida se ejecutará se contará con un supervisor ambiental quien verificará y podrá cuantificar la medida mediante un listado de todos los individuos rescatados, el cual se registrará en bitácora; contemplando la especie, la talla del individuo, estado de desarrollo (herbáceo, arbustivo, etc), y sus características sanitarias (vivo, plagado, afectado, etc.).

Para poder ubicar el cumplimiento de la medida, se procederá a marcar a todos los individuos que serán rescatados por medio de etiquetas; lo anterior con la finalidad de que los individuos rescatados puedan ser monitoreados en las áreas donde serán reubicados, y así poder determinar su sobrevivencia y permanencia.

Como parámetros medibles se considerarán los siguientes: Sobrevivencia de los individuos rescatados y reubicados en las áreas destinadas para tal fin, a través del monitoreo de los ejemplares, lo que a su vez permitirá verificar la marca que se le hay impuesto durante el rescate, el incremento o estabilidad en la densidad poblacional de las especies rescatadas y reubicadas, lo cual será determinado a través del monitoreo y la presencia de regeneración natural dentro de las áreas de conservación.

❖ Conservación de la vegetación

La conservación de áreas con vegetación natural será un supresor de impactos ambientales tales como la pérdida de la vegetación, pérdida del hábitat, perturbación del hábitat, pérdida del suelo, reducción de la superficie permeable del suelo, sellado del suelo y reducción de la calidad visual del paisaje, favoreciendo elementos como el suelo, la hidrología, flora, fauna y el paisaje.

Dicha medida estará presente durante todo el proceso de cambio de uso de suelo; es decir, durante todas las etapas del proyecto.

Para lo anterior, se mantendrá una superficie de selva mediana subperennifolia en condiciones naturales que garantizará la conservación del paisaje y brindará a la fauna silvestre un sitio alternativo para desplazarse y subsistir.

Se aplicarán medidas de conservación y mantenimiento de las áreas que se mantendrán con vegetación natural, cuyo objetivo principal será la protección de la flora y la fauna que se conservará *in situ*. Una de las premisas básicas de esta medida radica en la prohibición de la extracción o aprovechamiento de ejemplares de flora o sus partes.

Por lo que toca a la eficacia de la medida, la conservación de los recursos a través de su protección y mantenimiento, es una medida que se ha adoptado desde tiempo atrás y que ha probado su eficacia en prácticas de desarrollo sustentable; sin embargo, dicha medida requiere de ejecutar acciones de mantenimiento y vigilancia las cuales estarán a cargo de un especialista en la materia para alcanzar una eficacia total.

En relación a la eficiencia de la medida, la conservación de la vegetación solamente requiere trabajos de vigilancia para monitorear la calidad ambiental de las mismas, y para anticipar alguna afección por fenómenos hidrometeorológicos o conatos de incendios. Dicha vigilancia implica bajos costos, puesto que sólo se requiere de una brigada vigilante para cubrir todo el perímetro, la cual también servirá para la vigilancia de todo el complejo, lo que permitirá alcanzar los objetivos planteados con recursos mínimos, haciendo eficiente su ejecución.

Para verificar el cumplimiento de la medida, se contará con un supervisor ambiental calificado quien supervisará la ejecución de la medida.

Para cuantificar la medida, se llevará a cabo un levantamiento de las áreas que se conserven con vegetación natural y de aquellas que se haya modificado, conforme se avance con el desmonte. Lo anterior se verá plasmado en planos que registrarán los polígonos y superficies por cada zona que sea intervenida con el cambio de uso de suelo, de acuerdo con el plazo para su ejecución.

Para poder ubicar el cumplimiento de la medida, se procederá a georreferenciar cada polígono que se haya conservado con vegetación natural, y aquellos en donde se lleve a cabo la modificación de la vegetación, a través de coordenadas proyectadas en unidades UTM, referidas al Datum WGS84, Zona 16Q Norte.

Los parámetros a medir serán el que las áreas propuestas para CUSTF, así como las que permanecerán en estado natural, conserven las superficies y ubicaciones autorizadas por la Autoridad.

❖ Aprovechamiento del material vegetal y de la tierra vegetal

El aprovechamiento de los materiales suprime en parte los impactos ambientales sobre la reducción del suelo, contribuyendo positivamente al suelo del predio.

Ésta medida se aplicará al término del proceso de cambio de uso de suelo y consistirá en el aprovechamiento del material vegetal producto del desmonte y de la tierra vegetal producto del despalme mediante su uso como enriquecedor del suelo en el vivero temporal, en las áreas que se mantendrán con vegetación natural.

En cuanto a la acción de la medida, es bien sabido que la descomposición natural del material vegetal y la capa de suelo fértil, proporcionarán un sustrato rico en nutrientes que beneficiará a la vegetación que se conservará en estado natural dentro del predio del proyecto, favoreciendo también el proceso de regeneración natural del ecosistema.

La cantidad de materia orgánica en una selva determina la cantidad de los nutrientes en su suelo; por lo tanto al reincorporar dicho material dentro de las áreas que se mantendrán con vegetación natural, se favorecerán los procesos de regeneración y mantendrán en óptimo estado las especies que ahí acontezcan; con lo que se anticipa el logro completo de la efectividad en la medida. De igual forma, debe señalarse que el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), refiere que las cubiertas naturales, después de la reforestación, es una de las técnicas más recomendadas para el control de la erosión laminar. Existe una gran variedad de tipos de cubiertas para suelos, tales como: pastos, composta, estiércol, paja de arroz, residuos del cultivo anterior, y productos sintéticos (polietileno, emulsiones asfálticas y polisacáridos), entre otros. El uso de cada tipo de cubierta dependerá de su disponibilidad y costo.

En tanto a su eficiencia, el aprovechamiento del material vegetal para la protección de los suelos, no implica costos de operación significativos, ya que sólo se requiere pagar los jornales del personal encargado de su esparcimiento en las zonas proyectadas, por lo que se considera una medida eficiente, ya que garantiza el cumplimiento de sus objetivos con el uso mínimo de los recursos disponibles.

El supervisor ambiental será el encargado de verificar el cumplimiento y para cuantificar la medida, se llevará a cabo un registro en bitácora del volumen total del material vegetal utilizado; así mismo, se llevará a cabo un registro de las áreas sujetas a protección del suelo derivado del uso de dicho material. El registro estará acompañado de evidencia fotográfica a fin de sustentar los hechos mencionados. Para poder ubicar el cumplimiento de la medida, serán georreferenciadas las áreas donde se utilice el material vegetal, a través de coordenadas proyectadas en unidades UTM, referidas al Datum WGS84, Zona 16Q Norte.

Los mediciones de los parámetros se basará en que el volumen del material vegetal utilizado en la estabilización de los suelos, deberá ser proporcional al volumen del material vegetal obtenido durante el desmonte, en la ausencia de erosión eólica del suelo, principalmente en las áreas que serán reforestadas, así como en la estabilidad del suelo, principalmente en las áreas que serán reforestadas.

❖ Desmonte gradual

El desmonte gradual de las áreas autorizadas, suprimirá impactos tales como la perturbación del hábitat, beneficiando a su vez a la flora y fauna del sitio y su aplicación será durante la etapa de preparación del sitio, específicamente en las actividades de desmonte.

La medida consistirá en realizar el desmonte de manera paulatina permitiendo con ello que la fauna migre a sitios dentro del mismo predio o zonas aledañas con menor perturbación. Las acciones a implementar consistirán en la remoción de la vegetación de tal manera que se brinde el tiempo necesario a la fauna silvestre para moverse a otros sitios. En la aplicación de esta medida se contempla el ahuyentamiento y/o el rescate de fauna (en casos excepcionales) previo a cualquier actividad; la revisión cuidadosa de árboles antes de ser derribados con el objeto de garantizar que no existan en ellos nidos o crías; y en caso de existir, rescatar y reubicar los organismos en las áreas de conservación; el informar al personal de obra sobre la prohibición de extraer de la zona del proyecto cualquier tipo de especie silvestre; así como el manejo de jornadas laborales diurnas para evitar afectaciones mayores.

En relación a su eficacia, podemos mencionar que al igual que las medidas anteriores, ésta es una práctica probada que salvaguarda la integridad de los organismos; por lo que se prevé alcanzar el 100% de efectividad.

El desmonte gradual permite que los costos de operación del proyecto se reflejen en inversiones periódicas, lo que a su vez permite que se dispongan de los recursos necesarios para poder ejecutar la medida y alcanzar los objetivos planteados de la misma, haciéndola eficiente con el uso mínimo de recursos disponibles.

La verificación de la medida, al igual que las anteriores, estará a cargo de supervisor ambiental contratado para ello. Su cuantificación se llevará a cabo un registro de los plazos de ejecución del cambio de uso de suelo propuesto; así como de las superficies intervenidas o aprovechadas. Durante el registro se anotará en bitácora el período en el que se llevó a cabo el desmonte (día, mes y año), la zona intervenida a través de planos georreferenciados; así como el avance que se tenga del proyecto, expresado en porcentajes. El registro estará acompañado de evidencia fotográfica a fin de sustentar los hechos mencionados.

Para poder ubicar el cumplimiento de la medida, se procederá a georreferenciar cada superficie del terreno que se haya desmontado, a través de coordenadas proyectadas en unidades UTM, referidas al Datum WGS84, Zona 16Q Norte.

El parámetro a medir será el que los tiempos de la ejecución del CUSTF coincidan con el programa de trabajo indicado en el presente estudio.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN PARA LA NO EROSIÓN DEL SUELO

❖ Protección del suelo rescatado y humedecimiento del área de aprovechamiento

Esta medida suprimirá los impactos ambientales provocados por la suspensión de sedimentos y partículas, beneficiando la calidad del aire en la zona. Su aplicación se realizará en la etapa de desmonte y despalme, durante las actividades que éstos comprenden.

La medida consiste en el humedecimiento constante según se requiera, dentro de las zonas sujetas al cambio de uso de suelo, para evitar la suspensión de sedimentos. En cuanto al producto del desmonte como la tierra vegetal que será rescatada, esta se cubrirá con lonas impermeables para evitar la suspensión de partículas.

Con lo anterior se evitará que la acción eólica suspenda los sedimentos y partículas durante el cambio de uso de suelo, anticipando mediante dichas prácticas, una efectividad cercana al 100% la cual se ha comprobado dentro de la industria de la construcción y por lo que se ha vuelto común en dicho sector. Cabe aclarar que la efectividad de la medida está dada por el alto peso molecular de las partículas de polvo que se producirá al agregarle moléculas de agua las cuales también actuarán como elementos que permitirán la cohesión de las partículas del terreno, lo que permitirá un alto grado de resistencia a la acción del viento, y por lo tanto, evita que el suelo sea suspendido o acarreado por las corrientes de aire.

El supervisor ambiental será el encargado de dar verificación a dicha medida. Para su cuantificación se se llevará a cabo un registro del momento en que se realice el humedecimiento del terreno, lo cual se registrará en bitácora; contemplando en el registro la superficie que fue intervenida, la frecuencia del humedecimiento y tipo de agua utilizada (potable o pluvial). El registro estará acompañado de evidencia fotográfica a fin de sustentar los hechos mencionados.

Para poder ubicar el cumplimiento de la medida, se procederá a geoposicionar la superficie que haya sido humedecida, a través de coordenadas proyectadas en unidades UTM, y referidas al Datum WGS84, Zona 16Q Norte; así mismo se llevará un registro del volumen de agua potable y de agua pluvial que haya sido almacenada, y del volumen de agua potable o pluvial que se haya utilizado en el humedecimiento del terreno.

Los parámetros a medir serán la calidad del aire mediante la ausencia de bruma, lo que indicará o no la ausencia de partículas suspendidas,

❖ Colocación de contenedores y letreros alusivos al acopio de residuos sólidos

Con la implementación de esta medida, se verá suprimido el impacto provocado por la contaminación del medio, beneficiando al suelo, la flora y la salud del personal en campo y las zonas de influencia del proyecto.

La medida se llevará a cabo durante las actividades de desmonte y despalme previo al inicio de cualquier actividad relacionada con el proyecto.

Para lograr lo anterior, Se instalarán contenedores debidamente rotulados y letreros alusivos al acopio de basura para cada tipo de residuo sólido urbano que se genere (lastas, papel, vidrio, residuos orgánicos, etc.), los cuales estarán ubicados estratégicamente con la finalidad de que los trabajadores puedan usar dichos contenedores, promoviendo así la separación de la basura de acuerdo a su naturaleza, con la posibilidad de recuperar subproductos reciclables.

Los contenedores servirán de reservorios temporales para la basura (residuos sólidos) que se genere durante las distintas etapas del proyecto, y dado el grado de hermeticidad que tendrán, impedirán que dichos residuos sean dispersados por el viento y otros factores del medio, evitando también que sean arrojados directamente al suelo o a las áreas de conservación, favoreciendo la no proliferación de fauna nociva y evitando la contaminación del medio

El grado de eficacia de la medida depende de la cultura ambiental que tengan los trabajadores que serán contratados; ya que será necesario que los obreros hagan un uso adecuado de los contenedores, para que estos puedan cumplir su función como reservorios temporales de residuos; por lo que esta medida requiere de otras adicionales como la capacitación constante en materia de manejo de residuos, así como el establecimiento de un reglamento de obra que incluya puntos específicos sobre el manejo de residuos generados, sin dejar de fuera las sanciones a que se harán acreedores los que lo incumplan; lo anterior a efecto de poder alcanzar el 100% de éxito en su aplicación (las medidas adicionales se describen en apartados subsecuentes), con lo que los contenedores podrán actuar eficazmente como reservorios temporales de residuos, ya que es la medida más adecuada para realizar dicha actividad, al grado de que se utilizan en todo tipo de actividades, desde las recreativas, las de oficina y las del hogar, hasta las de esparcimiento y recreación en parques, jardines, centros comerciales, etc.; evitando que dichos residuos sean arrojados al medio y se conviertan en sustancias potencialmente contaminantes.

En relación a su eficiencia, los contenedores que se utilizarán para el almacenamiento temporal de los residuos, se podrán obtener en los mercados locales con bajos costos, e incluso podrían elaborarse a base de materiales reciclados como contenedores de metal adecuados como basureros; botes hechos con madera de palizada obtenida del mismo desmonte, etc.; lo que permitirá contar con la capacidad (recursos económicos) para ejecutar la medida y alcanzar su objetivo que es el de evitar la contaminación del medio (suelo e hidrología subterránea).

El supervisor ambiental será el encargado de verificar su cumplimiento y la medida será cuantificada mediante un registro en bitácora con el número total de contenedores instalados por tipo de residuos, así como el volumen de residuos generados de acuerdo con su naturaleza (volumen de papel, metal, plástico, material orgánico, etc.). El registro estará acompañado de evidencia fotográfica a fin de sustentar los hechos mencionados. Para poder ubicar el cumplimiento de la medida, se procederá a geoposicionar el sitio donde se hayan instalado los contenedores, a través de coordenadas proyectadas en unidades UTM, y referidas al Datum WGS84, Zona 16Q Norte.

Los parámetros medibles serán el número de contenedores instalados, deber ser proporcional a la cantidad de residuos generados de acuerdo con su tipo o naturaleza, la ausencia de residuos sólidos urbanos en el predio del proyecto y el volumen de material reciclado es mayor al volumen de residuos de desperdicio.

❖ Programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos

La implementación de ésta medida suprimirá el impacto provocado por la contaminación del medio, beneficiando elementos como la flora y fauna, el suelo y la salud humana. Se aplicará durante todas las fases del proyecto previo al inicio de cualquier actividad relacionada con el éste.

La medida se basa en la aplicación de un programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos, y consistirá en ejecutar cada una de las medidas propuestas en el programa para alcanzar una recolección, manejo, separación, reciclado y minimización adecuada de los residuos sólidos y líquidos que se generen durante el cambio de uso de suelo.

Respecto a su eficacia, el programa actuará como una guía para el encargado de supervisar la ejecución del cambio de uso de suelo, ya que contiene las medidas para lograr la reducción, separación y minimización de los residuos sólidos y líquidos que se espera generar; así como las medidas que deberá adoptar ante la incidencia de algún derrame accidental de hidrocarburos, a fin de evitar que se convierta en una sustancia potencialmente contaminante. En tanto a su eficiencia, Las medidas y acciones propuestas en el programa de manejo de residuos son de bajo costo, por lo que se tendrá la capacidad (recursos económicos) para disponer de los elementos necesarios para una correcta separación, reciclado, manejo y minimización de los residuos, con el objeto de alcanzar el objetivo de esta medida, que es la de evitar la contaminación del medio.

La verificación estará cargo del supervisor ambiental y para cuantificar la medida, se llevará a cabo un registro en bitácora de las acciones realizadas para el manejo, separación, reciclado y minimización de los residuos, así como del volumen de residuos generados y la cantidad de residuos que se hayan reciclado. También se llevará el registro de algún derrame accidental que haya ocurrido, anotando el tipo de sustancia vertida, su volumen, el tipo de material utilizado para su contención, su manejo y disposición final, entre otras actividades. El registro estará acompañado de evidencia fotográfica a fin de sustentar los hechos mencionados.

En tanto para poder ubicar el cumplimiento de la medida, se procederá a geoposicionar el sitio de acopio que se haya destinado para el almacenamiento temporal de los residuos, a través de coordenadas proyectadas en unidades UTM, y referidas al Datum WGS84, Zona 16Q Norte. Los parámetros medibles serán la usencia de residuos sólidos y líquidos en la zona al interior del predio del proyecto, el volumen de residuos generados en comparación con el volumen recolectado, a fin de garantizar que la misma cantidad que se genera, sea la misma cantidad que se retire del predio, la cantidad de residuos reciclados (este parámetro permitirá determinar la viabilidad del programa, ya que una mayor cantidad de residuos reciclados en comparación con una menor cantidad de residuos de desperdicio, será un indicador clave del manejo adecuado de los mismos y la eficacia de la medida) y la reducción de la cantidad de residuos generados, en comparación con la cantidad inicial que se genere al inicio del proyecto.

❖ Medidas de mitigación para los impactos sobre la topografía

Se deberán respetar los linderos del terreno para evitar afectaciones a las propiedades aledañas, por lo cual se deberá delimitar el perímetro del predio del proyecto. De esta manera se espera que las actividades a realizar se circunscriban exclusivamente a la superficie del proyecto.

El desmonte y despalme se llevará a cabo únicamente en la superficie destinadas para el aprovechamiento. Antes de iniciar cualquier actividad de relleno o nivelación, se procederá al rescate de la capa fértil de tierra, la cual será acopiada para su posterior uso en las áreas de reforestación. Las obras provisionales, como el centro

de acopio de tierra vegetal, se desplantarán en las áreas previamente afectadas y contará con letrero que lo señalice.

Se delimitarán o señalarán las áreas sujetas a aprovechamiento, con el fin de evitar afectaciones e invasiones a las áreas de conservación que puedan ocasionar daños a la vegetación o disminuir su superficie.

Las actividades de construcción del proyecto serán programadas de manera que éstas se realicen inmediatamente después del desmonte, con el fin de disminuir los tiempos de exposición a la intemperie del mismo.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN PARA EL NO DETERIORO DE LA CALIDAD DEL AGUA NI LA DISMINUCION EN SU CAPTACION.

❖ Instalación de sanitarios móviles

Con la presente medida se verán suprimidos los impactos ambientales sobre la contaminación del medio, beneficiando la calidad del agua del subsuelo, la flora y fauna, así como el suelo y la salud humana.

Su etapa de aplicación será la de desmonte y despálme previo al inicio de cualquier actividad relacionada con el proyecto.

Se instalarán sanitarios portátiles (tipo Sanirent) a razón de 1 por cada 10 trabajadores evitando con ello la micción y defecación al aire libre, así como la descarga directa de agua residuales al suelo. Con la medida se evitará también la contaminación del suelo y de las áreas de conservación del proyecto; así como la eliminación de los factores que dan origen a la proliferación de fauna nociva, inhibiendo o reduciendo repercusiones en la salud.

Respecto a su eficacia, el uso de sanitarios móviles dentro de las obras es una práctica común en el desarrollo de cualquier proyecto y el uso adecuado de los mismos permite alcanzar la total efectividad de la medida propuesta; sin embargo, dependerá del grado de disciplina y conciencia ambiental del personal de la obra, misma que se reforzará mediante capacitación a través de pláticas de concientización y reglamentos de obra. Por lo que respecta a su eficiencia, la renta de los sanitarios resulta en bajos costos de operación para cualquier proyecto, debido a lo económico que estos resultan en el mercado, lo que ha generado que se vuelva una práctica común en la industria de la construcción. Esta condición permitirá respetar la premisa de tener la capacidad (recursos económicos) para alcanzar el objetivo de la presente medida, con bajos costos de los medios disponibles, lo que la hace eficiente en todo momento.

El supervisor ambiental se encargará de verificar el cumplimiento de la acción, asimismo, para poder cuantificar la medida, se llevará a cabo un registro del número total de sanitarios móviles que se hayan instalado, así como el número de personas que se hayan contratado para el cambio de uso de suelo. Llevar a cabo el registro en bitácora del período en el que se lleve a cabo el mantenimiento de los sanitarios por parte de la empresa arrendadora. Integrar un expediente donde se mantenga el o los contratos del servicio, así como las facturas que se emitan durante el mantenimiento de los sanitarios. El registro estará acompañado de evidencia fotográfica a fin de sustentar los hechos mencionados.

De la misma manera se procederá a geoposicionar cada sanitario instalado a través de coordenadas proyectadas en unidades UTM, y referidas al Datum WGS84, Zona 16Q Norte para determinar la ubicación de la medida.

La medición de la eficiencia se realizará mediante los parámetros siguientes; ausencia de micción y defecación al aire libre, uso adecuado de los sanitarios (higiene óptima), retiro de los residuos generados por parte de la empresa arrendadora y el número de sanitarios móviles instalados.

❖ Manejo de Residuos sólidos, líquidos peligrosos y no peligrosos

Los principales residuos sólidos y líquidos generados durante la etapa de preparación del sitio serán los residuos vegetales generados por el desmonte y despalme, los desechos de alimentos de los trabajadores y los residuos líquidos provenientes de los sanitarios portátiles que serán colocados dentro las áreas del proyecto.

En cuanto a los residuos peligrosos que se generarán por el desarrollo del proyecto serán principalmente los generados por las maquinarias, sin embargo, este impacto será mínimo, ya que el mantenimiento de la maquinaria se llevará a cabo fuera del predio en talleres autorizados.

Se llevarán a cabo pláticas de inducción ambiental en donde se oriente al personal en obra en cuanto al manejo de residuos sólidos y líquidos, tanto urbanos como peligrosos, así como, de los procedimientos a seguir en caso de derrames o fugas aceites o combustibles accidentales.

Los residuos resultantes de la remoción de la vegetación serán triturados y utilizados para enriquecer el suelo de las áreas naturales proyecto.

Se sancionará a toda persona que sea sorprendido defecando al aire libre, tirando basura fuera de los contenedores o realizando cualquier otra actividad que afecte al ambiente.

Se llevarán a cabo actividades de limpieza frecuente, para evitar su dispersión y acumulación, así como la proliferación de fauna nociva, y malos olores.

Se llevará a cabo, una separación de los distintos tipos de materiales, distinguiendo los posibles de reciclar y los que requieren una disposición final, ambos serán remitidos a los sitios autorizados por el municipio. Se contará con los botes necesarios para la colocación de basura, los cuales deberán de estar etiquetados y colocados en lugares estratégicos. La basura será retirada en el momento que sea necesario y para su disposición final será transportada al sitio que indique la autoridad competente.

❖ Mantenimiento y uso adecuado de la maquinaria

La contaminación del medio se verá suprimida mediante la puesta en marcha de ésta medida, por lo que se beneficiarán elementos como el suelo y el agua del subsuelo.

Su aplicación será previa al inicio de cualquier actividad relacionada con el proyecto y consistirá en prevenir derrames de hidrocarburos que puedan contaminar el suelo, subsuelo o el acuífero a través de buenas prácticas y mantenimientos preventivos de la maquinaria a emplear durante el cambio de uso de suelo.

Cabe señalar que dichos mantenimientos se llevarán a cabo fuera del sitio del proyecto en talleres especializados. Asimismo, será obligatorio que la maquinaria que opere durante el cambio de uso de suelo, cuente con recipientes y un equipo preventivo, que permita coleccionar los hidrocarburos o lubricantes en caso de fugas accidentales.

La maquinaria y equipo que se utilice se estacionará en las áreas de maniobra designadas para ello, que serán zonas con superficies impermeables (piso de concreto, colocación de lonas plásticas, etc.) para evitar contaminación al suelo en caso de alguna fuga accidental de aceite mientras se encuentre estacionada.

En caso de una avería, cuya reparación in situ represente un menor impacto que el traslado del equipo o unidad, se permitirá la atención al problema, siempre y cuando el lugar donde se atienda se acondicione apropiadamente para evitar el derrame de sustancias y lixiviado, tal como la colocación de lonas de plástico a manera de tapete para contener el derrame y aserrín para la absorción rápida del residuo. La actividad anterior se realizará cumpliendo con las medidas pertinentes de seguridad y procedimiento establecidas.

En caso de derrames accidentales de aceite o hidrocarburos al suelo, se procederá a contenerlos con “aserrín”; y se retirará el suelo que haya sido afectado para evitar la contaminación del manto freático. El material impregnado con estos contaminantes se colocará en bolsas plásticas y tambos cerrados, y será tratado como residuo peligroso.

En caso de detectarse que se está empleando equipo o maquinaria en malas condiciones mecánicas, éstos serán retirados del proyecto, y deberán ser sustituidos por otros en buen estado. Los residuos peligrosos que se generen por actividades directas de la obra, deberán ser canalizados a una empresa autorizada para su reciclado, recolección, manejo, transporte, almacenamiento y disposición final.

Esta medida es una práctica probada con gran eficacia durante el desarrollo de un proyecto, de tal manera que si se cuenta con la correcta aplicación de la misma, se puede alcanzar el 100% de efectividad. El mantenimiento adecuado de cualquier vehículo en los períodos que corresponden, permiten prever fallos en su funcionamiento, avería de piezas (las cuales en su caso se sustituyen), funcionamiento del sistema acorde a la norma y un óptimo funcionamiento de la misma durante su operación, lo que evitará que ocurran afecciones a los recursos del predio, derivados del uso de la maquinaria; es por ello que antes de entrar en funcionamiento, la maquinaria se llevará a revisión y mantenimiento en talleres especializados.

Por lo que toca a su eficiencia, el mantenimiento y revisión de la maquinaria correrá a cargo de la empresa arrendadora, por lo que no implica costos para el promovente, y en tal sentido, se puede concluir que se trata de una medida que puede ser ejecutada con toda garantía para alcanzar el objetivo de la misma, que es la de evitar la contaminación del medio (suelo e hidrología subterránea).

La verificación de la medida estará a cargo del supervisor ambiental y su cuantificación se realizará mediante la integración de un expediente con las facturas que se emitan en relación con el mantenimiento que se haya realizado en la maquinaria; llevando un control de la fecha en la que se haya realizado el mantenimiento y la revisión. Así mismo, se llevará a cabo un registro en bitácora del número de máquinas utilizadas durante el cambio de uso de suelo, anotando su estado de funcionamiento, la marca, tipo, y período de funcionamiento. Ubicación. El expediente con las facturas y el control de fechas de mantenimiento y revisión de la maquinaria, estará disponible para su consulta, en caso de que la autoridad competente lo requiera.

Los parámetros a medir respecto a la medida citada, será las fechas de las facturas que acrediten el mantenimiento y revisión de la maquinaria, las cuales deberán coincidir cuando menos, con un mes de anticipación al momento en que entre en operación, a fin de considerarse como un uso adecuado del recurso; así también se considerará el número de máquinas empleadas, deber ser proporcional a la superficie de cambio de uso de suelo, conforme a la capacidad de trabajo que tenga cada una.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN PARA EL NO DETERIORO DE LA CALIDAD DEL AIRE.

El retiro de la cubierta vegetal del predio conlleva cambios en el microclima, ya que implica alteraciones en la humedad y en los vientos.

Durante la etapa de preparación del proyecto se generarán polvo y emisión de contaminantes derivados del uso de maquinaria y camiones de carga. Estas partículas se dispersan en el aire y se depositan en los sitios aledaños al polígono del proyecto, lo que podría ocasionar un problema con los locatarios y podría afectar a los trabajadores en el sitio. Por lo tanto, es necesario establecer acciones de prevención para disminuir los impactos posibles.

Se laborará en horario de 7:00 a 18:00 horas., a fin de minimizar los ruidos generados por la revolvedora, vibrocompactadora, compresora, martilleo, taladros, etc. En cuanto a los vehículos automotores de carga sólo descargarán lo permitido por el reglamento de Tránsito Municipal, por lo tanto el ruido deberá ubicarse por debajo de los niveles permisibles.

Estará prohibida la quema de basura y material orgánico resultante de la limpieza o deshierbe. Así como el uso de leña en la preparación de los alimentos. Cumplimiento de la normatividad respecto a las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera.

El material pétreo que permanezca en las zonas de maniobra para su acondicionamiento será impregnado con agua y cubierto mientras se utiliza.

La maquinaria y equipo deberá estar afinada y en óptimas condiciones para evitar emisiones contaminantes al aire fuera de los niveles permitidos por las normas correspondientes. La maquinaria deberá permanecer apagada durante los lapsos que no se ocupen. Se llevará a cabo el mantenimiento continuo en talleres autorizado del equipo y maquinaria que sea utilizado en la obra, dicha actividad se llevará a cabo únicamente fuera del área del proyecto.

Las áreas desmontadas deberán ser regadas constantemente para evitar la dispersión de partículas de polvo.

Se colocaran letreros que indiquen la velocidad máxima para circulación de los vehículos y camiones que ingresen a la zona de desarrollo del proyecto. La velocidad máxima permitida será de 20 km/h.

La superficie total destinada como área de conservación, será respetada y estará libre de cualquier afectación durante las actividades del proyecto.

❖ Pláticas ambientales

Con las pláticas propuestas, se verán suprimidos impactos tales como la perturbación del hábitat, y la contaminación del medio, beneficiando la flora, fauna, suelo y la salud humana.

Su aplicación se realizará previa a la etapa de desmonte y despalme y consistirá en la impartición de pláticas dirigidas al personal de obra. Se impartirán por un especialista en la materia; y tendrán como objetivo principal dar a conocer los términos y condiciones bajo los cuales se autorice el proyecto, así como el grado de responsabilidad que compete a cada sector para su debido cumplimiento y temas diversos como el respecto a la flora y fauna así como manejo adecuado de residuos.

Su ejecución se llevará a cabo en una sola fase y promoverá el desarrollo del proyecto en apego a las medidas que la autoridad determine así como en los diferentes programas que complementarán el proyecto.

El grado de eficacia de la medida dependerá del grado de participación e iniciativa de los trabajadores para su aplicación; así como el nivel de supervisión que se pretenda aplicar para verificar su cumplimiento; por lo que requiere de medidas adicionales para alcanzar el 100% del éxito esperado. Esta medida al igual que otras dictadas en el presente apartado, se reforzarán mutuamente una vez aplicadas.

La eficiencia será cumplida toda vez que el encargado de supervisar el CUSTF será el encargado de dar dichas pláticas, por lo tanto, la ejecución de esta medida no implica un costo adicional para el proyecto, lo que la hace en todo momento eficaz para alcanzar los objetivos planteados con el mínimo de recursos disponibles.

El supervisor ambiental calificado será quien supervise la ejecución de las pláticas, asimismo, para cuantificar la medida, se llevará a cabo un registro en bitácora de la fecha en que se impartirán las pláticas ambientales y se llevará un registro de las personas que asistan a las ponencias y se entregarán reconocimientos por su participación en las mismas. El registro estará acompañado de evidencia fotográfica a fin de sustentar los hechos mencionados.

Para poder ubicar el cumplimiento de la medida, se informará a esta Autoridad y a las demás competentes, sobre el lugar, la fecha y la hora en la que se impartirán las pláticas, con una atenta invitación para que puedan asistir y corroborar el cumplimiento de la medida.

Los parámetros medibles serán el número de asistentes a las pláticas, mismo que deberá corresponder al número de trabajadores que sean contratados para el proyecto, por lo que se prevé la elaboración de una lista de asistencia. Así también, la fecha de impartición de las pláticas ambientales, debe coincidir cuando menos con una semana de anticipación al inicio del cambio de uso de suelo.

❖ Instalación de letreros

La señalética contribuirá a la supresión de los impactos generados sobre el hábitat (perturbaciones), beneficiando con ello a los organismos (flora y fauna) que ocurren dentro del predio del proyecto.

Su etapa de aplicación será durante la preparación del sitio previo a las actividades de desmonte y despalme. La misma consistirá en la instalación de letreros alusivos a la protección de la flora y la fauna silvestre, por lo que se prevén acciones tales como la colocación de letreros en los márgenes de las zonas del predio que se mantendrán con vegetación natural; los cuales estará dirigidos al personal responsable de llevar a cabo los trabajos implicados en el cambio de uso de suelo. Así mismo, dichos letreros llevarán leyendas que indiquen la prohibición del uso de fuego y sustancias químicas dentro del predio.

La sola instalación de los letreros no resulta eficaz al 100%, ya que sólo implica la difusión de algún tipo de información, dirigida a un sector o público en específico, por lo que requiere ser reforzada con las pláticas ambientales para advertir su cumplimiento, además de personal de supervisión durante las actividades del proyecto. No obstante, en tanto a su eficiencia, Los letreros se construirán con material reciclado como plástico, metal u otros materiales durables; así mismo, se podrán emplear letreros de madera contruidos a partir de la materia prima forestal derivada del desmonte; lo anterior con el objeto de respetar la premisa de la capacidad de disponer de algo para conseguir un objetivo determinado con el mínimo de recursos posibles viable.

El supervisor ambiental contratado, deberá verificar el cumplimiento de la ejecución de la medida, la cual será verificable a simple vista. Asimismo, su cuantificación se realizará u listado en donde se incluya el número total de puestos, el material con el que fue construido, su estado físico, leyenda y ubicación (unidades UTM, y referidas al Datum WGS84, Zona 16Q Norte.); todo ello se acompañará de evidencia fotográfica que lo ampare.

Los parámetros a medir serán la conservación de la vegetación natural en las superficies y ubicaciones destinadas para ello, así como la ausencia de mortandad en la fauna silvestre derivado por las actividades del CUSTF y de agentes contaminantes en el medio.

PRONOSTICOS AMBIENTALES

❖ Descripción y análisis del escenario sin proyecto.

Cuando se desarrollan proyectos sin la aplicación de medidas de prevención y mitigación, viene una serie de impactos ambientales que pueden ser considerados como permanentes e irreversibles, ya que no hay ningún tipo de actividad que minimice su efecto.

El escenario sin proyecto, nos muestra la condición actual del área donde se pretende desarrollar el proyecto, como medida para enseñar las condiciones de vegetación se muestra un mapa del predio donde se determino el tipo de vegetación, misma que es de la conocida como Selva mediana subperennifolia.

La información necesaria sobre la descripción de la condición actual de la vegetación se realizó previamente en el capítulo V del Documento Técnico Unificado, en este sentido se muestra el escenario actual del proyecto.

❖ Descripción y análisis del escenario con proyecto

El proyecto de interés pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo en terrenos forestales a través de la remoción de vegetación forestal en parte de un predio particular. Cuando se desarrollan proyectos sin la aplicación de medidas de prevención y mitigación, viene una serie de impactos ambientales que pueden ser considerados como permanentes e irreversibles, ya que no hay ningún tipo de actividad que minimice su efecto. Entre los impactos que podrían presentarse en los diferentes factores ambientales están los siguientes:

- Se incrementarán los niveles de erosión en áreas colindantes al proyecto, donde la afectación por el tránsito de personal sin control y de maquinaria podría compactar el suelo y cambiar la topografía.
- El personal realiza sus necesidades fisiológicas dentro de las zonas de conservación y otras áreas dentro del sitio, por lo que dichos residuos se infiltran al subsuelo y contaminan las aguas subterráneas.
- La vegetación se desmontará sin control y en toda la superficie del predio del proyecto. Además, no se llevará a cabo el rescate de especies de flora de importancia ecológica que se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAR-2010.

- El personal de obra dañará la flora por impactos directos como tala inmoderada y la extracción de especies.
 - La presencia de trabajadores en la obra provocará la contaminación de los ecosistemas ya que dispondrán los residuos en cualquier sitio, lo que a su vez provocará la proliferación de fauna nociva y muerte de fauna silvestre.
 - No se contará con áreas de conservación que sirvan como zonas de amortiguamiento para especies nativas de flora y fauna.
 - Gran parte de la fauna nativa que habita actualmente en el predio se verá afectada por la pérdida de la vegetación, lo que provocará su desplazamiento hacia otras áreas y una mayor competitividad por hábitat y alimento.
 - La generación de residuos líquidos generarán lixiviados que provocarán la contaminación del manto freático.
- ❖ Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación

Cuando se lleva a cabo la aplicación de medidas de prevención y mitigación los impactos que se presentan por el desarrollo del proyecto, pueden verse minimizado o incluso mitigado en su totalidad. A continuación se presenta el escenario que se tendría dentro del sitio del proyecto con la aplicación de medidas compensatorias. Para este procedimiento se incluye los resultados de la valoración de medidas de mitigación y se retoman los resultados de la valoración de los impactos ambientales que se generaron por el proyecto, que nos permitan integrar en una gráfica de un escenario que ilustre el efecto del proyecto en el medio sin medidas de mitigación, y la reducción del efecto del impacto con la aplicación de las medidas de prevención y mitigación, mismas que ya fueron descritas; sin embargo se señalan nuevamente de manera simplificada.

- La capa fértil del suelo proveniente del despalme será almacenada en un área específica del proyecto, para después ser incorporada a las áreas naturales del proyecto.
- Se delimitarán las zonas de cambio de uso de suelo y además se colocarán letreros en las áreas de conservación, que prohíban el paso a dichas áreas.
- Se llevará a cabo un manejo adecuado de los residuos sólidos y líquidos que se generen en la obra, para lo que se contará con contenedores debidamente rotulados y un almacén temporal para su posterior recolección por el ayuntamiento de Solidaridad, además de que se darán pláticas de inducción ambiental para el personal en obra.
- Únicamente se permitirá entrar al área del proyecto, a la maquinaria que se encuentre en buen estado, por lo que esto disminuirá los riesgos por fugas de aceite o combustibles hacia el suelo y manto freático.
- Durante la etapa de preparación, se mantendrán regadas las áreas de desplante que son desmontadas y posteriormente rellenadas con material pétreo para evitar el levantamiento de polvo.
- Se cuenta con horario de trabajo de 07:00- a 18:00 horas, por lo que se respeta los hábitos nocturnos de la fauna silvestre.
- Se contarán con baños portátiles en la etapa de preparación del sitio para garantizar el manejo adecuado de los residuos sanitarios, mismos que serán recolectados por la empresa arrendadora.
- Antes de iniciar las actividades de desmonte el proyecto pondrá en marcha un Programa de Rescate de Flora, que se enfocará al rescate de flora de las áreas que serán susceptibles de aprovechamiento.
- Durante el rescate de vegetación, se establecerán medidas que garanticen un 80% de sobrevivencia de las plantas rescatadas y reincorporarlas en las áreas de conservación del proyecto, ubicándolas de acuerdo a su hábitat natural.

- Se rescatará la capa fértil del suelo, misma que será acopiada para su posterior uso en las actividades mantenimiento de plantas en vivero y enriquecimiento de áreas naturales.
- Se acondicionará un vivero temporal para el resguardo de las especies producto del rescate.
- Se implementará pláticas de inducción ambiental para el personal en obra, en el que se establecerán acciones y medidas en pro de la conservación de los ecosistemas, el buen manejo de los residuos sólidos y líquidos, tanto peligrosos como no peligrosos, el cuidado a la fauna, el uso de los sanitarios portátiles por parte de los trabajadores, etc.

Derivado del análisis anterior, en donde se plantea el escenario del predio con proyecto con y sin medidas compensatorias, se determinó que el proyecto no afectará significativamente las condiciones ambientales locales y del sistema ambiental. Lo anterior se determinó ya que el proyecto se encuentra inmerso en una zona donde al pasar de los días se va modificando para dar pauta a desarrollos de diversos tipos.

CONSULTA PÚBLICA

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO
EN TERRENOS FORESTALES
MODALIDAD A

Capítulo 11

SERVICIOS AMBIENTALES QUE
PUDIERAN PONERSE EN RIESGO
POR EL CAMBIO DE USO DEL
SUELO PROPUESTO

JUNIO DE 2016

ECLIPZEN

En el ámbito de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (Artículo 7 fracción XXXVII), servicios ambientales se define como: “los que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo sustentable de los recursos forestales, tales como: la provisión del agua en calidad y cantidad; la captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales, la generación de oxígeno; el amortiguamiento de impacto de los fenómenos naturales; la modulación o regulación climática; la protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida; la protección y recuperación de suelos; el paisaje y la recreación entre otros”. En ese mismo ámbito, a continuación se presenta la valoración de los servicios ambientales que presta el ecosistema que se desarrolla en el predio del proyecto, con la finalidad de demostrar que no se ponen en riesgo con el cambio de uso de suelo propuesto.

LA PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE SUELOS

Es evidente que la cobertura vegetal es un elemento importante en la protección y recuperación del suelo en un ecosistema, ya que sus raíces fijan el sustrato impidiendo que sea arrastrado por corrientes superficiales de agua; y su extenso follaje impide que la energía de la lluvia y el viento incidan en forma directa sobre el recurso, evitando su pérdida por erosión (eólica o hídrica). La interacción de los vegetales con el viento resulta interesante: los primeros actúan como una barrera modificando la trayectoria o la velocidad de éste, lo que permite proteger a los organismos y al suelo de la erosión (Irma Rosas P., *et al'*).

Como parte del Inventario Nacional Forestal y de Suelos, se realizó un estudio para evaluar la degradación de los suelos causada por el hombre. Según este trabajo, el 45.2% de la superficie del país presentaba degradación inducida por el hombre. El nivel de degradación predominante era de ligero a moderado, mientras que los procesos más importantes de degradación fueron la química (principalmente por la pérdida de fertilidad), la erosión hídrica y la erosión eólica. Estos tres procesos fueron responsables del 87% de los suelos degradados en el país. Entre las principales causas de degradación se identificaron el cambio de uso del suelo para fines agrícolas y el sobrepastoreo (17.5% en ambos casos). La deforestación (7.4%) ocupa el tercer lugar, seguida de la urbanización (1.5%). Todas estas causas tienen una importante relación con la afectación de la cubierta vegetal, responsable de la conservación del suelo².

El proceso de formación del suelo comienza con la desintegración de la roca madre que está expuesta en la superficie de la corteza terrestre a partir del rompimiento físico y químico ocasionado por las lluvias, el viento, la exposición al sol y la actividad mecánico-biológica de raíces de las plantas. En el caso de la actividad biológica, las cianobacterias y los líquenes son los primeros colonizadores del sustrato rocoso, ya que liberan ácidos orgánicos débiles, como el ácido carbónico, que disuelve lentamente la roca madre. Después, el efecto mecánico del crecimiento de las raíces acelera la ruptura de las rocas, además de que la presencia de las plantas permite una gran actividad de micro y meso organismos y la acumulación de materia orgánica en diferentes estados de descomposición, la cual también contribuye a la formación del suelo. Aunque el suelo siempre está en formación, el proceso es sumamente lento. Se calcula que para tener un centímetro de suelo en la capa superficial son necesarios entre 100 y 400 años, por lo cual se considera que el suelo es un recurso natural no renovable en la escala de tiempo humana³.

Existen cuatro procesos de degradación de los suelos: la erosión hídrica y eólica, y la degradación física y química. De estos procesos, el que estará implicado en el cambio de uso de suelo es la degradación física, la cual se presenta en cinco tipos específicos: compactación, encostramiento, anegamiento, disminución de la

¹ <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/508/percepcion.pdf>

² http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/03_suelos/cap3.html

³ http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Documents/pdf/cap_3_suelos.pdf

disponibilidad de agua y pérdida de la función productiva; a su vez, de estos 5 tipos de degradación física, el que estará involucrado en el proyecto es la compactación la cual se refiere a la destrucción de la estructura del suelo asociada frecuentemente al pisoteo del ganado o al paso frecuente de maquinaria pesada, provocando la ruptura de los agregados del suelo⁴, mientras que en el caso particular del proyecto, estará asociado al desplante del desarrollo habitacional; el cual ocasionará en parte el sellado del suelo, impidiendo la infiltración del agua de lluvia hacia el subsuelo, y propiciando la pérdida de su función productiva; sin embargo, es importante mencionar que esta pérdida sólo ocurrirá en el 3.72 % de la superficie total del predio donde se prevé el proyecto, mientras que el resto, permanecerá en estado natural, lo cual favorecerá la protección y recuperación del suelo; en ese sentido, se estima que ocurrirá una reducción en la prestación del servicio ambiental de protección y recuperación del suelo, pero no su pérdida total, y por lo tanto, no se pone en riesgo con el cambio de uso de suelo propuesto. Asimismo, es importante señalar que de acuerdo con los resultados obtenidos mediante los análisis realizados en el capítulo 12, se concluye que la pérdida de suelo con la implementación del proyecto será de menos de 0.35 milímetros; por lo que se sustenta la no existencia de riesgo.

LA PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD, LOS ECOSISTEMAS Y FORMAS DE VIDA

Como se verá en el capítulo siguiente, no se compromete la biodiversidad en el predio por la implementación del proyecto, tanto para la flora como para la fauna silvestre, ya que en ambos casos se prevé la implementación de medidas específicas que permitirán la conservación de las especies y su acervo genético tales como el ahuyentamiento y el rescate de la flora y la fauna que se tiene proyectado de manera previa al cambio de uso de suelo. Asimismo, es necesario considerar que la superficie donde se removerá totalmente la vegetación, sólo representa el 0.001 % de la superficie de SMQ que ocupa el mismo ecosistema dentro de la microcuenca establecida en el capítulo 4, con lo que se refuerza el pronóstico de que el proyecto no compromete la biodiversidad.

Ahora bien, de acuerdo con la CONABIO⁵ la biodiversidad o diversidad biológica es la variedad de la vida. Dicho concepto incluye varios niveles de la organización biológica; abarca a la diversidad de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos que viven en un espacio determinado, a su variabilidad genética, a los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y a los paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas. También incluye los procesos ecológicos y evolutivos que se dan a nivel de genes, especies, ecosistemas y paisajes.

En cada uno de los niveles, desde genes hasta paisaje o región, podemos reconocer tres atributos: composición, estructura y función. La composición es la identidad y variedad de los elementos (incluye qué especies están presentes y cuántas hay), la estructura es la organización física o el patrón del sistema (incluye abundancia relativa de las especies, abundancia relativa de los ecosistemas, grado de conectividad, etc.) y la función son los procesos ecológicos y evolutivos (incluye a la depredación, competencia, parasitismo, dispersión, polinización, simbiosis, ciclo de nutrientes, perturbaciones naturales, etc.).

En sentido se lo anterior, a continuación se presenta una análisis de los diferentes elementos que componen la biodiversidad a nivel de la microcuenca, con la finalidad de demostrar que con el cambio de uso de suelo propuesto, no se pone en riesgo el servicio ambiental de protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida.

⁴ Ibidem

⁵ http://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es.html

Flora silvestre

Conservación de la biodiversidad a nivel de especies (conservación de la riqueza de especies)

Uno de los primeros atributos de la biodiversidad, según la CONABIO, es la composición o la identidad y variedad de los elementos, haciendo referencia al número de especies que se encuentran presentes en un ecosistema determinado, que para el caso de la flora silvestre que se desarrolla en el predio, corresponde a la composición florística (especies y número de especies) registrada en todos los estratos de la vegetación. Por su parte, una especie es un único linaje de poblaciones ancestro-descendiente que mantiene su identidad frente a otros linajes y posee sus propias tendencias evolutivas y su destino histórico, capaces de reproducirse entre sí.

En sentido de lo anterior, y tomando en cuenta el inventario forestal realizado en el predio del proyecto, se puede asumir que no todas las especies de flora silvestre que fueron registradas en la microcuenca serán afectadas con el cambio de uso de suelo, a pesar de que se producirá una reducción de la cobertura vegetal, tomando en consideración lo siguiente:

- » A nivel de estratos, podemos encontrar que respecto al arbóreo se registraron un total de 29 especies de flora silvestre las cuales serán afectadas con el cambio de uso del suelo, no obstante a nivel del predio testigo que se tomó como base para identificar la flora de parte de la microcuenca, se observa que 4 de ellas no son compartidas con el predio testigo.
- » En relación al estrato arbustivo, se advierte que de las 37 registradas, 13 de ellas son compartidas con el predio testigo; sin embargo, algunas de estas especies fueron registradas en los otros estratos del predio testigo.
- » Por lo que toca al estrato herbáceo, encontramos que de las 29 especies registradas para el predio del proyecto, solo 1 se registraron en este estrato dentro del predio testigo; sin embargo, al igual que en el estrato arbustivo, éstas especies fueron registradas en alguno o incluso en ambos de los otros 2 estratos del predio testigo.

En conclusión, podemos advertir que considerando el total de especies registradas durante el inventario forestal (incluyendo los tres estratos), se puede afirmar que no existen especies registradas exclusivamente para el predio del proyecto; no obstante se tomarán las medidas necesarias para evitar al máximo su afectación.

Por lo que toca a al resto de las especies registradas en la superficie que se someterá al CUSTF, se anticipa que no serán comprometidas en virtud de que todas ellas se encuentran ampliamente distribuidas dentro de la Microcuenca (en uno o más estratos), además de que se prevé el rescate de ejemplares de todas las especies presentes; especialmente, aquellas listadas en la NOM-059 y las consideradas como más abundantes (de cada estrato) dentro de la superficie propuesta para el proyecto en relación al predio testigo.

Conservación de la biodiversidad a nivel de poblaciones

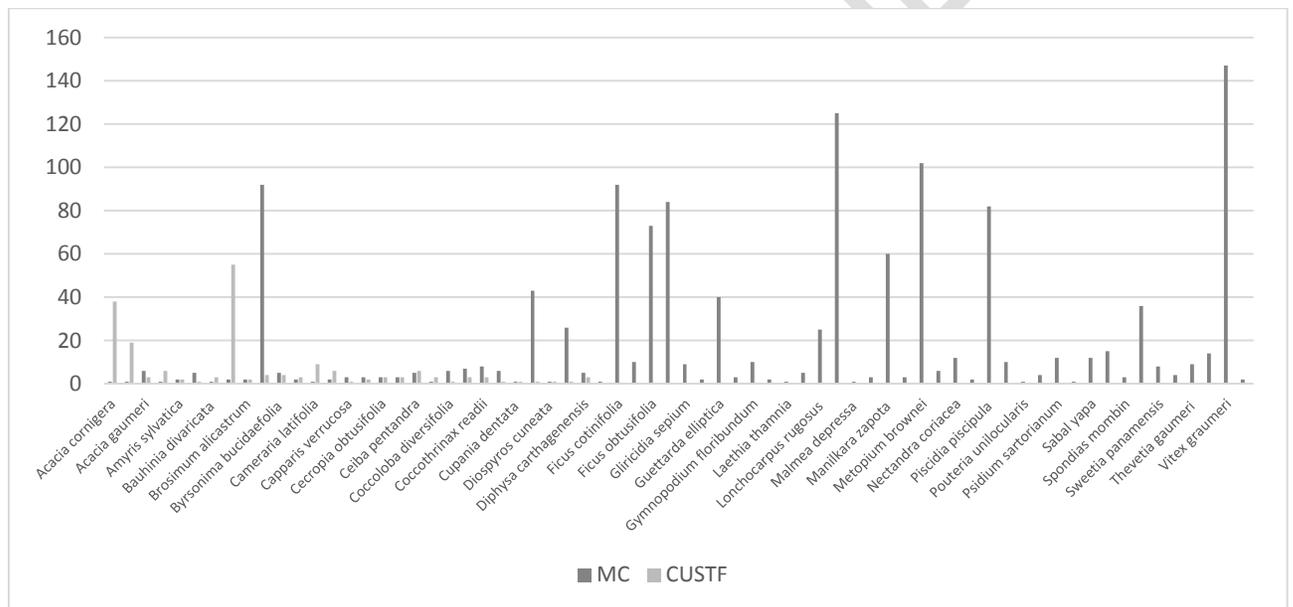
Según la CONABIO, el segundo atributo de la biodiversidad, se refiere a la organización física o el patrón del sistema, es decir, la abundancia relativa de las especies, abundancia relativa de los ecosistemas, grado de

conectividad, etc.; en tal sentido, a continuación se presenta una valoración de la abundancia de especies tanto en las áreas naturales de la microcuenca como en la superficie de aprovechamiento.

Con el desmonte ocurre una reducción en la densidad poblacional de cada una de las especies que se verán afectadas con el cambio de uso de suelo, ya que el desmonte implica la eliminación de algunos individuos que integran la población total que subsiste en el ecosistema; sin embargo, esas mismas especies son rescatadas en forma previa al desmonte, aunque en menor proporción con respecto a la densidad estimada existente en la superficie de cambio de uso de suelo; no obstante, esa disminución se ve compensada con la densidad poblacional de esas mismas especies que subsisten dentro de la microcuenca, por lo que su población se mantiene estable a pesar de las pérdidas ocurridas durante el desmonte.

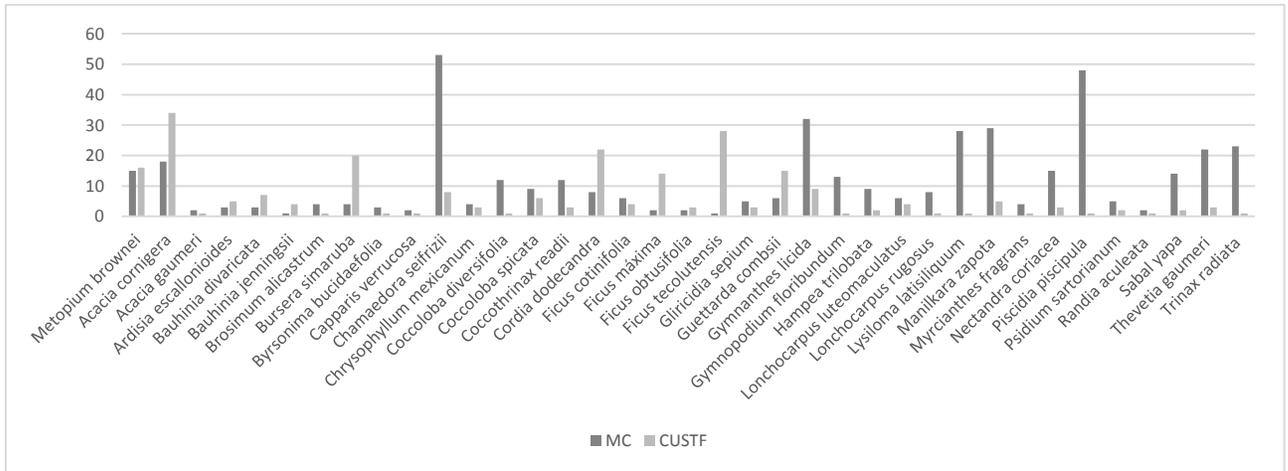
A continuación se presenta un análisis gráfico de abundancia, que permite comparar la densidad poblacional de las especies que serán afectadas dentro de la superficie de cambio de uso de suelo, en comparación con la densidad poblacional de esas mismas especies pero dentro del predio testigo de la microcuenca.

» Estrato arbóreo



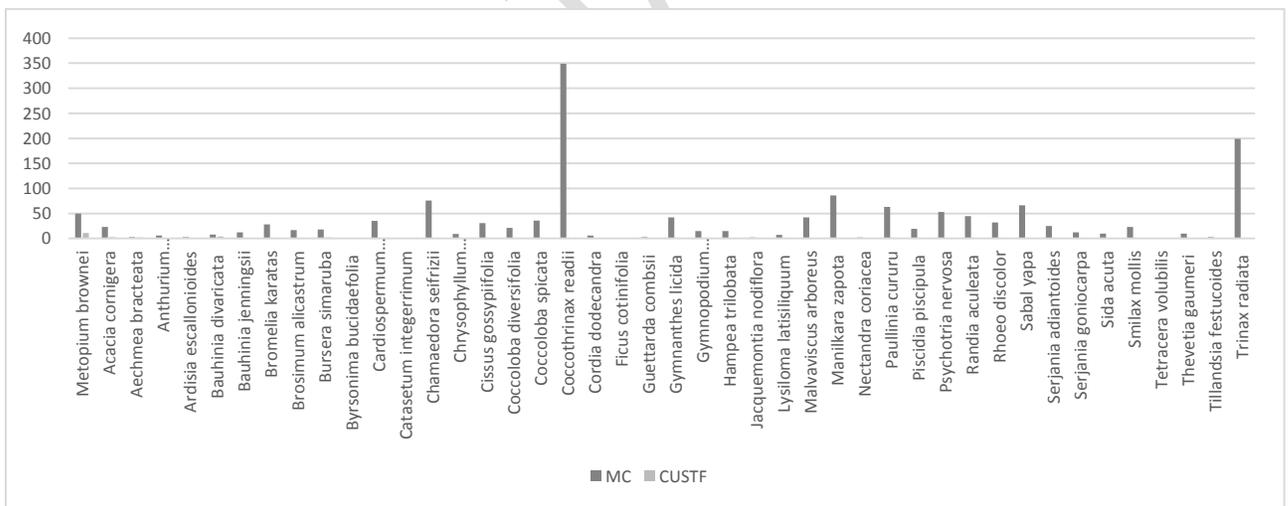
Como puede apreciarse en el gráfico anterior, las especies que serán afectadas con el cambio de uso de suelo propuesto a nivel del estrato arbóreo tienen un comportamiento similar dentro del predio testigo muestreado en la microcuenca; por lo que a pesar de que su población será relativamente reducida en número de individuos, su diversidad a nivel de abundancia dentro de las áreas naturales de la microcuenca permite asumir que el cambio de uso de suelo no compromete la biodiversidad; esto, considerando además que para todas aquellas especies en las que se registró un mayor número de individuos en comparación con el predio testigo, el proyecto prevé un programa de rescate y reubicación en el que se pondrá especial atención en las mismas para no ponerlas en riesgo.

» Estrato arbustivo



Como puede apreciarse en la grafica arriba expuesta, las especies que serán afectadas con el cambio de uso de suelo propuesto a nivel del estrato arbustivo presentan en su mayoría un comportamiento homogéneo en ambas superficies. Debe señalarse que tal como se ha mencionado en otros apartados, existen especies las cuales no fueron registradas en este estrato dentro del predio de la microcuenca; pero sí en los otros estratos de la microcuenca, se advierte que se considerará su rescate dentro del estrato en comento, por lo tanto, al igual que en el estrato arbóreo, su población será reducirá en número de individuos, pero dado su abundancia a nivel del predio testigo de la microcuenca, los que nos permite asumir que el cambio de uso de suelo no compromete la biodiversidad a nivel del predio, y por ende, a nivel de la microcuenca.

» Estrato herbáceo



El patrón que se presenta en éste estrato, es muy similar al estrato arbóreo y a sabiendas de que aun cuando la mayor parte de las especies se encuentran mejor representadas dentro de la microcuenca, existen algunas de ellas que sólo fueron registradas para el predio del proyecto dentro de este estrato; sin embargo si se encuentran presentes dentro del predio testigo dentro de los otros dos estratos, por lo que al igual que todas las especies que presentaron dicho comportamiento, se advierte su obligatorio rescate para su posterior trasplante en las áreas de conservación aledañas al predio.

En virtud de lo anterior, se puede afirmar que no se compromete la biodiversidad de dichas especies a nivel de población, ya que en su mayoría son más abundantes dentro del predio testigo que dentro de las áreas de aprovechamiento, y por lo tanto, la reducción de su población no será significativa; aunado a que se contempla el rescate de todas aquellas especies las cuales presentaron mayor abundancia o exclusividad en la superficie de CUSTF, lo cual mitiga el impacto a su población.

Fauna silvestre

Conservación de la biodiversidad a nivel de especies (conservación de la riqueza de especies)

Con el cambio de uso de suelo las especies de fauna son desplazadas a otros sitios mejor conservados, principalmente aquellas de rápido desplazamiento como las aves, los mamíferos y algunos reptiles, por lo que poseen sus propios medios para encontrar refugio ante la inminente perturbación y pérdida de su hábitat. No obstante lo anterior, el proyecto contempla llevar a cabo un rescate de fauna que incluye a todas y cada una de las especies registradas durante el inventario faunístico, a través de técnicas y medidas específicas que permiten asegurar su integridad física (medida preventiva). Posteriormente los individuos rescatados son liberados dentro de áreas aledañas mejor conservadas y que poseen las mismas características y especificaciones de hábitat que el sitio de donde son extraídos; y se complementa con un monitoreo que permite determinar la sobrevivencia de los ejemplares liberados y la dinámica de la población, posterior al cambio de uso de suelo.

En sentido de lo anterior, ningún ejemplar de fauna silvestre se ve afectado con el desmonte; y por ende, ninguna especie se pierde con el cambio de uso de suelo. Asimismo, resulta importante mencionar que de acuerdo con lo expuesto en el capítulo 5, excepto 2 especies de aves, el resto de las especies registradas en la superficie de cambio de uso de suelo, y que se verán afectadas por el proyecto, son las mismas especies que se distribuyen dentro de la microcuenca (ver capítulo 4); por lo que se mantiene la riqueza de especies y por ende la biodiversidad.

El hecho de que se hayan registrado prácticamente las mismas especies, tanto en la superficie de aprovechamiento como en el predio que representa la microcuenca, obedece principalmente a la similitud del ecosistema y las características ecológicas de los organismos.

Conservación de la biodiversidad a nivel de poblaciones

Con el desmonte las especies de fauna son desplazadas a otros sitios mejor conservados, principalmente aquellas de rápido desplazamiento como las aves, los mamíferos y algunos reptiles, por lo que poseen sus propios medios para encontrar refugio ante la inminente perturbación y pérdida de su hábitat. No obstante lo anterior, el proyecto contempla llevar a cabo un rescate de fauna que incluye a todas y cada una de las especies registradas durante el inventario faunístico a través de técnicas y medidas específicas que permiten asegurar su integridad física. Posteriormente los individuos rescatados serán liberados dentro de áreas del predio mejor conservadas y que poseen las mismas características y especificaciones de hábitat que el sitio de donde son extraídos y se complementará con un monitoreo que permite determinar la sobrevivencia de los ejemplares liberados y la dinámica de la población, posterior al cambio de uso de suelo. En sentido de lo anterior, ningún ejemplar de fauna silvestre se ve afectado con el desmonte; y por ende, sus poblaciones no disminuyen con el cambio de uso de suelo, puesto que no existe mortandad a nivel de individuos. Con estas medidas la población se mantiene estable a pesar de las afectaciones indirectas propiciadas por el desmonte.

Análisis a nivel de ecosistema:

Un ecosistema forestal se define como la unidad funcional básica de interacción de los recursos forestales entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados; (Artículo 7, fracción XIV de la LGDFS); y un ecosistema se define como la unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados; (Artículo 3, fracción XIII de la LGEEPA).

A su vez, la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), señala que los cuatro procesos ecológicos fundamentales de los ecosistemas son el ciclo del agua, los ciclos de nutrientes, el flujo de energía y la dinámica de las comunidades, es decir cómo cambia la composición y estructura de un ecosistema después de una perturbación (sucesión). A continuación se presentan los argumentos técnicos que sostienen que el cambio de uso de suelo no compromete la biodiversidad a nivel de ecosistema:

Ciclo del agua	Análisis
<p>El agua (H₂O) es la molécula más abundante en la superficie del planeta Tierra. Es la única molécula que se puede encontrar naturalmente en estado sólido, líquido y gaseoso y es esencial a toda la vida en la Tierra.</p> <p>El agua que se evapora de los océanos con la energía del sol, es transportada por la circulación de los vientos alrededor del planeta. Al elevarse siguiendo los contornos de las montañas, se enfría y se transforma en lluvia proporcionando humedad a bosques, selvas, pastizales y matorrales. Abastece arroyos, ríos, lagos, aguas subterráneas y finalmente regresa al mar. En ese largo camino, es absorbida por plantas y bebida por animales que la requieren ya que constituye entre el 55 y 80% de los seres vivos.</p>	<p>Se estima que el ciclo del agua se mantiene, ya que la mayor parte de la superficie del predio se mantendrá en estado permeable, toda vez que estará libre de obras y se mantendrá cubierta con vegetación. dadas las características de suelo, se advierte que en dicha superficie se dará el libre el flujo de agua de la superficie al subsuelo, al no existir elementos que lo obstaculicen, favoreciendo la recarga del acuífero y debido a que el predio se encuentra relativamente cercano a la costa, se estima que el flujo de agua subterráneo se da hacia el mar (citado en: ACUERDO por el que se dan a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del acuífero Península de Yucatán, clave 3105, estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo). Finalmente de ahí se regresará a la atmósfera por evaporación, para precipitarse nuevamente hacia la tierra donde es aprovechada por la flora y la fauna para la subsistencia del ecosistema. Las medidas que favorecen este proceso ecológico en el ecosistema son la conservación de áreas verdes naturales, la instalación de letreros, el desmonte gradual, las pláticas ambientales y la supervisión del cambio de uso de suelo.</p>
Ciclos de nutrientes	Análisis
<p>Los elementos químicos que constituyen a los seres vivos como el carbono, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, potasio, calcio, fósforo, azufre y otros, se transportan entre los organismos vivos y entre los componentes inertes del planeta.</p> <p>Estos elementos son parte esencial de la estructura y la función de los organismos vivos. Algunos se acumulan en ellos mientras están vivos y regresan al suelo y a la atmósfera cuando mueren. Cambios drásticos en la dinámica de dichos ciclos producen contaminación, eutroficación (aumento de nutrientes en humedales) y hasta el cambio climático global.</p> <p>El carbono se encuentra en la atmósfera, en la biósfera, en los océanos y en los sedimentos. Las plantas toman bióxido de carbono de la atmósfera y lo convierten en carbohidratos y de esta forma gran parte queda almacenado en los bosques y en el suelo. En el mar muchos organismos utilizan el carbono</p>	<p>Los elementos químicos que constituyen a las materias primas forestales como el carbono, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, potasio, calcio, fósforo, azufre y otros, son liberados a la atmósfera debido a la descomposición orgánica del material vegetal resultante del desmonte; sin embargo, el ciclo de nutrientes se mantiene en las áreas que mantendrán su vegetación natural; lo que permitirá que el carbono y otros elementos químicos continúen con el ciclo de nutrientes en el ecosistema, ya que las plantas tomarán bióxido de carbono de la atmósfera y lo convertirán en carbohidratos y de esta forma gran parte quedará almacenado en las áreas verdes que contempla el proyecto y en el suelo. La única manera de alterar o eliminar el ciclo de nutrientes, sería removiendo la superficie total de vegetación de la microcuenca. Las medidas propuestas que favorecen este proceso ecológico son: la conservación de áreas verdes naturales; el rescate del suelo; el uso del material</p>

<p>para formar sus esqueletos externos y sus conchas. El carbono regresa a la atmósfera a través de la respiración de los organismos, de la descomposición orgánica, de la combustión, y de las erupciones volcánicas</p>	<p>vegetal producto del desmonte; las pláticas ambientales; y la supervisión del cambio de uso de suelo.</p>
Flujo de energía	Análisis
<p>Los seres vivos requieren de energía para realizar sus actividades básicas de crecimiento, reproducción y sobrevivencia. Las plantas son los productores primarios que transforman la energía del sol en energía química a través de la fotosíntesis. Primero la molécula de clorofila absorbe la energía de la luz y divide las moléculas de agua en hidrógeno y oxígeno. Como segundo paso, el bióxido de carbono es transformado en carbohidratos (azúcares), es decir en moléculas mayores de carbono, hidrógeno y oxígeno. Los herbívoros, como consumidores secundarios, se alimentan de las plantas y obtienen de ellas nutrientes y energía, que a su vez son pasados a los carnívoros y de éstos a los descomponedores. Al flujo de energía a través de los seres vivos se le conoce como cadena trófica (del griego trofos, alimenticio) o cadena alimentaria y a cada uno de los niveles por los que pasa, se le conoce como niveles tróficos.</p> <p>En cada transformación, parte de la energía se transforma en calor (segunda ley de la termodinámica), así que siempre habrá más productores primarios que herbívoros y siempre habrá más herbívoros que consumidores secundarios (carnívoros) formando una pirámide trófica.</p> <p>La gran mayoría de los seres vivos para utilizar la energía, tenemos que obtenerla de las moléculas en donde está guardada. Los carbohidratos al ser combinados con oxígeno, se rompen, proporcionando energía y regresando a ser bióxido de carbono y agua. A este proceso se le conoce como respiración. Algunos organismos pueden obtener energía directamente de moléculas inorgánicas (quimiosíntesis).</p>	<p>El proyecto necesariamente implica la pérdida de hábitats para algunos seres vivos que integran el ecosistema, derivado del cambio de uso de suelo, ya que requieren de la energía disponible para realizar sus actividades básicas de crecimiento, reproducción y sobrevivencia; sin embargo, es importante mencionar que esto ocurrirá sólo en una mínima parte del terreno. Lo antes mencionado se asevera considerando que la mayor parte del predio conservará su cubierta vegetal, es decir, se mantendrán en pie los productores primarios que transforman la energía del sol en energía química a través de la fotosíntesis; dicha condición favorece la permanencia de los organismos herbívoros (consumidores secundarios) que se alimentan de las plantas y obtienen de ellas nutrientes y energía, que a su vez favorece la permanencia de los carnívoros que se alimentan de ellos y de éstos a los descomponedores; con lo que la cadena trófica o cadena alimentaria se modifica dado que habrá más competencia por el espacio y los nutrientes al reducirse el hábitat, pero no se pierde, ya que se conservan todos los elementos o niveles tróficos implicados en el flujo de energía (plantas, herbívoros, carnívoros y descomponedores).</p> <p>Las medidas que favorecen este proceso ecológico son el rescate de flora y fauna; la conservación de áreas verdes naturales; la instalación de letreros; desmonte gradual; pláticas ambientales; y la supervisión del cambio de uso de suelo.</p>
Sucesión	Análisis
<p>Los ecosistemas son dinámicos y su composición y estructura se modifica con el tiempo. Periódicamente se presentan perturbaciones como incendios, huracanes, sequías, inundaciones, plagas que modifican sustancialmente a los pastizales, bosques, esteros, manglares y otras comunidades. A estos eventos se les conoce como regímenes de perturbación y cambian de región a región dependiendo de las condiciones climáticas.</p> <p>Después de un evento de perturbación que afecta a algunas de las poblaciones, al proceso de cambio de la comunidad a su estado previo (maduro) se le conoce como sucesión ecológica. Cuando la modificación del ambiente ha sido total, como en el caso de una erupción que borra completamente al ambiente original, o cuando se crea un nuevo ambiente como en el caso de las islas volcánicas que nacen en medio del mar, el proceso se llama sucesión primaria. Cuando la modificación ha sido parcial y quedan algunas de las especies originales, el proceso se llama sucesión secundaria.</p>	<p>Para el caso particular del proyecto la afectación que sufrirá el ecosistema será de tipo antrópica por el cambio de uso de suelo, el cual afectará algunas de las poblaciones que se encuentran presentes. En las áreas verdes naturales no ocurrirán cambios de ningún tipo y se mantendrá como un estado de sucesión madura o estado previo de Selva mediana subperennifolia. Por lo anterior, es evidente que con el cambio de uso de suelo ocurrirán cambios en la vegetación en distintos niveles de sucesión derivados de la remoción de la vegetación, tanto parcial como total en aquellas áreas verdes que se destinen dentro del predio una vez definido el proyecto constructivo; y por lo tanto, se mantiene latente la posibilidad de que en dichas áreas el ecosistema retorne a su estado de madurez o estado previo, mientras que dicha posibilidad se perderá durante toda la vida útil del proyecto, en aquella superficie donde la vegetación será sustituida totalmente por obras permanentes. Las medidas que favorecen este proceso ecológico son: la conservación de áreas verdes naturales, la reforestación; la instalación de letreros; las pláticas</p>

Actualmente, el principal régimen de perturbación lo constituyen las actividades humanas. La extracción de madera de los bosques, los sistemas de cultivos itinerantes y otras actividades transforman a los ecosistemas en estados sucesionales.

ambientales; el desmonte gradual; y la supervisión del cambio de uso de suelo.

En resumen se puede concluir que con el cambio de uso de suelo no se ponen en riesgo la biodiversidad a nivel del ecosistema, ya que no se pierden los procesos ecológicos que lo caracterizan (ciclo del agua, ciclo de nutrientes, flujo de energía y sucesión), conforme a los argumentos arriba citados;

LA PROVISIÓN DE AGUA EN CALIDAD Y CANTIDAD

Para poder determinar que no se pone en riesgo el servicio ambiental hidrológico relacionado con la provisión de agua en calidad y cantidad, a continuación se presenta un análisis comparativo entre la cantidad de agua que es captada en la superficie de cambio de uso de suelo, y aquella que es captada en la superficie total del predio

En cantidad respecto a la superficie de cambio de uso de suelo

La captura de agua o desempeño hidráulico, es el servicio ambiental que producen las áreas arboladas al impedir el rápido escurrimiento del agua de lluvia precipitada, proporcionando la infiltración de agua que alimenta los mantos acuíferos y la prolongación del ciclo del agua. El agua infiltrada o percolada, corresponde a la cantidad de agua que en realidad está capturando el bosque y que representa la oferta de agua producida por este (Torres y Guevara, 2002).

El potencial de infiltración de agua de un área arbolada, depende de un gran número de factores como: la cantidad y distribución de la precipitación, el tipo de suelo, las características del mantillo, el tipo de vegetación y geomorfología del área, entre otros. Esto indica que la estimación de captura de agua debe realizarse por áreas específicas y con información muy fina sobre la mayor parte de las variables arriba señaladas (Torres y Guevara, 2002).

La estimación de volúmenes de infiltración de agua en áreas forestales que a continuación se presenta, se desarrolló siguiendo el modelo de escurrimiento general a través de la estimación de coeficientes de escurrimiento (IMTA, 1999). El modelo asume que el coeficiente de escurrimiento (C_e) se puede estimar como sigue:

$C_e = K (P-500) / 200$ cuando K es igual o menor a 0.15; y

$C_e = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5$ cuando K es mayor que 0.15

K es un factor que depende de la cobertura arbolada y del tipo de suelo, lo cual puede apreciarse en la siguiente figura:

Valores de K para diferentes tipos de suelo y diferentes coberturas arboladas			
Cobertura del bosque	Tipo de suelo		
	A	B	C
Más del 75 %	0.07	0.16	0.24
Entre 50-75 %	0.12	0.22	0.26
Entre 25-50 %	0.17	0.26	0.28

Menos del 25 %	0.22	0.28	0.30
----------------	------	------	------

Suelo A: Suelos permeables (arenas profundas y loes poco compactos).

Suelo B: Suelos medianamente permeables (arenas de mediana profundidad, loes y migajón).

Suelo C: Suelos casi impermeables (arenas o loes delgados sobre capa impermeable, arcillas).

Fuente: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua 1999.

Para la estimación de volúmenes de infiltración de agua en la superficie de cambio de uso de suelo sin el proyecto, se tomó como base la información del inventario forestal y el valor promedio de precipitación anual para la zona donde se ubica. También se consideró el supuesto del modelo que refiere que bosques con volúmenes superiores a 190 m³/ha son bosques con más del 75% de cobertura; los que se encuentran entre 100-190 m³/ha son bosques con 50-75% de cobertura; los que varían entre 35-100 m³/ha son bosques con 25-50% de cobertura y finalmente los que presentan volúmenes menores a 35 m³/ha son bosques con menos del 25% de cobertura. Asimismo, el modelo da por sentado que los suelos de bosque templado son suelos tipo A y los suelos tropicales con suelos tipo C (Torres y Guevara, 2002).

En virtud de lo señalado anteriormente, tenemos que el valor de P (precipitación media anual) es de 1,475.5 mm y el valor de K es de 0.26, considerando que la superficie de CUSTF se ubica en una zona tropical y por ende, los suelos tropicales son de tipo C; y dado que el volumen de la masa forestal del área sujeta al cambio de uso de suelo es de 127.04 m³ (bosques con 50-75% de cobertura).

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

$$C_e = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5 \text{ (ya que el valor de K es superior a 0.15)}$$

$$C_e = (0.26) (1,475.5 - 250) / 2000 + (0.26-0.15) / 1.5$$

$$C_e = (0.26) (1,225.5 / 2000) + (0.11 / 1.5)$$

$$C_e = (0.26) (0.61275) + 0.07$$

$$C_e = 0.159315 + 0.07$$

$$C_e = 0.229$$

Entonces tenemos que el coeficiente de escurrimiento (C_e) en la superficie de cambio de uso de suelo, con cobertura vegetal, es decir, sin el proyecto, es de 0.229

Una vez calculado el coeficiente de escurrimiento, se procede a estimar el volumen de escurrimiento y el volumen de infiltración, anuales, conforme a lo siguiente

$$\text{Volumen de escurrimiento medio anual: } V_e = P * A_t * C_e$$

$$V_e = P * A_t * C_e$$

$$V_e = 1.47 \text{ m}^3 * 5,299.186 \text{ m}^2 * 0.229$$

$$V_e = 1,783.86 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$\text{Volumen de infiltración anual: } I = P - V_e$$

$$I = P - V_e$$

$$I = (1.47 \text{ m}^3) (5,299.186 \text{ m}^2) - 1,783.86 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = 6,005.94 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Considerando los cálculos realizados en los apartados anteriores, podemos concluir que actualmente en la superficie de cambio de uso de suelo se capta un volumen de 1,783.86 m³/m² anuales, y se pierden 6,005.94 m³/m² anuales por escurrimiento.

Por lo tanto, considerando los datos arriba expuesto así como los citados en el capítulo V del presente estudio respecto al volumen de captación de agua que se da en la superficie del proyecto en comparación con el volumen de captación de agua en la microcuenca (ver capítulo siguiente), podemos concluir que el servicio ambiental se verá disminuido pero no eliminado; no obstante si se considera los cálculos realizados en respecto a las condiciones de la microcuenca, el volumen que se verá disminuido no se acerca ni siquiera al 0.1% de la captación del recursos hídrico (ver capítulo siguiente) dentro de la microcuenca propuesta para el proyecto; por lo que no se pone en riesgo el servicio ambiental.

En calidad respecto a la superficie de cambio de uso de suelo

De acuerdo con este balance hidrológico en el Estado de Quintana Roo, se infiere que existe una gran disponibilidad de agua subterránea en el mismo; sin embargo, los principales problemas del agua se relacionan con su calidad no con su cantidad. Esto se debe a que la alta permeabilidad que tienen los suelos cársticos en el estado que favorecen la infiltración del agua de lluvia, también representa una de sus principales causas de contaminación; ya que de la misma manera se filtran con facilidad los agroquímicos empleados en las actividades agrícolas, los residuos líquidos (lixiviados) de los tiraderos de basura a cielo abierto o de las lagunas de oxidación de las plantas de tratamiento, así como las filtraciones de aguas residuales de las fosas sépticas. Este problema de contaminación se agrava día con día si se considera que el agua fluye a través de ríos subterráneos, lo cual favorece la difusión de la contaminación a otros sitios, y llega finalmente a la zona costera, donde se encuentran ecosistemas tan frágiles como los arrecifes coralinos que sustentan una gran diversidad de organismos acuáticos de importancia ecológica y económica. Otro factor que afecta la calidad del agua subterránea es la entrada de agua salada al manto freático; sin embargo, en éste último punto, cabe mencionar que el predio del proyecto se encuentra relativamente alejado de la costa. De manera particular en el área de estudio se pretende establecer en tiempo y forma una serie de medidas para evitar o mitigar los posibles efectos negativos que se pudieran presentarse al acuífero por llevar a cabo el cambio de uso de suelo; a continuación se listan dichas medidas: 1.- **Se instalarán sanitarios portátiles tipo “Sanirent” durante la preparación del sitio y construcción del proyecto**, a razón de 1 por cada 10 trabajadores, con lo cual se evitará la micción y defecación al aire libre, y en consecuencia se estará evitando la contaminación del acuífero por el vertimiento de aguas residuales directamente al suelo sin previo tratamiento. Cabe mencionar que las aguas residuales que se generen en los sanitarios, serán retirados del predio por la empresa prestadora del servicio, con lo que se garantiza que existirá un correcto manejo, retiro y disposición final de dichos residuos. 2.- Se instalarán contenedores herméticamente cerrados para el almacenamiento temporal de residuos sólidos urbanos, con la finalidad de llevar un estricto control sobre dichos residuos en la obra, evitando de esta manera que se generen lixiviados que pudieran derramarse al suelo y por ende, penetrar el subsuelo y contaminar el acuífero, 3.- Para la remoción de la vegetación dentro de la superficie de cambio de uso de suelo, sólo se utilizarán herramientas manuales, evitando en todo momento el uso de maquinaria pesada. Con esta medida se evita el riesgo de un derrame accidental de hidrocarburos por uso de maquinaria; y por lo tanto se previene la contaminación del acuífero derivado de sustancias potencialmente contaminantes.

LA CAPTURA DE CARBONO

El ciclo de carbono en la vegetación comienza con la fijación del CO₂ por medio de los procesos de fotosíntesis, realizada por las plantas y ciertos microorganismos. En este proceso, catalizado por la energía solar, el CO₂ y

el agua reaccionan para formar carbohidratos y liberar oxígeno a la atmósfera. Parte de los carbohidratos se consumen directamente para suministrar energía a la planta, y el CO₂ liberado como producto de este proceso lo hace a través de las hojas, ramas, fuste o raíces. Otra parte de los carbohidratos son consumidos por los animales, que también respiran y liberan CO₂. Las plantas y los animales mueren y son finalmente descompuestos por macro y micro-organismos, lo que da como resultado que el carbono de sus tejidos se oxide en CO₂ y regrese a la atmósfera (Schimel 1995 y Smith *et al.*, 1993). La fijación de carbono por bacterias y animales contribuye también a disminuir la cantidad de bióxido de carbono, aunque cuantitativamente es menos importante que la fijación de carbono en las plantas.

Para estimar la cantidad de Carbono almacenado en la vegetación que se desarrolla en la superficie de cambio de uso de suelo, se utilizó la expresión matemática propuesta por Ricardo O, Russo (2009)⁶, según la cual a partir del volumen se determina el contenido de carbono, quedando de la siguiente manera:

$$\text{Cantidad de C} = \text{Vol.} \times 0,5 \times 0,5$$

Para el cálculo primero se determinó el área basal de cada uno de los árboles con DAP mayor o igual a 10 cm que fueron registrados durante el inventario forestal, considerando que el área basal (AB) es la sumatoria de las áreas transversales (área del tronco a 1,30 m de altura) de todos los árboles con un diámetro mayor o igual a 10 cm existentes en una hectárea (y se expresa en m²/ha).

Luego se determina su altura media. El producto del AB multiplicado por la altura y por un coeficiente de forma (relación entre el volumen real y el volumen aparente de un árbol) es el volumen maderable o volumen de los fustes. En la siguiente tabla se presentan los resultados de la estimación del área basal y del volumen de las especies que serán afectadas por hectárea dentro de la superficie a afectar por el cambio de uso de suelo.

ESTIMACIONES Nombre científico	Número de Ind/ha Absoluto	Ha.	
		AB (m ²)	Vol.T.A (m ³)
TOTAL	928.40	17.01	97.78

Posteriormente, a partir del volumen se determina el contenido de carbono, que es el producto del volumen multiplicado por el contenido de materia seca (%MS, para este estudio se consideró 50%) y por el contenido de Carbono (C) en la MS (%C= 50% aceptado por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, IPCC por sus siglas en inglés),

A esta cantidad de C se le aplica el Factor de Extensión de la Biomasa (FEB) igual a 1,6 considerando un 60% adicional contenido en ramas y follaje (en la literatura este factor se menciona con rango entre el 60% y el 90%); al final el resultado obtenido se multiplica por la superficie de cambio de uso de suelo.

El Factor de Expansión de la Biomasa (FEB) es un coeficiente que permite añadir a la biomasa de los fustes, obtenida a partir del volumen inventariado en campo, la biomasa correspondiente a las ramas, hojas y raíces; es decir, los FEB expanden el peso seco del volumen calculado de existencias para incluir los componentes no maderables del árbol o el bosque. Antes de aplicar dichos FEB, el volumen maderable (m³) debe convertirse a peso en seco (ton), multiplicando por un factor de conversión conocido como densidad básica de la madera (D) en (t/m³). Los BEF no tienen dimensión, dado que convierten entre unidades de peso.

⁶ <http://es.scribd.com/doc/29369907/Guia-Practica-de-Medicion-de-Carbono-en-la-Biomasa-Forestal>

En sentido de lo anterior tenemos lo siguiente:

$$C = \text{Vol.} \times 0,5 \times 0,5$$

$$C = (97.78 \text{ m}^3/\text{ha}) (0.5 \text{ ton}/\text{m}^3) (0.5 \text{ ton}/\text{m}^3)$$

$$C = (24.44 \text{ ton}/\text{ha}) (\text{FEB} = 1.6 \text{ ton}/\text{ha})$$

$$C = 39.10 \text{ ton}/\text{ha}$$

$$C = (39.10 \text{ ton}/\text{ha}) (\text{Superficie de CUSTF} = 0.52 \text{ ha})$$

$$C = 20.33 \text{ ton}/\text{ha}$$

Si se aplica la fórmula considerando la superficie total del predio, obtenemos los siguientes resultados:

$$C = (97.78 \text{ m}^3/\text{ha}) (0.5 \text{ ton}/\text{m}^3) (0.5 \text{ ton}/\text{m}^3)$$

$$C = (24.44 \text{ ton}/\text{ha}) (\text{FEB} = 1.6 \text{ ton}/\text{ha})$$

$$C = 39.10 \text{ ton}/\text{ha}$$

$$C = (39.10 \text{ ton}/\text{ha}) (\text{Superficie del predio} = 14.23 \text{ ha})$$

$$C = 556.39 \text{ ton}/\text{ha}$$

Por último, considerando que los servicios ambientales son suministrados por los ecosistemas y, que el ecosistema dentro del que se ubica el predio del proyecto corresponde a una superficie de Selva Mediana Subperennifolia cuya cobertura en la microcuenca propuesta equivale a un extensión de 123,289.76 ha, se utilizó la fórmula citada para obtener los siguientes datos:

$$C = (97.78 \text{ m}^3/\text{ha}) (0.5 \text{ ton}/\text{m}^3) (0.5 \text{ ton}/\text{m}^3)$$

$$C = (24.44 \text{ ton}/\text{ha}) (\text{FEB} = 1.6 \text{ ton}/\text{ha})$$

$$C = 39.10 \text{ ton}/\text{ha}$$

$$C = (39.10 \text{ ton}/\text{ha}) (\text{Superficie con SMQ en la Microcuenca} = 123,289.76 \text{ ha})$$

$$C = 4'820,629.61 \text{ ton}/\text{ha}$$

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, se puede concluir que la vegetación del área sujeta a CUSTF provee el servicio de captura de carbono traducido en 20.33 ton/ha al año; mientras que la superficie total del predio lo hace por 556.39 ton/ha al año y el ecosistema de la microcuenca por **4'820,629.61** ton/ha. Ante dicho panorama se concluye que el CUSTF propuesto reducirá en menos del 0.01 % el servicio ambiental prestado por ecosistema; lo que nos permite asumir categóricamente que no se pone en riesgo dicho servicio ambiental.

GENERACIÓN DE OXIGENO

La fotosíntesis, a partir del dióxido de carbono y el agua, y usando energía, produce sustancia orgánica y oxígeno.



Inversamente, la respiración usa la sustancia orgánica y el oxígeno para producir dióxido de carbono, agua y energía.



Durante el día, la fotosíntesis es más intensa que la respiración. Por eso, las plantas producen más oxígeno que el que consumen y toman del aire más dióxido de carbono que el que producen. El oxígeno producido es

utilizado por los animales para respirar. Estos devuelven dióxido de carbono, que es reciclado nuevamente por las plantas. Durante la noche, como no hay luz solar, no hay fotosíntesis y las plantas sólo respiran (FAO).

No se sabe con exactitud cuánto oxígeno genera una planta durante la fotosíntesis, ni cuánto oxígeno necesita durante la respiración, ya que ello depende de los procesos fisiológicos de cada especie, así como la disponibilidad de los elementos necesarios para dichos procesos. En ese sentido, sólo podemos hablar de una reducción en el servicio ambiental a nivel de superficie, por lo tanto, considerando que en la microcuenca existen una vasta extensión de selva mediana subperennifolia equivalente a una superficie de 123,289.76 ha, se puede concluir categóricamente que el servicio ambiental de liberación de oxígeno, no se pondrá en riesgo con el cambio de uso de suelo propuesto, toda vez que la superficie donde se perderá la vegetación sólo representa el 0.001% de la vegetación de Selva mediana subperennifolia que existe en la microcuenca definida para el estudio por lo que no se pone en riesgo dicho servicio ambiental.

AMORTIGUAMIENTO DE IMPACTO DE LOS FENÓMENOS NATURALES

Como se mencionó en capítulos previos del presente estudio, los fenómenos naturales más recurrentes en la zona donde se ubica el predio del proyecto, son los huracanes, tormentas tropicales y Nortes, los cuales acarrearán fuertes cantidades de lluvia y se acompañan de vientos intensos; tal es el caso del huracán Wilma que tuvo incidencia en el año 2005 con una fuerza de sus vientos sostenidos que registraron velocidades por encima de los 240 km/h y rachas de hasta 280 km/h y una velocidad de desplazamiento de entre 3 y 5 km/h, con registros de estacionalidad. La primera impresión que se tiene sobre los efectos de un fenómeno meteorológico de la magnitud de Wilma es de devastación. Al sufrir su embate la vegetación experimenta derribo de árboles arrancados de raíz o por fractura del tronco a distintos niveles, caída de ramas y defoliación total, como lo observaron Sánchez y Herrera (1990) y Sánchez e Islebe (1999) con el paso del huracán Gilberto en 1988 y por lo dicho en este trabajo. Sin embargo, pasado un tiempo, todo lo que aún queda en pie y aún lo derribado inicia un proceso de recuperación. En este proceso y atendiendo a la fenología de las especies, la recuperación foliar es de lo primero en iniciarse ya que de ello depende la sobrevivencia y funcionalidad de la especie en su interacción con el ambiente⁷.

Es un hecho que la eliminación de la vegetación en una Selva mediana subperennifolia, reduce la capacidad de la vegetación para actuar como una barrera ante la incidencia de un fenómeno natural como los huracanes y tormentas tropicales, por lo que éste servicio ambiental se verá afectado con el cambio de uso de suelo propuesto; sin embargo, es importante aclarar que no se pone en riesgo dicho servicio, toda vez que como se ha mencionado a lo largo del presente estudio, más del 80% de la superficie del predio permanecerá con su cobertura vegetal natural; por lo que aun la vegetación podrá seguir actuando como barrera de amortiguamiento.

MODULACIÓN CLIMÁTICA

La pérdida de bosques y selvas en México es una de las fuentes más importantes de emisiones de CO₂, principal gas de efecto invernadero (GEI) que genera el cambio climático. Es decir, deforestación es igual a cambio climático.

México se encuentra entre los 20 países que más contribuyen al cambio climático y uno de los motivos es la pérdida de los ecosistemas forestales. La deforestación implica pérdida de riqueza biológica, desabasto de

⁷ Odilón Sánchez Sánchez, Lilia del C. Mendizábal Hernández, Sophie Calmé Recuperación foliar en un achual después del paso del huracán Wilma por la reserva ecológica el Eden, Quintana Roo Foresta Veracruzana, Vol. 8, Núm. 1, 2006, PP. 37-42, Recursos Genéticos Forestales México.

agua y acelera el cambio climático, ya que al remover la cobertura vegetal se libera el bióxido de carbono (CO₂) almacenado. Se estima que el 20 por ciento de las emisiones de GEI a nivel mundial provienen de la pérdida de los ecosistemas forestales, los cuales desaparecen a un ritmo de 13 millones de hectáreas cada año. De esas 13 millones, por lo menos 500 mil corresponden a México.

Los bosques almacenan, sólo en su cobertura vegetal, 300 mil millones de toneladas de bióxido de carbono, lo que equivale a casi 40 veces las emisiones anuales de este gas producidas por la quema de combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo. Cuando un bosque es destruido, el carbono almacenado se libera a la atmósfera mediante la descomposición o la combustión de los residuos vegetales⁸. La presencia de las plantas en cualquier región del mundo es clave para el ciclo hidrológico en aspectos como almacenamiento de agua, liberación durante la evapotranspiración y condensación del punto de rocío, así como en el balance de radiación y energético y en la dinámica de los vientos. Todos estos elementos en interacción contribuyen al clima de una región. Sin embargo, este complicado y frágil esquema que se da en la naturaleza ha sido afectado por el hombre al modificar el uso de suelo por el desarrollo de grandes ciudades (Irma Rosas P., *et al*)⁹.

Algunos climatólogos urbanos apunta que el origen del problema del cambio climático, está asociado con la desintegración del complejo suelo-planta-atmósfera, lo que determina el movimiento del agua en sus dos fases: líquida y gaseosa. El agua al llegar al suelo se moverá tanto vertical como horizontalmente, de acuerdo con las características fisicoquímicas del mismo; verticalmente alcanzará la zona enraizada con lo cual proveerá a las plantas no sólo con agua sino también con nutrientes, y continuará su curso hasta encontrar el nivel freático, con lo que se compensará al manto acuífero de la extracción que realiza el hombre. Tal balance es muy importante para este tan demandado recurso no renovable (Irma Rosas P. *op cit.*).

Una vez que el agua y los nutrimentos entren al vegetal, los vasos de conducción se encargarán de llevarlos a las estructuras aéreas, en contra de un gradiente de presión regulado por el cierre y la apertura de estomas. El vegetal conservará parte del agua y nutrimentos, y el resto saldrá en forma de vapor proporcionando agua a la atmósfera a través del proceso de evapotranspiración. El agua que sale permitirá la regulación de la temperatura tanto del vegetal como de la atmósfera. Un suelo con cobertura vegetal tendrá un patrón de absorción de radiación y reflexión de ondas cortas y largas diferente que un suelo erosionado y sin agua, lo que le conferirá un color y una respuesta espectral distinta. Esta modificación se manifiesta en un calor sensible mucho mayor que el latente (Irma Rosas P., *op cit.*).

Tomando en consideración lo anterior, estamos ante la posibilidad de poder afirmar que el cambio de uso de suelo propuesto no pone en riesgo la modulación o regulación climática como un servicio ambiental prestado por el ecosistema que se desarrolla en el predio, toda vez que el proyecto tiene contemplado matener con vegetación natural una superficie de 124,880.24 m² de Selva mediana subperennifolia en estado natural y la superficie que permanecerá sin vegetación, equivalente al 0.001 % de la vegetación de Selva mediana subperennifolia que existe en la microcuenca definida para el estudio.

CAMBIO EN EL PAISAJE Y BELLEZA ESCÉNICA

El cambio en la estructura del paisaje y belleza escénica, se da debido a que se modifica la vegetación forestal; disminuyen las existencias arbóreas y en algunas áreas se impide el inicio y establecimiento de las diferentes etapas de sucesión vegetal. Sin embargo, debe tenerse presente que el proyecto mantendrá con vegetación en estado natural más del 96% de la superficie del predio; por lo que éste seguirá prestando el servicio ambiental

⁸<http://www.greenpeace.org/mexico/es/Campanas/Bosques/Que-relacion-tienen-los-bosques-y-el-cambio-climatico/>

⁹ <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/508/percepcion.pdf>

del paisaje y belleza escénica de la zona. A continuación se realiza un análisis sobre la calidad y fragilidad paisajística del sitio del proyecto.

Para el estudio de la calidad visual del paisaje (calidad paisajística) se utilizó el método indirecto de Bureau of Land Management (BLM, 1980). Este método se basa en la evaluación de las características visuales básicas de los componentes del paisaje. Se asigna un puntaje a cada componente según los criterios de valoración, y la suma total de los puntajes parciales determina la calidad visual, en comparación con una escala de referencia. En la siguiente tabla se presentan los criterios de valoración y puntuación aplicados para evaluar la calidad visual del paisaje (BLM, 1980).

ANÁLISIS DE LA CALIDAD VISUAL DEL PAISAJE			
COMPONENTE	CRITERIOS		
Morfología	Relieve con pendiente muy Marcada (acantilados, agujas, grandes formaciones rocosas): o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado, o sistemas de dunas, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominante.	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes pero no dominantes o excepcionales.	Colinas suaves, pendiente plana, pocos o ningún detalle singular.
	5	3	1
Vegetación	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución.	Cierta variedad en la vegetación pero solo uno o dos tipos.	Escasa o ninguna variedad o contraste en la vegetación.
	5	3	1
Agua	Factor dominante en el paisaje, limpia y clara, aguas cristalinas o espejos de agua en reposo.	Agua en movimiento o reposo pero no dominante en el paisaje.	Ausente o inapreciable.
	5	3	1
Variabilidad cromática	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables.	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes pero no actúa como elemento dominante	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados.
	5	3	1
Fondo escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual.	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto
	5	3	1
Singularidad o rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna y vegetación excepcional.	Característico, o aunque similar a otros en la región	Bastante común en la región
	5	3	1
Acción antrópica	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica
	5	3	1

En la siguiente tabla se presenta en forma resumida, los resultados de la aplicación del Método BLM (1980) al paisaje actual.

CRITERIO	PUNTUACIÓN
Morfología	1
Vegetación	1
Agua	1
Variabilidad cromática	1
Fondo escénico	3
Singularidad o rareza	1
Acción antrópica	5
Total	13

En la siguiente tabla se presentan las clases utilizadas para evaluar la calidad visual del paisaje.

CLASE	VALORACIÓN	PUNTAJE
A	Áreas de calidad alta, áreas con rasgos singulares y sobresalientes.	de 22 a 35
B	Áreas de calidad media, cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y textura, pero que resultan similares a otros en la región estudiada y no son excepcionales.	de 8 a 21
C	Áreas de calidad baja, con muy poca variedad en la forma, color, y textura.	de 1 a 7

Al aplicar el Método BLM (1980) se obtuvo que la calidad visual del paisaje, sin el proyecto, encuadra en la Clase B (11 puntos obtenidos), es decir, posee rasgos con variedad en la forma, color y textura distinguiéndola como un área de calidad media, pero que resulta similar a otros en la región, sin ser excepcional. Esto es debido a la escasa variedad en la vegetación existente, siendo que esta es monocromática, lo cual aporta poca variación en el color y contraste del paisaje; aunado a que destaca por ser el elemento predominante en el paisaje.

En tanto a su fragilidad, determinarla es una forma de establecer el grado de vulnerabilidad de un espacio territorial a la intervención, cambio de usos y ocupaciones que se pretendan desarrollar en él. Mientras la calidad visual de un paisaje es una cualidad intrínseca del territorio, la fragilidad visual dependerá del tipo de proyecto que se pretenda desarrollar.

Para conocer la fragilidad visual del paisaje, entendida también como su capacidad de absorción ante la ocurrencia de algún factor extrínseco, se ha desarrollado una técnica basada en la metodología de Yeomans (1986), la cual consiste en asignar puntajes a un conjunto de atributos del paisaje, valorados con base en su condición actual; consecuentemente se ingresan los puntajes asignados a cada atributo en una fórmula y el resultado obtenido se compara con una escala de referencia; finalmente la capacidad de absorción visual del paisaje (CAV) será determinada con base en el resultado obtenido de la fórmula aplicada comparado con una escala de referencia.

Fórmula aplicada en el análisis:

$$CAV = P \times (E + R + D + C + V)$$

Donde:

P = Pendiente

E = Regeneración potencial y erosionabilidad

R = Potencial estético

D = Diversidad de la vegetación

C = Acción antrópica

V = Contraste de color

En la siguiente tabla se asignan los puntajes a los atributos del paisaje, con base en la condición que presentan actualmente en el sistema ambiental (Yeomans, 1986).

ANÁLISIS DE LA CALIDAD VISUAL DEL PAISAJE			
COMPONENTE	CRITERIOS	PUNTAJE	
		NOMINAL	NUMÉRICO
Pendiente (P)	Poco inclinado (0-25% de pendiente)	Alto	3
	Inclinación suave (25-55% pendiente)	Moderado	2

ANÁLISIS DE LA CALIDAD VISUAL DEL PAISAJE			
COMPONENTE	CRITERIOS	PUNTAJE	
		NOMINAL	NUMÉRICO
	Inclinado (pendiente >55%)	Bajo	1
Regeneración potencial y erosionabilidad (E)	Poca restricción por riesgos bajos de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial.	Alto	3
	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y regeneración potencial.	Moderado	2
	Restricción alta derivada de riesgos altos de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial.	Bajo	1
Potencial estético (R)	Potencial bajo	Alto	3
	Potencial moderado	Moderado	2
	Potencial alto	Bajo	1
Diversidad de vegetación (D)	Vegetación escasa	Alto	3
	Hasta dos tipos de vegetación	Moderado	2
	Diversificada	Bajo	1
Acción antrópica (C)	Fuerte presencia antrópica	Alto	3
	Presencia moderada	Moderado	2
	Casi imperceptible	Bajo	1
Contrastes de color (V)	Elementos de bajo contraste	Alto	3
	Contraste visual moderado	Moderado	2
	Contraste visual alto	Bajo	1

En la tabla anterior, los puntajes altos son asignados a la condición del atributo que favorece la capacidad de absorción del paisaje ante la ocurrencia de algún factor extrínseco; por ejemplo, si existe una fuerte presencia antrópica (condición del atributo), entonces significa que cualquier proyecto de origen antrópico que se realice, podrá ser absorbido por el paisaje al ser éste un elemento común y predominante, y por lo tanto se le asigna un puntaje elevado (3); mientras que si la acción antrópica es casi imperceptible, significa que la presencia de cualquier obra afectará la calidad visual del paisaje al ser un elemento perturbador, y en consecuencia se le asigna un puntaje bajo (1), toda vez que el paisaje tendrá poca capacidad para absorber el proyecto.

De lo anterior, a continuación se analizan los puntajes asignados a cada uno de los atributos del paisaje.

Pendiente (P).- Este atributo recibió un puntaje alto (3) debido a que su condición en el paisaje se define por un relieve plano, considerando que la zona en la que se ubica el predio carece de dunas o pendientes significativas; por lo tanto, cualquier proyecto que se realice quedará en un mismo plano y al mismo nivel del suelo.

Regeneración potencial y erosionabilidad (E).- Este atributo recibió un puntaje alto (3) considerando que la zona no es susceptible a la erosión.

Potencial estético (R).- El potencial estético del paisaje desde cualquier perspectiva del observador, que son pocos, es baja, ya que se trata de una zona donde predomina un solo tipo de vegetación, con escasa presencia de cuerpos de agua y sin relieves significativos que aporten contraste, razón por la cual le fue asignado un puntaje alto (3).

Diversidad de vegetación (D).- Este atributo recibió un puntaje alto (3), debido a que la vegetación, a pesar de ser notoria, es monocromática ya que predomina la Selva mediana subperennifolia, por lo que ofrece poco contraste en el paisaje.

Acción antrópica (C).- Este fue uno de los atributos más importantes en el paisaje, ya que el sistema ambiental se distingue por ser un área poco alterada, por lo que cualquier obra o actividad adicional representará un elemento perturbador en el ambiente, aunque no será un elemento totalmente nuevo (3).

Contrastes de color (V).- El contraste de colores aporta una escasa variabilidad cromática al observador, a pesar de ser notorio el contraste entre sus distintos atributos, por lo que obtuvo un puntaje alto (3).

Una vez descrito el origen de los puntajes asignados a cada atributo del paisaje, en seguida se sustituyen los valores obtenidos en la fórmula de Yeomans (1986).

$$CAV = P \times (E + R + D + C + V)$$

$$CAV = 3 \times (3 + 3 + 3 + 3 + 3)$$

$$CAV = 3 \times (15)$$

$$CAV = 45$$

El paso siguiente en el análisis de la capacidad de absorción del paisaje, consiste en definir la escala de comparación para el resultado de la fórmula aplicada, la cual se indica en la siguiente tabla.

ESCALA DE REFERENCIA PARA LA ESTIMACIÓN DEL CAV	
Capacidad de absorción del paisaje (CAV)	Baja = < 15
	Moderada = 15 y < 30
	Alta = ó > 30

Una vez definida la escala de referencia, a continuación se realiza el análisis comparativo de la misma con el resultado de la fórmula aplicada

RESULTADO DE LA FÓRMULA	ESCALA DE REFERENCIA	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL PAISAJE (CAV)
X	= ó < 15	Baja
X	= 15 y < 30	Moderada
45	= ó > 30	Alta

El análisis del resultado de la fórmula aplicada comparado con la escala de referencia previamente definida, indica que el paisaje tendrá una alta capacidad para absorber el proyecto, lo que significa que presenta una baja susceptibilidad ante las modificaciones del entorno. Con base en éste análisis, se puede concluir que el cambio de uso de suelo, no afectará la visibilidad ni la calidad visual del paisaje, ni mucho menos lo hará susceptible ante las posibles modificaciones que sufrirá el entorno. El proyecto será un agregado a los usos propuestos, y por lo tanto, será absorbido en gran medida (alta capacidad de absorción); y en tal sentido, se puede concluir que no se pone en riesgo el servicio ambiental de paisaje o calidad escénica prestado por el ecosistema en estudio.

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

El ambiente se define por una serie de servicios que presenta el predio, sin embargo estos servicios pueden variar cuando ocurre una afectación ambiental, de forma que sus características son diferentes antes y después de la afectación. Para poder evaluar dicha afectación ambiental, se necesita estimar estos dos estados, pues la afectación o daño comprendería la diferencia entre el estado ambiental antes de la intervención por la implementación del proyecto y después de la implementación del proyecto que ocasionó la afectación.

A lo largo de las afectaciones que se pretende realizar en el predio con el desarrollo del proyecto, si bien algunos elementos se verán afectados y algunos servicios ambientales se verán disminuidos (más no eliminados), se anticipa que la implementación del proyecto no pondrá en riesgo la integridad funcional del sistema ambiental, considerando además que la aplicación de las medidas de prevención y mitigación previstas por el proyecto reducirán en gran parte los afectaciones que pudieran suscitarse.

Los servicios ambientales que interesaron evaluar son los directamente relacionados con la afectación por la implementación del proyecto. Por ello, se determinó cuáles servicios o recursos fueron afectados y analizar las características de ellos antes y después de la afectación para poder valorar la magnitud e incidencia de dicha afectación.

En la revisión de los servicios ambientales que pudieron verse afectados y su impacto, en este ejercicio se pudo concluir que los factores ambientales que se verán de alguna manera afectados por las obras del proyecto en términos de impactos en una escala de mayor a menor son: son la captación del agua, la Biodiversidad, degradación física del suelo, lo anterior sin dejar de tomar en cuenta los demás servicios que de alguna manera también se vieron afectados. También se determinó que la mayoría de los impactos a los servicios, se generaran principalmente durante uno de los componentes, como es la fase de preparación del sitio, así mismo en este y en otros capítulos del estudio se realizó un análisis de cada uno de los componentes de los servicios, explicando, el grado de impacto, así como justificando y proponiendo en su caso alguna medida de protección y mitigación, y su área de influencia.

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO
EN TERRENOS FORESTALES
MODALIDAD A

Capítulo 12

JUNIO DE 2016

JUSTIFICACIÓN TÉCNICA,
ECONÓMICA Y SOCIAL QUE
MOTIVE LA AUTORIZACIÓN
EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE
USO DEL SUELO

ECLIPZEN

JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

No se compromete la biodiversidad

El cambio de uso de suelo propuesto, necesariamente implica la eliminación de la vegetación presente en el predio del proyecto, lo que generará diversos impactos al ambiente. No obstante, el proyecto plantea la implementación de medidas para atenuar, entre otros, aquellos impactos que repercuten sobre la flora y fauna del predio. Entre dichas medidas, podemos citar algunas tales como: rescate y reubicación de flora y fauna, colocación de contenedores y letreros, instalación de sanitarios móviles, desmonte gradual, pláticas ambientales, conservación de áreas naturales y supervisión del cambio de uso de suelo.

En un pronóstico del escenario que comprende la ejecución del proyecto acompañado de las medidas señaladas en los numerales anteriores, se espera un comportamiento de la flora y fauna estable, tal como se describe a continuación:

» Flora silvestre:

- Conservación a nivel de especies (riqueza).

Una especie es un único linaje de poblaciones ancestro-descendiente que mantiene su identidad frente a otros linajes y posee sus propias tendencias evolutivas y su destino histórico, capaces de reproducirse entre sí. En sentido de lo anterior, se puede concluir que todas las especies de flora silvestre que fueron registradas durante el inventario forestal serán afectadas con el desmonte, ya que se producirá una reducción de la cobertura vegetal; sin embargo, esas mismas especies que componen cada uno de los estratos de la vegetación (arbóreo, arbustivo y herbáceo) que será removida, serán rescatadas previo al desmonte, y más aún resulta importante mencionar que esas mismas especies se encuentran en su mayoría presentes en a nivel de la microcuenca; por lo que se garantiza que ninguna especie se perderá con el desmonte si se consideran medidas previamente propuestas como el rescate de flora; la instalación de letreros; el desmonte gradual; las pláticas ambientales y la supervisión del cambio de uso de suelo

En relación a lo anterior, a continuación se presenta, a manera de tabla, el comparativo de especies a nivel de unidad de análisis, así como las especies que se considera rescatar.

Microcuenca	Especies CUSTF	A rescatar
<i>Acacia cornigera</i>	<i>Acacia pennatula</i>	<i>Acacia pennatula</i>
<i>Acacia dolichostachya</i>	<i>Arrabidaea floribunda</i>	<i>Arrabidaea floribunda</i>
<i>Acacia glauveri</i>	<i>Bauhinia unguolata</i>	<i>Bauhinia unguolata</i>
<i>Acacia glomerosa</i>	<i>Bursera simaruba</i>	<i>Bursera simaruba</i>
<i>Aechmea bracteata</i>	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>
<i>Amyris sylvatica</i>	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	<i>Caesalpinia gaumeri</i>
<i>Anthurium schlechtdalii</i>	<i>Ceiba aesculifolia</i>	<i>Ceiba aesculifolia</i>
<i>Ardisia escallonioides</i>	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>
<i>Bauhinia divaricata</i>	<i>Coccoloba diversifolia</i>	<i>Coccoloba diversifolia</i>
<i>Bauhinia jenningsii</i>	<i>Coccoloba sp.</i>	<i>Coccoloba sp.</i>
<i>Bromelia karatas</i>	<i>Coccoloba spicata</i>	<i>Coccoloba spicata</i>
<i>Brosimum alicastrum</i>	<i>Convolvulus nodiflorus</i>	<i>Convolvulus nodiflorus</i>

Microcuenca	Especies	
	CUSTF	A rescatar
<i>Bursera simaruba</i>	<i>Cordia dodecandra</i>	<i>Cordia dodecandra</i>
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	<i>Croton arboreus</i>	<i>Croton arboreus</i>
<i>Byrsonima crassifolia</i>	<i>Dendropanax arboreus</i>	<i>Dendropanax arboreus</i>
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	<i>Diospyros tetrasperma</i>	<i>Diospyros tetrasperma</i>
<i>Calyptranthes pallens</i>	<i>Diospyros yatesiana</i>	<i>Diospyros yatesiana</i>
<i>Cameraria latifolia</i>	<i>Dipholis salicifolia</i>	<i>Dipholis salicifolia</i>
<i>Canella winterana</i>	<i>Drypetes lateriflora</i>	<i>Drypetes lateriflora</i>
<i>Capparis verrucosa</i>	<i>Eesenbeckia pentaphylla</i>	<i>Eesenbeckia pentaphylla</i>
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	<i>Eugenia trikii</i>	<i>Eugenia trikii</i>
<i>Casimiroa tetrameria</i>	<i>Ficus obtusifolia</i>	<i>Ficus obtusifolia</i>
<i>Catasetum integerrimum</i>	<i>Gliricidia maculata</i>	<i>Gliricidia maculata</i>
<i>Cecropia obtusifolia</i>	<i>Gliricidia sepium</i>	<i>Gliricidia sepium</i>
<i>Ceiba aesculifolia</i>	<i>Guettarda combsii</i>	<i>Guettarda combsii</i>
<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Gymnanthes licida</i>	<i>Gymnanthes licida</i>
<i>Chamaedora seifrizii</i>	<i>Gymnopodium floribundum</i>	<i>Gymnopodium floribundum</i>
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	<i>Hampea trilobata</i>	<i>Hampea trilobata</i>
<i>Cissus gossypifolia</i>	<i>Jatropha gaumeri</i>	<i>Jatropha gaumeri</i>
<i>Coccoloba barbadensis</i>	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	<i>Lonchocarpus rugosus</i>
<i>Coccoloba diversifolia</i>	<i>Lonchocarpus xuul</i>	<i>Lonchocarpus xuul</i>
<i>Coccoloba spicata</i>	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	<i>Lysiloma latisiliquum</i>
<i>Coccothrinax readii</i>	<i>Manilkara zapota</i>	<i>Manilkara zapota</i>
<i>Cordia dodecandra</i>	<i>Metopium brownei</i>	<i>Metopium brownei</i>
<i>Croton niveus</i>	<i>Mosannonna depressa</i>	<i>Mosannonna depressa</i>
<i>Cupania dentata</i>	<i>Nectandra coriacea</i>	<i>Nectandra coriacea</i>
<i>Cydista potosina</i>	<i>Piscidia piscipula</i>	<i>Piscidia piscipula</i>
<i>Dendropanax arboreus</i>	<i>Plumeria rubra</i>	<i>Plumeria rubra</i>
<i>Diospyros cuneata</i>	<i>Pouteria campechiana</i>	<i>Pouteria campechiana</i>
<i>Diospyros yucatanensis</i>	<i>Pouteria unilocularis</i>	<i>Pouteria unilocularis</i>
<i>Dipholis salicifolia</i>	<i>Psidium sartorianum</i>	<i>Psidium sartorianum</i>
<i>Diphysa carthagenensis</i>	<i>Randia longiloba</i>	<i>Randia longiloba</i>
<i>Erythrina standleyana</i>	<i>Simarouba amara</i>	<i>Simarouba amara</i>
<i>Eugenia trikii</i>	<i>Swartzia cubensis</i>	<i>Swartzia cubensis</i>
<i>Exothea diphylla</i>	<i>Talisia olivaeformis</i>	<i>Talisia olivaeformis</i>
<i>Ficus continifolia</i>	<i>Thevetia gaumeri</i>	<i>Thevetia gaumeri</i>
<i>Ficus maxima</i>	<i>Thouinia paucidentata</i>	<i>Thouinia paucidentata</i>
<i>Ficus obtusifolia</i>	<i>Vitex gaumeri</i>	<i>Vitex gaumeri</i>
<i>Ficus tecolutensis</i>	<i>Zuelania quidonia</i>	<i>Zuelania quidonia</i>
<i>Gliricidia sepium</i>		
<i>Guettarda combsii</i>		
<i>Guettarda elliptica</i>		
<i>Gymnanthes licida</i>		
<i>Gymnopodium floribundum</i>		
<i>Hampea trilobata</i>		
<i>Jacquemontia nodiflora</i>		
<i>Jatropha gaumeri</i>		
<i>Laethia thamnia</i>		
<i>Lonchocarpus luteomaculatus</i>		

Microcuenca	Especies CUSTF	A rescatar
	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	
	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	
	<i>Malmea depressa</i>	
	<i>Malpighia glabra</i>	
	<i>Malvaviscus arboreus</i>	
	<i>Manilkara zapota</i>	
	<i>Matayba oppositifolia</i>	
	<i>Metopium brownei</i>	
	<i>Myrcianthes fragrans</i>	
	<i>Nectandra coriacea</i>	
	<i>Neea psychotrioides</i>	
	<i>Ottoschulzia pallida</i>	
	<i>Paullinia cururu</i>	
	<i>Piscidia piscipula</i>	
	<i>Pouteria campechiana</i>	
	<i>Pouteria unilocularis</i>	
	<i>Protium copal</i>	
	<i>Psidium sartorianum</i>	
	<i>Psychotria nervosa</i>	
	<i>Randia aculeata</i>	
	<i>Rhoeo discolor</i>	
	<i>Sabal yapa</i>	
	<i>Serjania adiantoides</i>	
	<i>Serjania goniocarpa</i>	
	<i>Sida acuta</i>	
	<i>Simarouba glauca</i>	
	<i>Smilax mollis</i>	
	<i>Spondias mombin</i>	
	<i>Swartzia cubensis</i>	
	<i>Sweetia panamensis</i>	
	<i>Talisia olivaeformis</i>	
	<i>Tetracera volubilis</i>	
	<i>Thevetia gaumeri</i>	
	<i>Thouinia paucidentata</i>	
	<i>Tillandsia festucoides</i>	
	<i>Trinax radiata</i>	
	<i>Vitex gaumeri</i>	
	<i>Zuelania quidonia</i>	

Aunado a lo anterior, cabe señalar que conforme a los datos obtenidos en los capítulos anteriores respecto al índice del valor de importancia (IVI) se encontró lo siguiente para cada uno de los estratos:

ARBÓREO			
MC		CUSTF	
	IVI		IVI
<i>Vitex gaumeri</i>	32.30	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	88.89
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	23.53	<i>Bursera simaruba</i>	42.01
<i>Ficus tecolutensis</i>	23.26	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	27.69
<i>Metopium brownei</i>	19.05	<i>Ficus obtusifolia</i>	16.28
<i>Ficus obtusifolia</i>	18.34	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	11.48
<i>Ficus cotinifolia</i>	16.05	<i>Ceiba aesculifolia</i>	10.90
<i>Bursera simaruba</i>	15.95	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	8.93
<i>Piscidia piscipula</i>	14.94	<i>Metopium brownei</i>	8.78
<i>Manilkara zapota</i>	12.48	<i>Vitex gaumeri</i>	8.45
<i>Swartzia cubensis</i>	8.61	<i>Dendropanax arboreus</i>	6.97

ARBUSTIVO			
MC		CUSTF	
	IVI		IVI
<i>Piscidia piscipula</i>	20.18	<i>Psidium sartorianum</i>	36.56
<i>Chamaedora seifrizii</i>	18.93	<i>Diospyros tetrasperma</i>	30.56
<i>Manilkara zapota</i>	14.79	<i>Nectandra coriacea</i>	28.89
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	14.66	<i>Gymnanthes licida</i>	26.97
<i>Gymnanthes licida</i>	13.91	<i>Randia longiloba</i>	20.77
<i>Thevetia gaumeri</i>	12.44	<i>Manilkara zapota</i>	15.03
<i>Metopium brownei</i>	10.77	<i>Coccoloba sp.</i>	14.06
<i>Gymnopodium floribundum</i>	10.62	<i>Jatropha gaumeri</i>	10.97
<i>Trinax radiata</i>	10.15	<i>Mosannonna depressa</i>	9.06
<i>Nectandra coriacea</i>	9.57	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	8.17

HERBÁCEO			
MC		CUSTF	
	IVI		IVI
<i>Coccothrinax readii</i>	26.35	<i>Psidium sartorianum</i>	82.56
<i>Trinax radiata</i>	17.68	<i>Gliricidia sepium</i>	64.40
<i>Manilkara zapota</i>	14.21	<i>Nectandra coriacea</i>	34.51
<i>Paullinia cururu</i>	12.74	<i>Arrabidaea floribunda</i>	24.99
<i>Malva viscus arboreus</i>	10.13	<i>Bauhinia unguilata</i>	21.87
<i>Metopium brownei</i>	10.13	<i>Randia longiloba</i>	17.43
<i>Chamaedora seifrizii</i>	9.85	<i>Eugenia trikii</i>	16.05
<i>Psychotria nervosa</i>	9.33	<i>Croton arboreus</i>	13.07
<i>Randia aculeata</i>	9.06	<i>Eesenbeckia pentaphylla</i>	12.56
<i>Cissus gossypifolia</i>	9.03	<i>Swartzia cubensis</i>	12.56

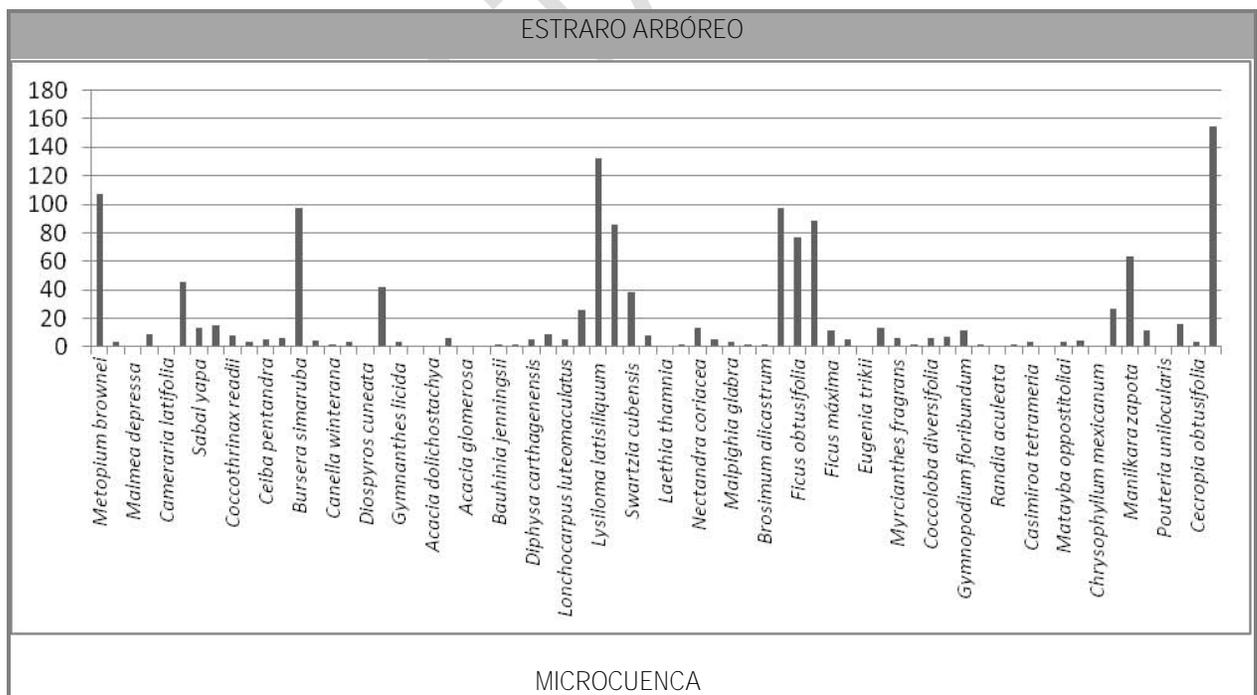
En virtud de lo arriba expuesto se advierte que por lo que toca al IVI de las especies presentes en la superficie para CUSTF, la estructura de los tres estratos es homogénea y su composición es en gran parte semejante a la registrada para el predio testigo de la microcuenca; lo anterior siendo que las especies que obtuvieron los valores de IVI más representativos en la superficie de CUSTF son en parte las mismas especies que tuvieron este comportamiento dentro del predio testigo de la microcuenca. Cabe señalar que en ningún estrato se presentaron casos de dominancia extrema por alguna especie.

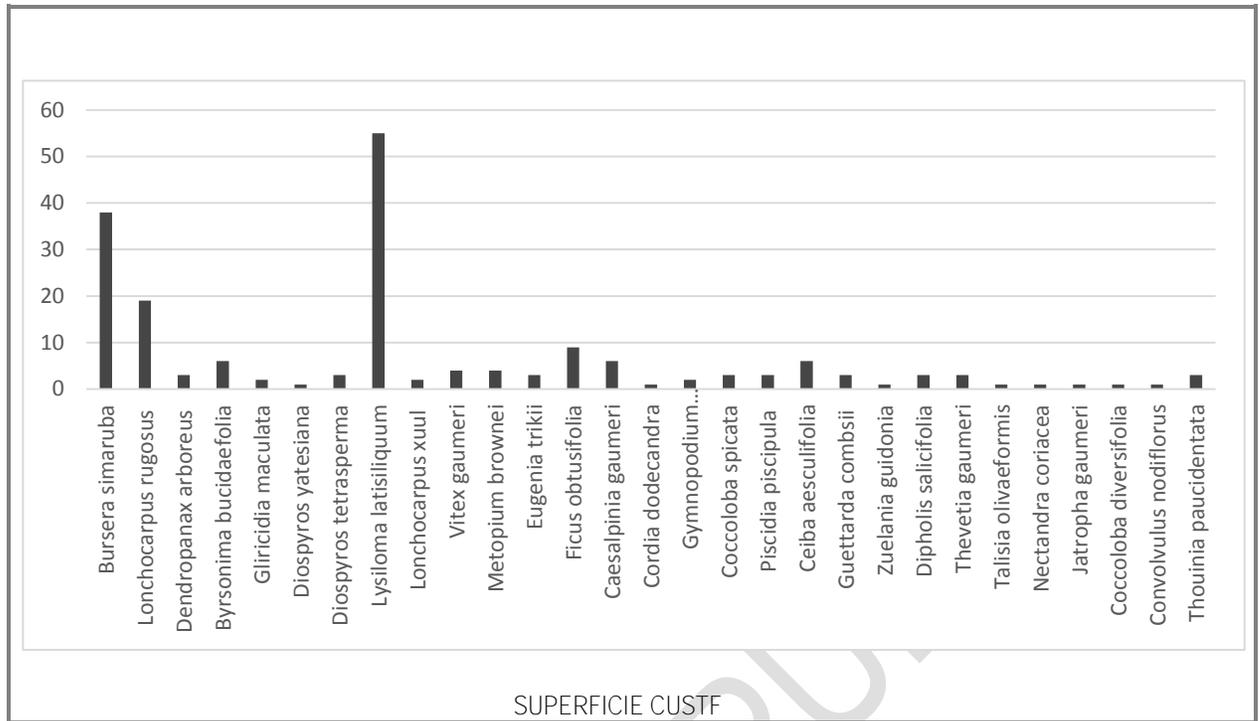
Por lo arriba expuesto, se anticipa que a raíz de los resultados arrojados por el IVI, así como lo aportado por el análisis del índice de biodiversidad señalado en el apartado siguiente, se concluye que definitivamente no se compromete la biodiversidad de la microcuenca, más aun considerando que como medidas que contempla el proyecto se pretende el rescate de especies representativas de los tres estrato.

En relación a todo lo anterior, es necesario mantener presente que los datos obtenidos para la microcuenca sólo representan un fragmento de ésta contrario a lo que sucede en el predio de interés en donde se obtuvieron representativos de su superficie; por lo que muy seguramente en la totalidad de la microcuenca la diversidad y abundancia; y por tanto el IVI, será mucho mayor y no correrá riesgo alguno.

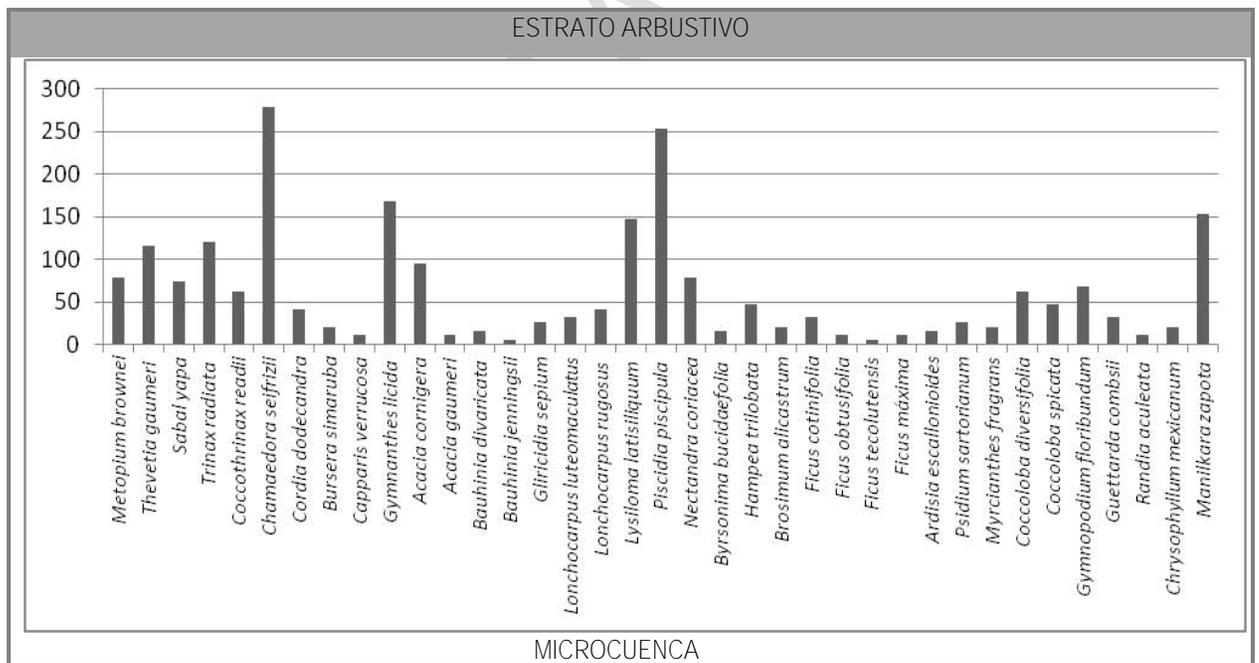
- Conservación de poblaciones

Con el desmonte ocurre una reducción en la densidad poblacional de cada una de las especies que se verán afectadas con el cambio de uso de suelo, ya que el desmonte implica la eliminación de algunos individuos que integran la población total que subsiste en el ecosistema; sin embargo, esas mismas especies son rescatadas en forma previa al desmonte, aunque en menor proporción con respecto la densidad estimada de su población existente en la superficie de cambio de uso de suelo; no obstante, esa disminución se ve compensada con la densidad poblacional de esas mismas especies que subsisten dentro de las áreas que se conservan con vegetación natural en las inmediaciones del predio, y más aún, con la población que existe en la microcuenca, por lo que su población se mantiene estable a pesar de las pérdidas ocurridas durante el desmonte. En sentido de lo anterior, las medidas que favorecen la estabilidad de la población son: el rescate de flora; la instalación de letreros; el desmonte gradual; las pláticas ambientales, la conservación de áreas en estado natural y la supervisión del cambio de uso de suelo. En las siguientes figuras se muestra abundancia de especies respecto a la microcuenca y a la superficie propuesta para llevar a cabo el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

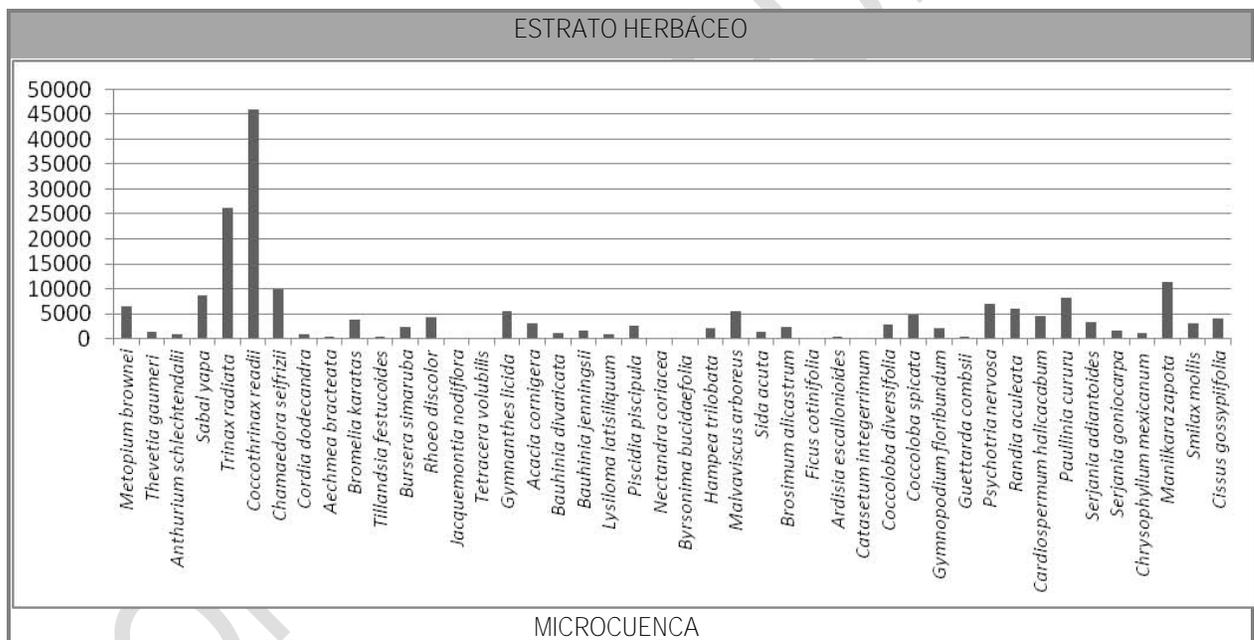
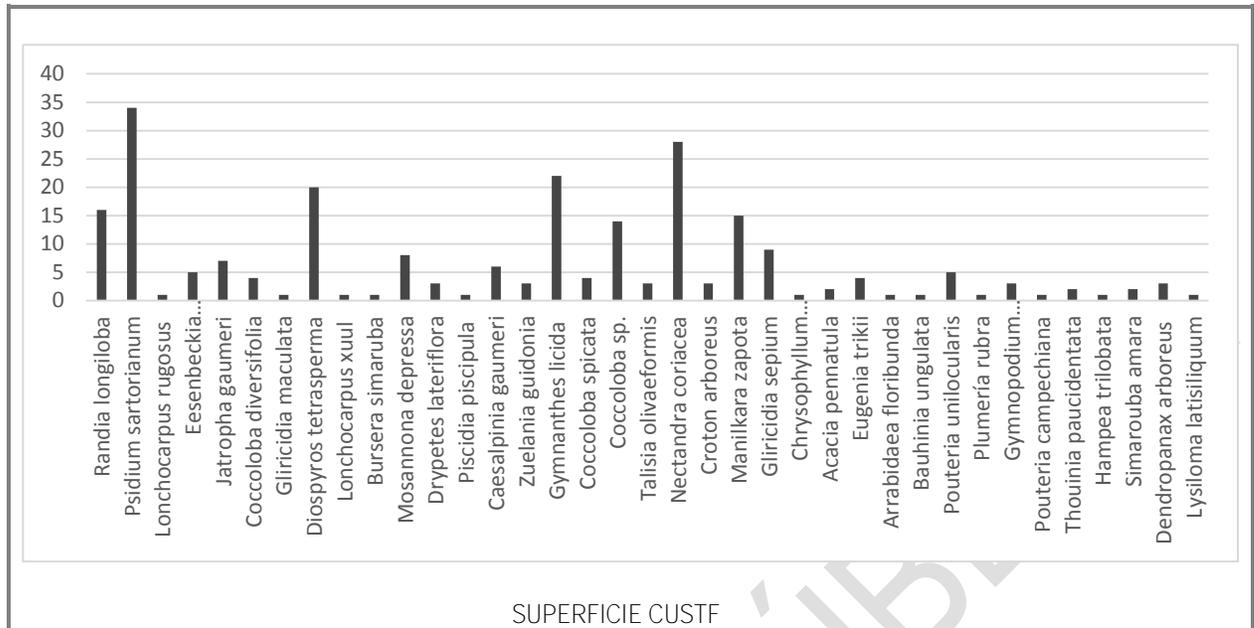


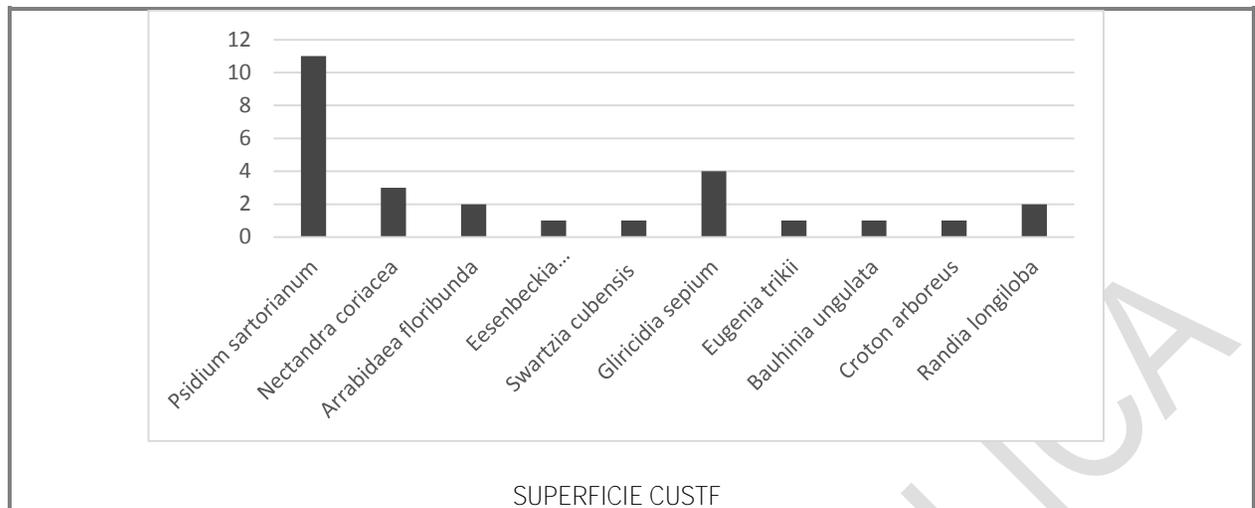


SUPERFICIE CUSTF



MICROCUENCA





Por otra parte, considerando los resultados de los valores de biodiversidad estimados mediante el índice de Shannon-Wiener, en los capítulos IV y V del presente estudio, se demuestra técnicamente que no se compromete la biodiversidad a nivel de los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo, de acuerdo con lo siguiente:

- ✓ Los datos de la vegetación de Selva mediana subperennifolia que existe en la microcuenca, ostentan una biodiversidad relativamente alta en cuanto a especies de flora se refiere, ya que en todos los estratos de la vegetación se encuentran por arriba de los 4.3 puntos, por lo que tomando en cuenta que de acuerdo con el índice de Shannon – Wiener (1949), el valor máximo suele estar cerca de 5, y a mayor valor del índice indica una mayor biodiversidad del ecosistema, y
- ✓ Los datos de la vegetación de Selva mediana subperennifolia en la superficie de cambio de uso de suelo, también ostentan una biodiversidad relativamente alta para todos sus estratos; no obstante es inferior que la mostrada en la microcuenca debido a que para el sitio del proyecto sólo el estrato arbóreo alcanzó un valor superior a los 3.5 bits/ind contrario a lo ocurrido en la microcuenca en donde todos estratos superaron dicho valor.

Haciendo un análisis comparativo entre los valores obtenidos en el predio testigo de la microcuenca, con aquellos resultantes de la superficie de cambio de uso de suelo, se obtiene lo siguiente:

ESTRATOS	MICROCUECA	SUPERFICIE DE CUSTF
	ÍNDICE DE DIVERSIDAD	
Arbóreo	4.67	3.62
Arbustivo	4.55	4.35
Herbáceo	4.32	2.72

Ante lo ya expuesto, tenemos que la vegetación que se desarrolla en la microcuenca es más diversa que la vegetación que se desarrolla en la superficie de CUSTF en todos sus estratos, lo cual resulta importante, puesto que indica que cuenta con individuos parentales y a su vez presenta procesos de regeneración natural de las especies; por lo tanto, resulta más importante la vegetación que se conservará en la microcuenca, que aquella que será removida de la superficie de CUSTF; lo que da como consecuencia que no se comprometa la biodiversidad a nivel de la microcuenca.

» Fauna silvestre:

- Conservación a nivel de especies.

Con el cambio de uso de suelo las especies de fauna son sólo desplazadas a otros sitios mejor conservados, principalmente aquellas de rápido desplazamiento como las aves, los mamíferos y algunos reptiles, por lo que poseen sus propios medios para encontrar refugio ante la inminente perturbación y pérdida de su hábitat. No obstante lo anterior, el proyecto contempla llevar a cabo un rescate de fauna que incluye a todas y cada una de las especies registradas durante el inventario faunístico, a través de técnicas y medidas específicas que permiten asegurar su integridad física. Posteriormente los individuos rescatados son liberados dentro de áreas aledañas mejor conservadas y que poseen las mismas características y especificaciones de hábitat que el sitio de donde son extraídos; y se complementa con un monitoreo que permite determinar la sobrevivencia de los ejemplares liberados y la dinámica de la población posterior al cambio de uso de suelo. En sentido de lo anterior, ningún ejemplar de fauna silvestre se ve afectado con el desmonte; y por ende, ninguna especie se pierde con el cambio de uso de suelo. Asimismo, resulta importante mencionar que las especies que fueron registradas en la superficie de cambio de uso de suelo, y que se verán afectadas por el proyecto, son muy similares (excepto 2) a las especies que se distribuyen dentro de la microcuenca y por lo tanto se mantiene la riqueza de especies y por ende la biodiversidad a nivel de especies. Cabe señalar que estas dos especies corresponden al grupo de las aves; con lo que se anticipa que no tendrán mayor problema en abandonar el sitio al ser ahuyentadas hacia Otras medidas que favorecen la conservación son: la instalación de letreros; el desmonte gradual; las pláticas ambientales, la conservación de áreas en estado natural y la supervisión del cambio de uso de suelo, entre otras.

En la tabla siguiente se aprecia la riqueza de especies por unidad de análisis. Cabe señalar que todas las especies presentes en el área sujeta al CUSTF serán ahuyentadas y en su caso rescatadas.

AVES		HERPETOFAUNA		MAMÍFEROS	
CUSTF	Microcuenca	CUSTF	Microcuenca	CUSTF	Microcuenca
<i>Amazilia yucatanensis</i>	<i>Amazilia yucatanensis</i>	<i>Ameiva undulata</i>	<i>Ameiva undulata</i>	<i>Agouti paca</i>	<i>Agouti paca</i>
	<i>Amazona albifrons</i>	<i>Anolis sagrei</i>	<i>Anolis sagrei</i>		<i>Artibeus intermedius</i>
	<i>Amazona xantholora</i>	<i>Anolis tropidonotus</i>	<i>Anolis tropidonotus</i>		<i>Artibeus jamaicensis</i>
<i>Aratinga nana</i>	<i>Aratinga nana</i>		<i>Basiliscus vittatus</i>	<i>Dasybus novemcinctus</i>	<i>Dasybus novemcinctus</i>
<i>Buteo magnirostris</i>	<i>Buteo magnirostris</i>		<i>Boa constrictor</i>	<i>Didelphis virginiana</i>	<i>Didelphis virginiana</i>
	<i>Cathartes aura</i>	<i>Bufo marinus</i>	<i>Bufo marinus</i>		<i>Heteromys gaureri</i>
	<i>Chlorostilbon canivetii</i>		<i>Bufo valliceps</i>	<i>Nasua narica</i>	<i>Nasua narica</i>
<i>Columbina talpacoti</i>	<i>Columbina talpacoti</i>		<i>Cnemidophorus angusticeps</i>		<i>Odocoileus virginianus</i>
	<i>Contopus virens</i>		<i>Ctenosaura similis</i>		<i>Pecari tajacu</i>
	<i>Coragyps atratus</i>		<i>Drymobius margaritiferus</i>	<i>Sciurus yucatanensis</i>	<i>Sciurus yucatanensis</i>
<i>Cyanocorax inca</i>	<i>Cyanocorax inca</i>		<i>Eleutherodactylus yucatanensis</i>		<i>Sylvilagus floridanus</i>
<i>Cyanocorax morio</i>	<i>Cyanocorax morio</i>		<i>Anolis cristatellus</i>		<i>Urocyon cinereoargenteus</i>
	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>		<i>Oxybelis aeneus</i>		
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	<i>Cyclarhis gujanensis</i>		<i>Oxybelis fulgidus</i>		
<i>Dives dives</i>	<i>Dives dives</i>		<i>Rhinoclemmys areolata</i>		

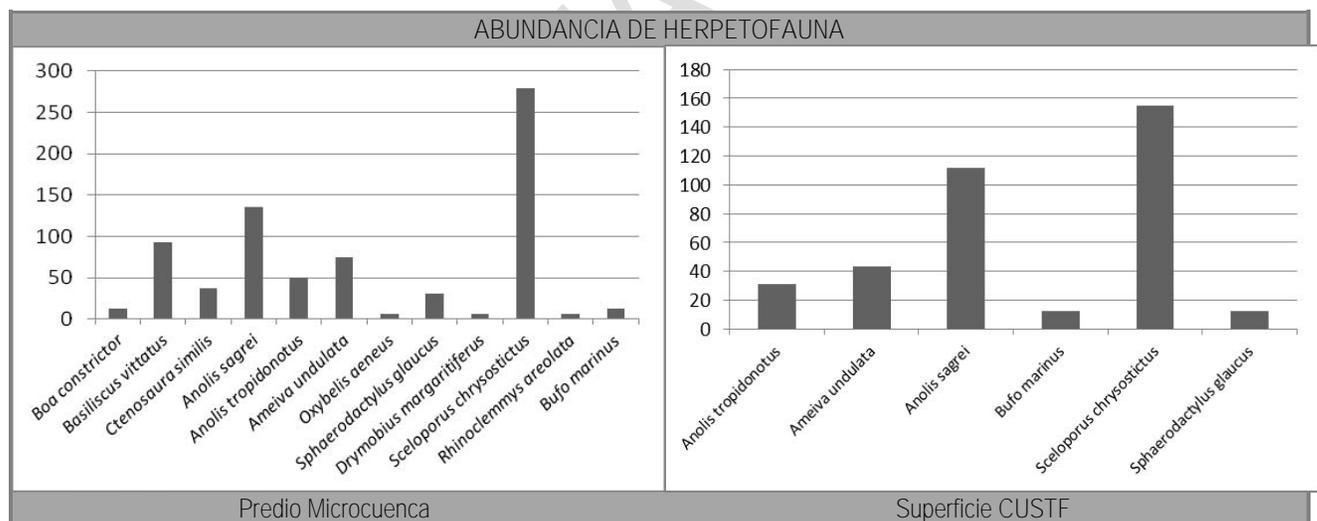
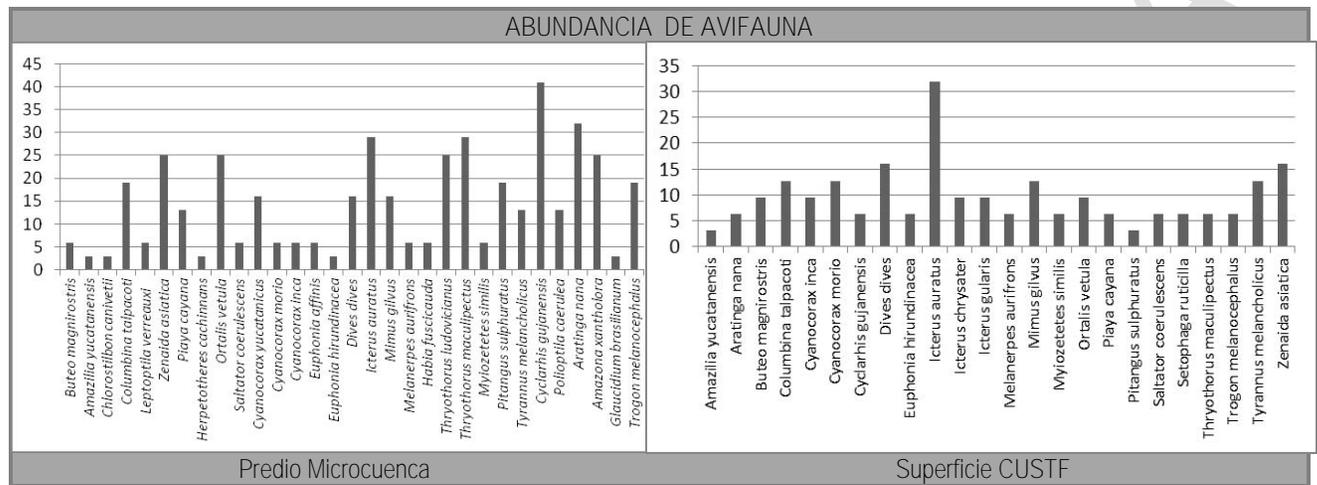
AVES		HERPETOFAUNA		MAMÍFEROS	
CUSTF	Microcuenca	CUSTF	Microcuenca	CUSTF	Microcuenca
	<i>Eumomota superciliosa</i>	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	<i>Sceloporus chrysostictus</i>		
	<i>Euphonia affinis</i>	<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	<i>Sphaerodactylus glaucus</i>		
<i>Euphonia hirundinacea</i>	<i>Euphonia hirundinacea</i>				
	<i>Falco peregrinus</i>				
	<i>Glaucidium brasilianum</i>				
	<i>Habia fuscicauda</i>				
	<i>Herpetotheres cachinnans</i>				
<i>Icterus auratus</i>	<i>Icterus auratus</i>				
	<i>Icterus cucullatus</i>				
<i>Icterus chrysater</i>					
<i>Icterus gularis</i>	<i>Icterus gularis</i>				
	<i>Leptoptila verreauxi</i>				
	<i>Leptotila cassini</i>				
<i>Melanerpes aurifrons</i>	<i>Melanerpes aurifrons</i>				
<i>Mimus gilvus</i>	<i>Mimus gilvus</i>				
	<i>Myiarchus yucateensis</i>				
	<i>Myiodynastes luteiventris</i>				
<i>Myiozetetes similis</i>	<i>Myiozetetes similis</i>				
<i>Ortalis vetula</i>	<i>Ortalis vetula</i>				
<i>Playa cayana</i>	<i>Playa cayana</i>				
<i>Pitangus sulphuratus</i>	<i>Pitangus sulphuratus</i>				
	<i>Polioptila caerulea</i>				
	<i>Quiscalus mexicanus</i>				
<i>Saltator coerulescens</i>	<i>Saltator coerulescens</i>				
<i>Setophaga ruticilla</i>					
	<i>Thryothorus ludovicianus</i>				
<i>Thryothorus maculipectus</i>	<i>Thryothorus maculipectus</i>				
<i>Trogon melanocephalus</i>	<i>Trogon melanocephalus</i>				
<i>Tyrannus melancholicus</i>	<i>Tyrannus melancholicus</i>				
	<i>Vireo magister</i>				
<i>Zenaida asiatica</i>	<i>Zenaida asiatica</i>				

- Conservación a nivel de poblaciones.

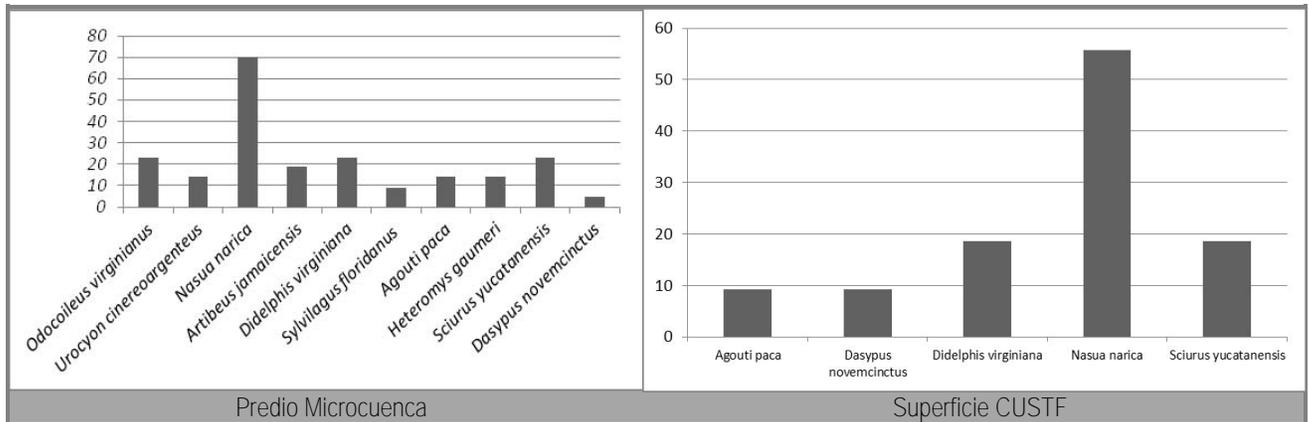
Continuando bajo el argumento citado en el apartado anterior respecto a la conservación de fauna a nivel de especie y considerando las medidas también citadas, se reitera el hecho de que ningún ejemplar de fauna silvestre se verá afectado con el desmonte; y por ende, sus poblaciones no disminuirán con el proyecto puesto que no existirá mortandad a nivel de individuos. Se prevé que la densidad poblacional se mantendrá con la población existente en la microcuenca, por lo que su población se mantiene estable a pesar de las afectaciones indirectas propiciadas por el desmonte. En sentido de lo anterior, las medidas que favorecen la estabilidad de

la población son: el rescate de flora; la instalación de letreros preventivos; el desmonte gradual; las pláticas ambientales; la conservación de áreas en estado natural y la supervisión del cambio de uso de suelo.

Es necesario mantener presente que los datos obtenidos para la microcuenca sólo representan un fragmento de ésta contrario a lo que sucede en el predio de interés en donde se obtuvieron los datos de casi toda su superficie; por lo que muy seguramente en la totalidad de la microcuenca la diversidad y abundancia será mucho mayor. A continuación, se presenta un análisis basado en el número de individuos por especies para los datos registrados en el predio testigo de la microcuenca y en la superficie de CUSTF del terreno forestal de interés.



ABUNDANCIA DE MAMÍFEROS



Por otra parte, considerando los valores de biodiversidad estimados mediante el índice de Shannon-Wiener en los capítulos IV y V del presente estudio, se demuestra técnicamente que no se compromete la biodiversidad para ningún grupo faunístico, toda vez que:

- Los valores de biodiversidad obtenidos para la fauna asociada al ecosistema de Selva mediana subperennifolia que existe en la microcuenca, considerando el polígono estudiado, ostenta una biodiversidad alta en cuanto a especies de aves se refiere, ya que el índice de Shannon – Wiener (1949) alcanza un valor de $H= 4.60$; y tomando en cuenta que de acuerdo con dicho índice, el valor máximo suele estar cerca de 5, indicando una mayor biodiversidad del ecosistema. Caso contrario a lo que ocurre con los grupos de herpetofauna ($H= 2.72$) y mamíferos ($H= 2.96$), en donde el índice alcanzó un valor cercano a 3, lo que indica que su biodiversidad en el ecosistema es de moderada y por tanto con poca relevancia, y
- Los valores de biodiversidad obtenidos para la fauna asociada al ecosistema de Selva mediana subperennifolia que existe en la superficie de cambio de uso de suelo presentan un patrón de comportamiento semejante en cuanto a aves se refiere, pues al igual estas representan el grupo con valores más elevados ($H= 4.37$); mientras que los grupos de herpetofauna ($H= 2.04$) y mamíferos ($H= 1.95$) arrojaron valores menores al 2.1, con lo que se concluye que la biodiversidad del predio de interés es de moderada a baja.

	MICROCUECA	SUPERFICIE DE CUSTF
GRUPO FAUNÍSTICO	ÍNDICE DE DIVERSIDAD	
Aves	4.60	4.37
Herpetofauna	2.72	2.04
Mamíferos	2.96	1.95

Considerando lo anterior tenemos que la fauna que se desarrolla en la microcuenca es ligeramente más diversa en todos los grupos faunísticos en relación con los que se desarrollan en la superficie de CUSTF, principalmente a nivel del grupo de mamíferos, sin embargo, dichos datos también sustentan que el nivel de biodiversidad que existe en la microcuenca es similar al nivel de biodiversidad de la superficie de CUSTF, por lo tanto, para que dicho riesgo exista, tendría que ser la fauna de la microcuenca la menos diversa y la fauna de la superficie de CUSTF la más diversa, situación que no ocurre para este proyecto de acuerdo con éste análisis.

- Análisis a nivel de ecosistema:

Por lo que toca al análisis a nivel ecosistema, como se mencionó en el capítulo anterior, los procesos ecológicos fundamentales del ecosistema en donde se ubica el proyecto no se ponen en riesgo debido a los siguientes argumentos:

Proceso ecológico	Análisis
Ciclo del agua	El ciclo del agua se mantiene, toda vez la mayor parte de la superficie total del terreno se mantendrá en estado permeable. Asimismo, dadas las características de suelo, se advierte que en dicha superficie se dará el libre el flujo de agua de la superficie al subsuelo al no existir elementos que lo obstaculicen, favoreciendo con ello la recarga del acuífero, para descargar posteriormente en el mar y de ahí regresar a la atmósfera por evaporación para continuar el ciclo. Las medidas que favorecen este proceso ecológico en el ecosistema son la conservación de áreas verdes naturales, la instalación de letreros, el desmonte gradual, las pláticas ambientales y la supervisión del cambio de uso de suelo.
Ciclos de nutrientes	Los elementos químicos que constituyen a las materias primas forestales como el carbono, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, potasio, calcio, fósforo, azufre y otros, son liberados a la atmósfera debido a la descomposición orgánica del material vegetal resultante del desmonte; sin embargo, el ciclo de nutrientes se mantiene en las áreas que permanecerán con vegetación y que representarán más del 80% de la superficie total; lo que permitirá que la captura de carbono y otros elementos químicos continúen con el ciclo de nutrientes en el ecosistema, ya que las plantas tomarán bióxido de carbono de la atmósfera y lo convertirán en carbohidratos y de esta forma gran parte quedará almacenado en las áreas verdes que contempla el proyecto y en el suelo. La única manera de alterar o eliminar el ciclo de nutrientes, sería removiendo la superficie total de vegetación de la microcuenca. Las medidas propuestas que favorecen este proceso ecológico son: la conservación de áreas verdes naturales; el rescate del suelo; el uso del material vegetal producto del desmonte; las pláticas ambientales; y la supervisión del cambio de uso de suelo.
Flujo de energía	La merma de dicho proceso sólo ocurrirá en el 3.3% de la superficie total del terreno, en donde se llevará a cabo la remoción total de la vegetación. Lo antes mencionado se asevera considerando que restante de la superficie del terreno se mantendrá con cubierta vegetal natural, es decir, se mantendrán en pie los productores primarios que transforman la energía del sol en energía química a través de la fotosíntesis y permitirán la subsistencia del resto de los eslabones de la cadena trófica. Al respecto, si bien el flujo de energía continúa dada dicha condición, la cadena trófica sufrirá leves modificaciones toda vez que al reducirse el hábitat habrá más competencia por espacio y captación de nutrientes; no obstante, el proceso ecológico no se pierde en virtud de que los eslabones tróficos continúan. Respecto a las medidas que propone el proyecto para favorecer el flujo de energía y que fueron descritas en el capítulo correspondiente, encontramos las siguientes: Las medidas que favorecen este proceso ecológico son el rescate de flora y fauna; la conservación de áreas verdes; la instalación de letreros; desmonte gradual; pláticas ambientales; y la supervisión del cambio de uso de suelo.
Sucesión	Evidentemente el proceso se verá disminuido por la puesta en marcha del proyecto, pues aunque con el cambio de uso de suelo ocurrirán cambios en la vegetación en distintos niveles de sucesión derivados de la remoción de la vegetación, tanto parcial como total; y por lo tanto, dicha posibilidad se perderá durante toda la vida útil del proyecto, en una superficie donde la vegetación será sustituida totalmente, sin embargo el proceso sólo disminuye y no se pierde por completo ya que dentro del predio se conservará más de 96.7 % de su superficie en estado natural. Las medidas que favorecen este proceso ecológico son: la conservación de áreas verdes naturales, la reforestación; la instalación de letreros; las pláticas ambientales; el desmonte gradual; y la supervisión del cambio de uso de suelo.

En resumen se puede concluir que con el cambio de uso de suelo no se ponen en riesgo la biodiversidad a nivel del ecosistema, ya que no se pierden los procesos ecológicos que lo caracterizan (ciclo del agua, ciclo de nutrientes, flujo de energía y sucesión), conforme a los argumentos arriba citados; No obstante, únicamente se verán mínimamente reducidos dentro de la superficie que ocupa el predio del proyecto.

No se provocará la erosión de los suelos

El cambio de uso de suelo propuesto, necesariamente implica la pérdida del suelo dentro de la superficie de aprovechamiento que estará destinada a la construcción de obras permanentes, principalmente por el desmonte; lo que trae como consecuencia los siguientes impactos tales como la reducción del suelo y contaminación del medio. Ante dicha premisa, el proyecto considera una serie de medidas para prevenir o contrarrestar las repercusiones al medio, mismas que se describen en el apartado correspondiente del presente estudio; entre ellas, podemos citar: humedecimiento de las áreas de aprovechamiento, programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos, colocación de contenedores para el acopio y almacenamiento de residuos, instalación de sanitarios móviles, mantenimiento y uso adecuado de la maquinaria, aprovechamiento del material vegetal, desmonte gradual, pláticas ambientales y supervisión del cambio de uso de suelo.

En un pronóstico del escenario que comprende la ejecución del proyecto acompañado de las medidas señaladas en los numerales anteriores, se espera un comportamiento de la flora y fauna estable, tal como se describe a continuación:

De acuerdo con los cálculos realizados en capítulos anteriores del presente documento, la erosión neta para el predio sin el proyecto es de 1.35 Ton/ha/año; lo que significa que anualmente se pierde una lámina de suelo de 0.13 mm; por el contrario, la erosión potencial calculada con el proyecto es de 179 t/ha/año sin prácticas de conservación; lo que significa que anualmente se perdería una lámina de suelo de 17.9 mm.

En sentido de lo anterior tenemos que la pérdida del suelo por erosión con la implementación del proyecto se incrementaría en 17.7 mm (17.9 - 0.13) en una superficie desprovista de vegetación; sin embargo, esa pérdida está estimada en forma anual, lo que significa que se perderían dichos mm de suelo en 365 días; por lo tanto, si consideramos que el suelo sólo estará expuesto a las condiciones del clima (viento y lluvia) en un período máximo de 10 días posterior al desmonte (gradual), ya que después de ese lapso de tiempo se procederá a iniciar con las siguientes etapas del proyecto, entonces tenemos que la pérdida efectiva del suelo por erosión será de 0.48 mm ($17.7 \text{ mm} * 10 / 365$), es decir, la pérdida se incrementaría en 0.35 mm (0.48 - 0.13); y si a esto le agregamos las medidas preventivas y de mitigación arriba señaladas y que se describieron en apartados anterior, entonces podemos concluir que este servicio ambiental no se pone en riesgo con el cambio de uso de suelo propuesto.

Aunado a lo anterior, es importante mencionar las áreas naturales del predio actuarán como barreras para impedir la erosión del suelo por la acción de la lluvia y el viento; no obstante dicho impacto será mitigado con el rescate de la capa de suelo fértil para ser integrada a las áreas que serán reforestadas (otra medida contemplada para prevenir la erosión); para el mantenimiento de plantas rescatadas en vivero y para el mejoramiento del suelo dentro de las áreas de conservación; por lo que se concluye categóricamente que el proyecto no provocará la erosión de los suelos dentro de la superficie de CUSTF y mucho menos a una escala mayor entendiéndose por ello la cuenca o microcuenca.

No se provocará el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación

En cantidad

Considerando los cálculos realizados de la estimación de captura de agua en la superficie de cambio de uso de suelo, se tiene que dentro de ella se capta un volumen de 1,783.86 m³/m² anuales, y se pierden 6,005.94 m³/m² anuales por escurrimiento.

Por otra parte, considerando una estimación de volúmenes de infiltración de agua en la microcuenca, se tomó como base la información del inventario forestal de la superficie de CUSTF y el valor promedio de precipitación anual para la zona donde se ubica. Se consideró el supuesto del modelo que refiere que bosques con volúmenes superiores a 190 m³/ha son bosques con más del 75% de cobertura (Torres y Guevara, 2002), suponiendo que en la superficie de CUSTF el volumen es de 127.04 m³ en 0.4 hectáreas, lo que significa que habría un volumen forestal de **15'662,731.110** m³ en 123,289.76 ha de selva mediana subperennifolia que existe en la microcuenca definida en el capítulo IV.

Considerando lo señalado anteriormente, tenemos que el valor de P (precipitación media anual) de la estación de Playa del Carmen es de 1,475.5mm en promedio y el valor de K es de 0.24, considerando que la microcuenca se ubica en una zona tropical y por ende, los suelos tropicales son de tipo C; y dado que el volumen de la masa forestal es superior a 190 m³/ha (cobertura mayor al 75%).

Cobertura del bosque	Tipos de suelo		
	A	B	C
Más del 75 %	0.07	0.16	0.24

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

$$C_e = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5 \text{ (ya que el valor de } K \text{ es superior a } 0.15)$$

$$C_e = (0.24) (1,475.5-250) / 2000 + (0.24-0.15) / 1.5$$

$$C_e = (0.24) (1,225.5 / 2000) + (0.09 / 1.5)$$

$$C_e = (0.24) (0.61275) + 0.06$$

$$C_e = 0.14706 + 0.06$$

$$C_e = 0.207$$

Entonces tenemos que el coeficiente de escurrimiento (C_e) en la microcuenca es de 0.207.

Para calcular el escurrimiento medio anual, es necesario conocer el valor de la precipitación media, el área de drenaje y su coeficiente de escurrimiento. La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$V_e = P * A_t * C_e$$

Donde:

V_e = Volumen medio anual de escurrimiento (m³)

A = Área total microcuenca (m²)

C = Coeficiente de escurrimiento anual

P = Precipitación media anual (m³)

De acuerdo con los sistemas de conversión, 1 mm equivale a 1 litro de agua por cada metro cuadrado, es decir, si se vierte 1 litro de agua en un metro cuadrado, la altura que alcanza es de 1 mm. Entonces tenemos que 1,475.5 mm de precipitación media anual, equivalen a 1,475.5 litros de agua por metro cuadrado. Asimismo,

tenemos que 1000 litros de agua equivalen a 1 m³, por lo tanto, tenemos que 1,475.5 litros equivalen a 1.47 m³ de agua.

Sustituyendo los valores a partir de la ecuación antes citada, resultó lo siguiente:

$$\begin{aligned}Ve &= P * At * Ce \\Ve &= 1.47 \text{ m}^3 * 1,232,897,600 \text{ m}^2 * 0.207 \\Ve &= 375,158,410.704 \text{ m}^3/\text{m}^2\end{aligned}$$

Por otra parte, el volumen de infiltración puede estimarse con la siguiente ecuación (Aparicio, 2006):

$$I = P - Ve$$

Donde:

I: Volumen estimado de infiltración en el área de interés (m³)

P: Precipitación media anual en el área de interés (m³) * superficie de la microcuenca (m²)

E: Volumen estimado de escurrimiento en el área de interés (m³/m²)

Sustituyendo los valores en la ecuación, obtenemos lo siguiente:

$$\begin{aligned}I &= P - Ve \\I &= (1.47 \text{ m}^3) (1,232,897,600 \text{ m}^2) - 375,158,410.704 \text{ m}^3/\text{m}^2 \\I &= 1,437,201,061.296 \text{ m}^3/\text{m}^2\end{aligned}$$

Considerando los cálculos realizados en los apartados anteriores, podemos concluir que actualmente en la microcuenca se capta un volumen de 1,437,201,061.296 m³/m² anuales, y se pierden 375,158,410.704 m³/m² anuales por escurrimiento; por lo tanto, se puede concluir categóricamente, que el cambio de uso de suelo no compromete la cantidad de agua que se capta en la microcuenca, puesto que las pérdidas estimadas por el cambio de uso de suelo con el proyecto no representa valores ni cercanos al 0.01% del volumen total de agua captado en la microcuenca.

En calidad

Para no comprometer la calidad del acuífero subterráneo, y por lo tanto, evitar que se ponga en riesgo el servicio ambiental del ecosistema relacionado con la provisión de agua en calidad, el proyecto tiene contemplado llevar a cabo una serie de acciones que permitirán prevenir y en su caso, evitar la contaminación del acuífero, las cuales se describen a continuación:

Medida 1. En ninguna etapa del proyecto se promoverá el uso de pozos domésticos para la extracción de agua subterránea, lo cual evitará que se descompense la recarga del acuífero por la extracción de agua "dulce".

Medida 2. Se contará con un equipo de respuesta rápida ante un derrame accidental de hidrocarburos por uso de maquinaria; con la finalidad de prevenir la contaminación del acuífero derivado de sustancias potencialmente contaminantes.

Medida 3. Se instalarán sanitarios portátiles tipo "Sanirent" durante el cambio de uso del suelo, a razón de 1 por cada 10 trabajadores, con lo cual se evitará la micción y defecación al aire libre, y en consecuencia se

estará evitando la contaminación del acuífero por el vertimiento de aguas residuales directamente al suelo sin previo tratamiento. Cabe mencionar que las aguas residuales que se generen en los sanitarios, serán retiradas del predio por la empresa prestadora del servicio, con lo que se garantiza que existirá un correcto manejo, retiro y disposición final de dichos residuos.

Medida 4. Se instalarán contenedores herméticamente cerrados para el almacenamiento temporal de residuos sólidos urbanos, con la finalidad de llevar un estricto control sobre dichos residuos en la obra, evitando de esta manera que se generen lixiviados que pudieran derramarse al suelo y por ende, penetrar el subsuelo y contaminar el acuífero.

Medida 7. En caso de que el proyecto futuro contemple el uso de instalaciones hidráulicas, se promoverán aquellas **ahorradoras de agua, basadas en la “Guía Metodológica para el Uso de Tecnologías Ahorradoras de energía y agua en las viviendas de interés social en México”, publicado por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática**, en donde se presentan ahorros estimados para viviendas habitadas por 4 o 5 personas. Entre las tecnologías ahorradoras de agua que contempla el proyecto, se citan las siguientes:

- ✓ Sistema dual para WC, que permite el ahorro de agua por medio de un sistema que usa 3 litros para descargas líquidas y 6 litros para sólidos. Entre las ventajas de esta tecnología se encuentran la no corrosión, no fugas, 1 válvula de descarga y 1 válvula de llenado. Este sistema permitirá el ahorro mensual de \$25.13 pesos mexicanos, 10.56 m³ de agua al mes y evitará la emisión de 0.001493 toneladas de CO₂ al mes.
- ✓ Cebolleta con obturador integrado para regadera, el cual contará con una cabeza giratoria para el ahorro de agua durante el enjabonado y flujo de 9 litros por minuto. Este sistema permitirá el ahorro mensual de \$25.49 pesos mexicanos, 4.95 m³ de agua al mes y evitará la emisión de 0.001493 toneladas de CO₂ al mes.
- ✓ Perlizadores, conocidos como dispersores que incrementan la velocidad de salida versus la disminución de área hidráulica y al agua de salida. Este sistema permitirá el ahorro mensual de \$23.79 pesos mexicanos, 4.62 m³ de agua al mes y evitará la emisión de 0.001493 toneladas de CO₂ al mes.
- ✓ Llaves ahorradoras de agua. Este sistema permitirá el ahorro mensual de \$53.5 pesos mexicanos, 20.13 m³ de agua al mes y evitará la emisión de 4.47 kg de CO₂ al mes.

Con las medidas antes descritas, se prevé que el proyecto no será una fuente generadora de agentes potencialmente contaminantes del acuífero; no ocasionará la intrusión de la cuña salina; y de ser el caso, en un se promoverá la utilización de sistemas ahorradores de dicho recurso; por lo que se puede concluir que el cambio de uso de suelo propuesto, no pone en riesgo la prestación del servicio ambiental de captación de agua en calidad

JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Los usos alternativos del suelo que se proponen son más productivos a largo plazo

Actualmente el predio no presenta un uso que genere ingresos económicos, sin embargo, mediante la valoración económica de los recursos biológicos que presta la fracción de terreno sujeta al cambio de uso de suelo, se puede concluir que el valor económico del mismo es de \$83,895.87 el cual se considera menor en relación a la inversión requerida para la funcionalidad e implementación del proyecto, ya que para el mismo se

requerirá de un monto mayor entre rubros que van desde los gastos de mano de obra, renta de equipo y adquisición de insumos, hasta los pagos de permisos ambientales, entre otros.

No obstante lo anterior, es de señalarse que el proyecto que se propone se refiere exclusivamente al cambio de uso de suelo en terrenos forestales, a través de la remoción total de vegetación forestal correspondiente a Selva mediana subperennifolia lo que represente una inversión de aproximadamente un millones de pesos, es importante considerar la derrama económica final del predio del proyecto en relación a su potencial ecoturístico; mismo que corresponde al índole de los diez millones de pesos, sin considerar aun inversión alguna respecto a la operación del mismo (empleados fijos y temporales, mantenimiento, servicios, etc.), además de la cantidad de personas que se verán beneficiadas durante las diferentes etapas; con lo que podemos anticipar que el nuevo uso propuesto es económicamente más redituable que el actual.

JUSTIFICACIÓN SOCIAL

En éste punto es importante mencionar que el predio del proyecto se ubica en una zona con alto potencial para el desarrollo ecoturístico de la Ciudad de Playa del Carmen y la Riviera Maya, en particular se ubica dentro de una zona regulada por los lineamientos establecidos en el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, y aquellos establecidos en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Solidaridad; los cuales determinan, con base en caracterizaciones ambientales y diagnósticos previos, cuales son los sitios donde se pueden realizar actividades productivas y de servicios, y aquellos donde sólo es posible la conservación de los recursos naturales debido a la fragilidad de los ecosistemas presentes.

Para la superficie que se somete a evaluación por CUSTF, se advierte que la misma se encuentra comprendida **dentro de la Unidad de Gestión Ambiental 5 denominada “Corredor Cárstico” establecida por el POEL** en comento, misma que tiene destinada la superficie de interés a usos condicionados dentro de los que se establece, entre otros, el que se pretende alcanzar con el proyecto (ecoturístico). En tanto a las regulaciones que implica el PDU, este destina la superficie de CUSTF para el uso de suelo de zona ecoturística permitiendo el desmonte del 15% del predio; con lo que se anticipa que ambos instrumentos tienen contemplado el proyecto ecoturístico que se propone a futuro y para lo cual es necesario el CUSTF que se somete a evaluación.

Una vez que se corrobora que las actividades propuestas son acordes a los instrumentos legales, debemos considerar que para que éstos definirán el uso de suelo que nos ocupa, fueron necesarios una serie de análisis y estudios tanto ambientales como sociales, por lo que previamente se dedujo que los usos de suelo a los cuales ha sido destinado el predio, son más redituables que el hecho de mantener al 100% con su vegetación en estado natural.

Por su parte, el proyecto proporcionará espacios naturales en donde se podrán realizar actividades recreativas y de educación ambiental; aportando un beneficio a la sociedad al proporcionar espacios con vegetación y con mínimas afectaciones para el desarrollo familiar, recreativo y cultural en armonía con el medio ambiente.

Por último, no hay que dejar de mencionar la oferta de empleo que generará el proyecto, puesto que sus dimensiones permiten estimar que se producirán 60 empleos temporales y 23 empleos permanentes, sólo para la etapa de cambio de uso de suelo que se propone en el presente estudio; y adicionalmente se tiene contemplada la generación de otros 50 empleos adicionales de tipo temporal y 25 empleos permanentes durante la etapa operativa; por lo que en total se estarían generando 110 empleos temporales y 48 empleos permanentes (158 en total), lo que a su vez tendrá un impacto social y económico en algunas de las familias de la localidad a través de la oferta de empleo que se estima generar.

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO
EN TERRENOS FORESTALES
MODALIDAD A

Capítulo 13

DATOS DE INSCRIPCIÓN EN EL
REGISTRO DE LA PERSONA QUE HAYA
FORMULADO EL ESTUDIO Y, EN SU
CASO, DEL RESPONSABLE DE DIRIGIR
LA EJECUCIÓN

JUNIO DE 2016

ECLIPZEN

NOMBRE Y FIRMA DE LA PERSONA QUE FORMULÓ EL ESTUDIO

Datos protegidos por la LFTAIPG.

NÚMERO DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO FORESTAL NACIONAL DEL PRESTADOR DE SERVICIOS TÉCNICOS FORESTALES EMITIDO POR LA SEMARNAT

Datos protegidos por la LFTAIPG.

Datos protegidos por la LFTAIPG.

REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES DEL PRESTADOR DE SERVICIOS TÉCNICOS FORESTALES

Datos protegidos por la LFTAIPG.

DIRECCIÓN DEL RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO

Datos protegidos por la LFTAIPG.

NOMBRE DEL RESPONSABLE PARA DIRIGIR LA EJECUCIÓN DEL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO

Datos protegidos por la LFTAIPG.

CONSULTA PÚBLICA

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO
EN TERRENOS FORESTALES
MODALIDAD A

Capítulo 14

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

JUNIO DE 2016

CONSULTA PÚBLICA

ECLIPZEN

De la información de los Capítulos 4 y 5 del presente estudio, se desprende que el cambio de uso de suelo afectará vegetación de Selva mediana subperennifolia, fuera de la zona costera del Estado de Quintana Roo, y sin la presencia de ecosistemas frágiles o excepcionales como los manglares, matorrales costeros y dunas costeras. Por lo tanto y en virtud de lo anterior, le son aplicables diversos preceptos legales contenidos en la LGEEPA, en su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental; en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable; el Programa de Ordenamiento Ecológico y aquellos establecidos en el Programa de Desarrollo Urbano aplicable tal como se indica a continuación.

LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE

En apego a lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en su Artículo 28, fracción VII; que indica que los cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas, deberán ser sometidos al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental ante la autoridad ambiental correspondiente; es que se somete ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, quien es la autoridad competente en la materia, el presente Documento Técnico Unificado, en su modalidad A, para que sea evaluado de conformidad con lo dispuesto por los Artículos 35 y 35 BIS de la LGEEPA; solicitando la autorización para el cambio de uso de suelo en áreas forestales.

REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

En apego a lo dispuesto por el Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, en su Artículo 5, inciso O), que indica que el 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, deberán ser sometidos al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental ante la autoridad ambiental competente.

Por lo anterior se somete ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, quien es la autoridad competente en la materia, el presente Documento Técnico Unificado, en su modalidad A, correspondiente al proyecto, para que sea evaluado en Materia de Impacto Ambiental de conformidad con lo dispuesto por el artículo 49 del instrumento normativo en cita; solicitando la autorización en materia de Impacto Ambiental para el cambio de uso del suelo en áreas forestales.

LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, en su Artículo 117 establece que la Secretaría sólo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos que demuestren que no se compromete la biodiversidad, ni se provocará la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación; y que los usos alternativos del suelo que se propongan sean más productivos a largo plazo. Estos estudios se deberán considerar en conjunto y no de manera aislada.

No se podrá otorgar autorización de cambio de uso de suelo en un terreno incendiado sin que hayan pasado 20 años, a menos que se acredite fehacientemente a la Secretaría que el ecosistema se ha regenerado totalmente, mediante los mecanismos que para tal efecto se establezcan en el reglamento correspondiente.

Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la vegetación forestal afectadas y su adaptación al nuevo hábitat. Dichas autorizaciones deberán atender lo que, en su caso, dispongan los programas de ordenamiento ecológico correspondiente, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables.

Al respecto es importante mencionar que el presente Documento Técnico Unificado integra los estudios técnicos justificativos que demuestran que no se compromete la biodiversidad, ni se provocará la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación; y que los usos alternativos del suelo que se proponen son más productivos a largo plazo; así mismo, cabe mencionar que el terreno forestal que será afectado con el cambio de uso de suelo, no corresponde a un terreno incendiado, puesto que la vegetación que se encuentra presente corresponde a un ecosistema en estado de madurez avanzado que no presenta indicios de éste tipo de afectaciones. Y por último, se deja de manifiesto que entre las medidas preventivas y de mitigación a los impactos ambientales que generará el proyecto, se considera la ejecución de un programa de rescate y reubicación de especies de la vegetación forestal que será afectada y su adaptación al nuevo hábitat; con lo que se da cumplimiento a lo estipulado en el artículo 117 de la Ley en comento.

REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE

Este reglamento señala en su artículo 121 que los estudios técnicos justificativos a que hace referencia el artículo 117 de la Ley, deberán contener la información siguiente:

- I. Usos que se pretendan dar al terreno;*
- II. Ubicación y superficie del predio o conjunto de predios, así como la delimitación de la porción en que se pretenda realizar el cambio de uso del suelo en los terrenos forestales, a través de planos georeferenciados;*
- III. Descripción de los elementos físicos y biológicos de la cuenca hidrológico-forestal en donde se ubique el predio;*
- IV. Descripción de las condiciones del predio que incluya los fines a que esté destinado, clima, tipos de suelo, pendiente media, relieve, hidrografía y tipos de vegetación y de fauna;*
- V. Estimación del volumen por especie de las materias primas forestales derivadas del cambio de uso del suelo;*
- VI. Plazo y forma de ejecución del cambio de uso del suelo;*
- VII. Vegetación que deba respetarse o establecerse para proteger las tierras frágiles;*
- VIII. Medidas de prevención y mitigación de impactos sobre los recursos forestales, la flora y fauna silvestres, aplicables durante las distintas etapas de desarrollo del cambio de uso del suelo;*
- IX. Servicios ambientales que pudieran ponerse en riesgo por el cambio de uso del suelo propuesto;*
- X. Justificación técnica, económica y social que motive la autorización excepcional del cambio de uso del suelo;*
- XI. Datos de inscripción en el Registro de la persona que haya formulado el estudio y, en su caso, del responsable de dirigir la ejecución;*
- XII. Aplicación de los criterios establecidos en los programas de ordenamiento ecológico del territorio en sus diferentes categorías;*
- XIII. Estimación económica de los recursos biológicos forestales del área sujeta al cambio de uso de suelo;*
- XIV. Estimación del costo de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso del suelo, y*
- XV. En su caso, los demás requisitos que especifiquen las disposiciones aplicables.*

El presente Documento Técnico Unificado contiene todas las fracciones señaladas por el artículo 121 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, por lo que se da cumplimiento al mismo.

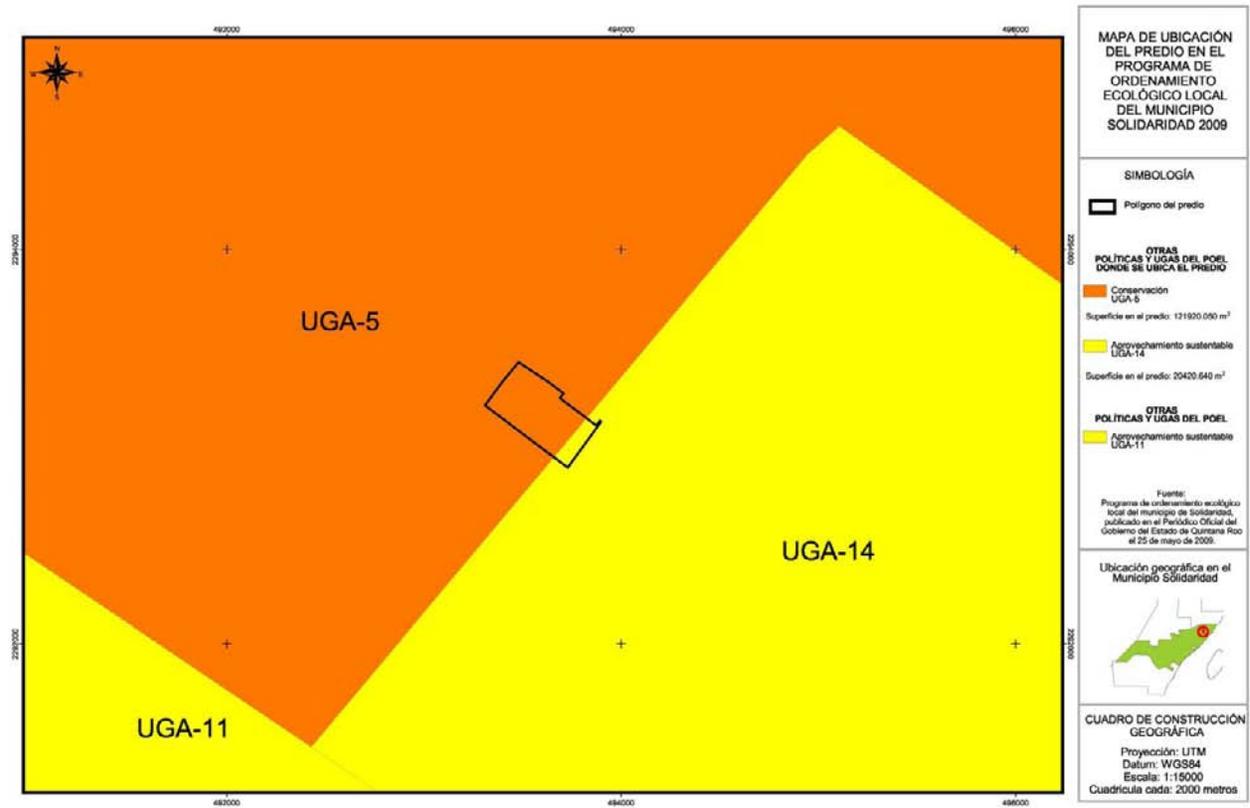
ACUERDO POR EL QUE SE EXPIDEN LOS LINEAMIENTOS Y PROCEDIMIENTOS PARA SOLICITAR EN UN TRÁMITE ÚNICO ANTE LA SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES LAS AUTORIZACIONES EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL Y EN MATERIA FORESTAL QUE SE INDICAN Y SE ASIGNAN LAS ATRIBUCIONES CORRESPONDIENTES EN LOS SERVIDORES PÚBLICOS QUE SE SEÑALAN

Éste Acuerdo establece en su Artículo Sexto que el documento técnico unificado correspondiente al trámite unificado de cambio de uso de suelo forestal modalidad A, contendrá la información indicada en los artículos 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y 121 de su Reglamento, así como la señalada en el artículo 12, fracciones I, III, V y VIII, del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

En apego a lo establecido en dicho Acuerdo es que se presenta este Documento Técnico Unificado, el cual contiene la información solicitado en el Artículo Sexto antes citado, con lo que se da cabal cumplimiento al mismo para solicitar en un trámite único ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, las autorizaciones en materia de impacto ambiental y en materia forestal, el proyecto propuesto.

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL

De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Solidaridad publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de mayo de 2009, la superficie que se somete a evaluación por el CUSTF dentro del predio del proyecto se ubica en su totalidad dentro de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA 5) denominada Corredor Cárstico, **que tiene política de “Conservación” y con un usos de suelo** de área natural y con usos condicionados el ecoturístico, UMA´s, reserva natural, forestal y equipamiento, mientras que los incompatibles son Agropecuario, agroforestal, agroindustrial, suburbano, urbano, turístico, minero, industrial, deportivo, comercial, parque recreativo, marina, por lo que en primera instancia el cambio de uso de suelo forestal para fines del desarrollo del proyecto ecoturístico es congruente con los lineamientos previstos en este instrumento de política ambiental. Cabe aclarar que parte del predio se encuentra también dentro ed la UGA 14, sin embargo la superficie a afectar por el CUSFT solo se encuentra en la UGA 5 por lo que solo serán analizados los criterios que le apliquen a esta ultima ya es donde se desarrollara el rproyecto.



Ubicación del proyecto respecto al POEL del municipio de Solidaridad.

CONSULTA

Usos del suelo y criterios de regulación ecológica permitidos para la UGA 5

UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL		5	
NOMBRE		CORREDOR CÁRSTICO	
POLÍTICA AMBIENTAL		Conervación	
SUPERFICIE	47176.82 hectáreas	PORCENTAJE MUNICIPAL	23.76 %
ESTRATEGIAS AMBIENTALES	<ul style="list-style-type: none"> El municipio y la SEMARNAT coadyuvan en la integración de ejidos y propietarios rurales al programa Pro Árbol, así como a programas de Bonos de Carbono y Mantenimiento de la Biodiversidad con la finalidad de mantener y restaurar la cobertura vegetal. Sólo se permite la apertura de vialidades Estatales y Federales Sólo se permite como máximo la reducción del 15 % de la cobertura vegetal actual durante los próximos 20 años. Se aplican programas preventivos de limpieza de madera muerta en la selva. El Gobierno del Estado decretará la creación de una Reserva Estatal hidrogeológica para el norte del estado, por ser uno de los sitios hidrológicos prioritarios para Quintana Roo. 		
VOCACIÓN DE USO DEL SUELO	Área Natural		
USOS CONDICIONADOS	Ecoturístico, UMA's, reserva natural, forestal, equipamiento		
USOS INCOMPATIBLES	Agropecuario, agroforestal, agroindustrial, suburbano, urbano, turístico, minero, industrial, deportivo, comercial, parque recreativo, marina.		
CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	USO	CRITERIOS ESPECIFICOS	
	Forestal	07, 16, 29, 33, 35, 50, 52, 54, 77, 90.	
	Ecoturístico	07, 08, 09, 18, 29, 31, 52, 54, 57, 59, 60, 77, 80, 81, 86, 95, 100.	
	UMA s	04, 07, 09, 16, 29, 46, 50, 51, 52, 54, 77, 80, 82, 86, 100.	
	Reserva Natural	07, 16, 30, 80, 86, 100.	
	Equipamiento	32, 53, 54, 67, 78, 85, 86.	

Ante lo arriba expuesto, a continuación se presenta la vinculación con los criterios generales y específicos para la UGA 5.

Criterio	Descripción	Vinculación
CG 01	Las actividades, obras y proyectos que se pretendan desarrollar dentro del área municipal, deberán dar cabal cumplimiento a lo establecido en el marco normativo ambiental vigente, considerando de manera enunciativa pero no limitativa, Tratados Internacionales suscritos por México, Leyes Generales, Leyes Estatales, Normas Oficiales Mexicanas, Reglamentos Federales, Estatales y Municipales, Declaratorias y Decretos, Planes y Programas de Manejo aplicables en materia ambiental, urbana, manejo de residuos, protección de flora y fauna y emisión de contaminantes, uso y goce de la Zona Federal Marítimo Terrestre; por lo que no se describen como criterios las obligaciones, límites máximos permisibles o cualquier otro parámetro establecido por estos instrumentos de carácter obligatorio.	Este proyecto se elabora para obtener la autorización por el CUSTF que comprende el proyecto de acuerdo a lo establecido en el marco normativo ambiental vigente, considerando de manera enunciativa pero no limitativa, Tratados Internacionales suscritos por México, Leyes Generales, Leyes Estatales, Normas Oficiales Mexicanas, Reglamentos Federales, Estatales y Municipales, Declaratorias y Decretos, Planes y Programas de Manejo aplicables en materia ambiental, urbana, manejo de residuos, protección de flora y fauna y emisión de contaminantes, uso y goce de la Zona Federal Marítimo Terrestre, tal como ha quedado demostrado en los distintos capítulos que integran el presente estudio.
CG 02	Antes del inicio de cualquier obra o actividad se deberá ejecutar el rescate selectivo de vegetación en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de las especies, el número de individuos por especie a rescatar y la densidad mínima de rescate, los métodos y técnicas aplicables, así como el monitoreo del programa, se determinarán y propondrán en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Las actividades de rescate de vegetación deberán	Previo al inicio de cualquier actividad relacionada con el proyecto (desmonte, despalle, etc.), se llevará a cabo el rescate selectivo de vegetación en el área de aprovechamiento. La selección de las especies, el número de individuos por especie a rescatar y la densidad mínima de rescate, los métodos y técnicas aplicables, así como el monitoreo, se presentan en el programa de rescate de vegetación que se anexa al presente estudio

Criterio	Descripción	Vinculación
	obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.	
CG 03	Previo al inicio de cualquier obra o actividad de cada proyecto se deberán ejecutar medidas preventivas orientadas a la protección de los individuos de fauna silvestre presentes en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de los métodos y técnicas a aplicar se determinará con base en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Las medidas deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.	La selección de los métodos y técnicas aplicadas, se presentan en el programa de rescate de fauna silvestre que se anexa al presente estudio.
CG 04	Los proyectos de cualquier índole deberán incorporar a sus áreas verdes vegetación nativa propia del ecosistema en el cual se realice el proyecto. Únicamente se permite el empleo de flora exótica que no esté incluida en el listado de flora exótica invasiva de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La selección de especies a incluir en las áreas verdes, así como el diseño de jardines deberá sustentarse en un programa de arborización y ajardinado que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Se deberá emplear una proporción de 4 a 1 entre plantas de especies nativas y especies ornamentales, excluyendo los pastos.	Los ejemplares obtenidos del rescate serán reubicados en las áreas verdes naturales.
CG 05	Con la finalidad de evitar el fraccionamiento de los ecosistemas y el aislamiento de las poblaciones, se deberán agrupar las áreas de aprovechamiento y mantener la continuidad de las áreas con vegetación natural. Para lo cual, el promovente deberá presentar un estudio de zonificación ambiental que demuestre la mejor ubicación de la infraestructura planteada por el proyecto, utilizando preferentemente las áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual.	Al respecto cabe señalar que toda la superficie del predio alberga un ecosistema de SMO en buen estado de conservación; asimismo se advierte que las superficies propuestas para el CUSTF fueron distribuidas con la finalidad de evitar el fraccionamiento de los ecosistemas y el aislamiento de las poblaciones, ya que se agruparon las áreas de aprovechamiento y se mantiene en gran parte la continuidad de las áreas con vegetación natural entre los predios colindantes tal como se puede observar los planos presentados en los primeros capítulos.
CG 06	En el desarrollo de los proyectos se debe realizar el aprovechamiento integral de los recursos naturales existentes en el predio, por lo que será obligatorio realizar la recuperación de tierra vegetal en las superficies que se desmonten, así como el triturado y composteo de la madera resultante del desmonte que se autorice. Los materiales obtenidos no podrán ser comercializados –salvo autorización expresa de la autoridad correspondiente-, sino aprovechados en el mejoramiento de áreas verdes, de equipamiento o de donación.	El proyecto contempla la recuperación de tierra vegetal en las superficies que se desmontaron, así como el triturado y composteo de la madera resultante del desmonte Cabe señalar que no se comercializará ninguno de los materiales obtenidos.
CG 07	Los proyectos que generen aguas residuales (grises, negras, azules o jabonosas) deberán disponerlas a través de un sistema de tratamiento de aguas residuales propio que cumpla con la normatividad vigente aplicable. La descripción del sistema de tratamiento deberá incorporarse en el estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Sólo se permitirá la reutilización de las aguas residuales tratadas cuando éstas cumplan con la normatividad ambiental vigente.	Las únicas aguas residuales generadas por el proyecto serán las provenientes de los sanitarios portátiles; no obstante se advierte que el manejo y disposición de las mismas fueron responsabilidad de la empresa arrendada para dicho fin.
CG 08	En cualquier obra deberá estar separada la canalización del drenaje pluvial del drenaje sanitario.	En el proyecto no incluye ningún tipo de obra y no contempla ni requiere infraestructura de drenaje de ningún tipo.
CG 09	La canalización del drenaje pluvial hacia el mar o cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción, podrá realizarse previa filtración de sus aguas con sistemas de decantación, trampas de grasas y sólidos u otros que garanticen la retención de sedimentos o contaminantes y deberá ser aprobada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).	El proyecto sólo refiere a las actividades de CUSTF, por lo que no incluye canalizaciones ni obras de ningún tipo.

Criterio	Descripción	Vinculación
CG 10	Los materiales calizos y los recursos naturales que se utilicen durante la construcción de un proyecto deberán provenir de fuentes o bancos de material autorizados.	El proyecto sólo refiere al CUSTF y no contempla el uso de materiales ni obras de ningún tipo.
CG 11	En el manejo de áreas verdes, campos, canchas, pistas, viveros, plantaciones o sembradíos y para el control de plagas y pestes, sólo se permite el uso de sustancias autorizadas por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST).	El proyecto sólo refiere al CUSTF, asimismo, se advierte que la promotora se da por enterada de lo señalado por el criterio CG-11 y de requerirse se utilizarán las sustancias autorizadas.
CG 12	Los proyectos que se realicen fuera de los centros de población, en predios mayores a 5 hectáreas, deberán llevar a cabo un monitoreo del desempeño ambiental del proyecto, el cual deberá sustentarse en un estudio técnico o programa en el que se establezcan los indicadores de calidad ambiental que permitan identificar la eficacia de las medidas sobre los principales componentes de la biota, así como los métodos, técnicas que permitan medir tales indicadores y los tiempos y mecanismos para la interpretación de los resultados. Este estudio deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. El promovente deberá entregar copia de los reportes a la SEDUMA para su inclusión en la Bitácora Ambiental.	El proyecto contempla programas de rescate y reubicación de flora y fauna en los que se involucra a su vez el monitoreo de especies. Asimismo se advierte que en el apartado correspondiente, se describen las medidas preventivas y de mitigación que permitirán disminuir los impactos sobre la biota así como su eficiencia y los parámetros a medir en cada una de ellas.
CG 13	Los residuos derivados de las obras no se dispondrán sobre la vegetación remanente dentro del predio, ni sobre la vegetación circundante, debiéndose trasladar al sitio de disposición final de residuos de manejo especial que establezca el municipio o el estado.	El proyecto sólo refiere al CUSTF y no a la construcción de obras. No obstante los residuos provenientes del desmonte serán dispuestos dentro de las mismas áreas autorizadas para su aprovechamiento.
CG 14	Está prohibida la introducción de especies de flora o fauna exóticas o invasoras incluidas en los listados de la CONABIO, en áreas naturales, cavernas y cuerpos de agua superficiales o subterráneos. La introducción y manejo de especies exóticas sólo se permite en áreas modificadas previa autorización de la SEMARNAT o la SAGARPA. Se excluye de esta restricción las especies de plantas ornamentales tropicalizadas de uso común en la zona Norte de Quintana Roo que se destinen a la conformación de áreas verdes o jardines.	El proyecto sólo contempla la reubicación de ejemplares nativos provenientes del rescate.
CG 15	Los promoventes que pretendan llevar a cabo obras o actividades en zonas que se constituyan como sitios de anidación o reproducción de una o más especies de fauna incluida en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, deberán implementar acciones que aseguren la disponibilidad de sitios de anidación y reproducción de tales especies. Estas acciones deberán estar sustentadas en un plan de manejo de acuerdo con la Ley General de Vida Silvestre, que deberá acompañar al manifiesto de impacto ambiental o al informe preventivo aplicable al proyecto. Las acciones deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.	Si bien el predio del proyecto no se considera por ningún instrumento como zona que constituya sitio de anidación o reproducción de fauna listada en la NOM-059, se advierte a su vez que dentro del inventario faunístico realizado no se registró la presencia de ejemplares listados en dicha norma; por lo que no se trasgrede el criterio en comento. No obstante lo anterior, es de mencionarse que el proyecto considera medidas tales como la conservación de superficies considerables como áreas de conservación, acciones de ahuyentamiento y, en su caso, rescate y reubicación de ejemplares, así como la instalación de letreros alusivos a la protección y respeto de la flora y la fauna, entre otras.
CG 16	Los campamentos para trabajadores de la construcción deberán ser dignos para la vida humana, contar con servicios sanitarios, agua potable, un reglamento para el manejo de residuos sólidos, así como una estrategia de protección civil para atender las alertas por fenómenos hidrometeorológicos. La proporción de servicios sanitarios será de al menos 1 por cada 25 trabajadores.	El proyecto no consideró la instalación de campamentos de construcción toda vez que sólo refiere al CUSTF.
CG 17	El uso del fuego estará condicionado a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM- 015-SEMARNAP/SAGAR-1997.	El proyecto no contempla el fuego para ninguna de sus actividades. Cabe señalar que dicha prohibición será impuesta previo al inicio de actividades.

Criterio	Descripción	Vinculación
CG 18	Los proyectos que se realicen fuera de los centros de población, en predios mayores a 5 hectáreas, durante las etapas de preparación del sitio y construcción, deberán presentar de manera semestral a la SEDUMA para su inclusión en la Bitácora Ambiental, un plano georreferenciado (UTM, Datum WGS-84, Zona 16Q) de las áreas aprovechadas dentro del predio, en donde se especifiquen los tipos de vegetación afectados y su superficie.	Una vez que se cuente con la autorización de CUSTF correspondiente, se presentará el plano señalado ante la autoridad que se indica.
CG 19	Para la apertura de caminos de acceso y vialidades de cualquier tipo fuera de los centros de población se requiere contar con la autorización en materia de impacto ambiental, así como de la autorización de cambio de uso del suelo que por excepción emite la autoridad federal correspondiente.	El proyecto de CUSTF se somete a evaluación para dar cumplimiento al criterio en comento.
CG 20	El establecimiento de viviendas o unidades de hospedaje de cualquier tipo, deberá ubicarse a una distancia mayor a 1,000 metros medidos a partir del pozo de extracción de agua potable de la red pública para abasto urbano más cercano.	El proyecto sólo refiere a las actividades que implican el CUST y no a la construcción de obras.
CG 21	En el desarrollo u operación de cualquier tipo de proyecto se debe evitar el derrame al suelo o cuerpos de agua de combustibles, lubricantes, grasas, aceites, pinturas u otras sustancias potencialmente contaminantes. De igual manera, se deberá evitar la disposición inadecuada de materiales impregnados con estas sustancias o de sus recipientes. En este sentido el promovente deberá manifestar el tipo de sustancias potencialmente contaminantes que empleará en las distintas etapas del proyecto, así como las medidas de prevención, mitigación y, en su caso, corrección, que aplicará en cada etapa. Para el almacenamiento de este tipo de sustancias o sus residuos se deberá contar con un almacén que cumpla con las especificaciones establecidas en la normatividad aplicable y se deberá llevar el registro de su manejo en la bitácora del almacén.	El proyecto contempla un programa integral de manejo de residuos que abarca desde aquellos en estado sólido hasta los que se encuentren en estado líquido, así como de aquellos considerados como peligrosos (grasas, aceites, etc.). Al respecto se señala que a su vez se consideran las medidas necesarias para evitar posibles derrames provenientes de la maquinaria, así como otras medidas en caso de presentarse algún suceso inesperado.
CG 22	El uso de explosivos, estará regulado por los lineamientos de la Secretaría de Defensa Nacional y la normatividad aplicable. Previamente a la utilización de explosivos deberá entregarse a la autoridad competente en materia de protección civil, el cronograma de detonaciones y el programa de protección civil correspondiente que deberá estar disponible al público en general.	No se contempla el uso de explosivos durante ninguna de las actividades comprendidas por el proyecto
CG 23	Todos los proyectos que en cualquiera de sus etapas de desarrollo generen residuos peligrosos deberán contar con un almacén de residuos peligrosos y disponerlos a través de una empresa autorizada en el manejo de los mismos, conforme a la legislación y normatividad ambiental aplicable en la materia.	La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos define a un residuo peligroso como: "Aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio." Asimismo se revisó la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos, encontrando que en el proyecto no generará ningún residuo peligroso.
CG 24	Para los fines de aplicación de este instrumento, en particular para la definición de competencias para la evaluación en materia de impacto ambiental, la zona costera o ecosistema costero del Municipio Solidaridad fuera de los centros de población está delimitada entre la zona federal marítimo terrestre y la carretera federal 307. El territorio localizado al poniente de la carretera federal 307 se considera zona continental.	El proyecto se presenta para obtener la autorización por CUSTF ante la autoridad correspondiente

Criterio	Descripción	Vinculación
CG 25	<p>La superficie que se permite ocupar en un predio será el área de aprovechamiento máxima permitida para el desplante de las obras provisionales o definitivas proyectadas, incluyendo obras de urbanización (red de abasto de agua potable, red de alcantarillado sanitario, planta de tratamiento de aguas residuales o fosas sépticas, red de electrificación y alumbrado, obras viales interiores, estacionamientos y las que se requieran para la incorporación del proyecto a la red vial), las obras o edificaciones de que conste el proyecto, así como los jardines, áreas públicas, albercas y áreas verdes.</p> <p>La superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales siendo responsabilidad del propietario su preservación y protección. No se contabilizan los senderos, brechas o andadores peatonales al interior de las áreas naturales que se conserven dentro del predio y que sirvan para intercomunicar las diferentes áreas de instalaciones o servicios dentro del proyecto.</p> <p>Las áreas previamente desmontadas o sin vegetación dentro del predio podrán formar parte del área de aprovechamiento permitida y deben considerarse en primer lugar para el desplante de las obras que se proyecten. Cuando por motivo del diseño y funcionalidad de un proyecto no resulte conveniente el uso de las áreas previamente desmontadas, podrá solicitarse el aprovechamiento de otras áreas siempre que el promovente se obligue a reforestar las áreas afectadas que no utilizará, situación que deberá realizar de manera previa a la etapa de operación del proyecto.</p> <p>Cuando el área afectada dentro del predio sea mayor al área de aprovechamiento máxima permitida en el mismo, el propietario deberá implementar medidas tendientes a la restauración ambiental de la superficie excedente de manera previa a la conclusión de la etapa de construcción. Dichas medidas deberán sustentarse en un estudio técnico o programa de restauración que deberá acompañar al manifiesto de impacto ambiental o al informe preventivo aplicable al proyecto. Las actividades de restauración ambiental deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.</p>	<p>De acuerdo con el criterio CE-29 la superficie máxima de aprovechamiento no podrá exceder del 15 % del predio en donde se realizará el desplante de las edificaciones, obra exterior, circulaciones, áreas verdes y cualquier otra obra o servicio relativo al uso permitido. La superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales.</p> <p>De los 142,340.69 m² que tiene el predio, el proyecto considera el CUSTF de 5,299.186 m² (0.52 ha) equivalentes al 3.72 %. El 96.7% restante del predio se mantendrá su vegetación en estado natural como áreas de conservación (ver capítulo I), por lo tanto se cumple con lo establecido en este criterio.</p>
CG 26	<p>Para el aprovechamiento de predios, cuerpos de agua o cavernas en los que se detecten vestigios arqueológicos, deberá obtenerse de manera previa al inicio de obras la autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Si el hallazgo arqueológico se realiza durante el desarrollo del proyecto se deberá informar de manera inmediata al INAH.</p>	<p>Dentro del predio no se detectaron vestigios arqueológicos.</p>
CG 27	<p>Las obras de infraestructura o equipamiento regional de interés público sólo se permiten con la aprobación del H. Cabildo de Solidaridad y/u otras autoridades competentes, previa autorización en materia de impacto ambiental y de cambio de uso del suelo de terrenos forestales.</p>	<p>El proyecto no involucra la realización de infraestructura o equipamiento regional de interés público, sólo refiere al CUSTF.</p>
CG 28	<p>Para el aprovechamiento o uso de especies vegetales o animales silvestres o nativas, partes de ellas o subproductos de los mismos, así como de los recursos forestales, se requiere que éstos productos provengan de UMA's o Productores Forestales autorizados y den cumplimiento a lo establecido en la normatividad aplicable.</p>	<p>El proyecto no contempla el aprovechamiento o uso de ningún tipo de ejemplar silvestre.</p>
CG 29	<p>Con la finalidad de garantizar la estabilidad de las edificaciones, así como evitar el desplome o alumbramiento innecesario del acuífero o la afectación de estructuras y sistemas cársticos, los promoventes deberán realizar de manera previa al inicio de obras un estudio de mecánica de</p>	<p>El proyecto sólo refiere al CUSTF y no a construcciones o edificaciones</p>

Criterio	Descripción	Vinculación
	suelos avalado por un laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación.	
CG 30	Los promoventes deberán implementar un programa de información y capacitación ambiental para los trabajadores que viven en los campamentos de construcción, que los ilustre sobre las especies de flora y fauna que cuentan con protección especial, para evitar su depredación.	El proyecto no considera construcciones de ningún tipo; por lo que a su vez no considera campamentos de construcción. No obstante lo anterior, se consideran pláticas ambientales para el personal del proyecto.
CG 31	En caso que se autorice la ejecución de obras o construcciones sobre cavernas, secas o inundadas, deberá realizarse programa de monitoreo de la misma, el cual deberá acompañar al manifiesto de impacto ambiental, para su aprobación y, en su caso, implementación.	El proyecto no contempla actividades sobre las geoformas citadas. Asimismo se reitera que no comprende obras de ningún tipo.
CG 32	En predios en los que existan manglares deberá cumplirse lo establecido en la Ley General de Vida Silvestre y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.	No se registraron especies de mangle dentro del predio.
CG 33	Para la práctica de actividades autorizadas al interior de cavernas o cenotes, únicamente se permite el uso de luz amarilla o roja, la cual solamente se encenderá durante la estancia de los usuarios.	El proyecto las actividades citadas.
CG 34	Se prohíbe la disposición de aguas residuales, con o sin tratamiento, en cenotes, cuevas inundadas o cuevas secas.	Las únicas aguas residuales generadas por el proyecto serán las generadas en los sanitarios portátiles de los trabajadores, no obstante se advierte que las mismas serán manejadas y dispuestas por la empresa contratada para dicho servicio.
CG 35	En los términos que establece la Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo, los promoventes deberán aplicar el Plan de Manejo de residuos correspondiente durante las distintas etapas de desarrollo y operación de las obras o actividades que se le autoricen.	El proyecto sólo implica el CUSTF equivalente a la etapa de preparación del sitio y no a las etapas de desarrollo y operación.
CG 36	En el caso de fraccionamientos que se desarrollen fuera de los centros urbanos, el área de aprovechamiento máxima del predio o lote será la que establece la Ley de Fraccionamientos del Estado de Quintana Roo. La superficie remanente deberá mantenerse en condiciones naturales.	No aplica el presente criterio ya que el proyecto se trata sólo del CUSTF y no de un fraccionamiento.

Criterios específicos

En relación a los criterios específicos, debemos considerar que el instrumento que se vincula define a éstos como aquellos aplicables a la totalidad del territorio ordenado fuera de los centros de población legalmente constituidos en el Municipio Solidaridad, cuya aplicación está en función del tipo de uso del suelo que se pretenda dar a los predios particulares. Bajo dicha premisa y considerando que el promovente pretende destinar el predio sólo para un uso ecoturístico y cuyo uso no tiene relación con el resto de los usos que se mencionan para la UGA 5, a continuación se presenta únicamente la vinculación con los criterios específicos para el uso de interés:

Criterio	Descripción	Vinculación
CE-07	En la zona continental sólo se permite el establecimiento de caminos a base de materiales permeables y con anchura máxima de 6 m. La superficie que ocupe el camino se restará proporcionalmente a la superficie de aprovechamiento permitida para cada predio que atraviese.	El proyecto sólo refiere al CUSTF y no considera ningún tipo de obra.

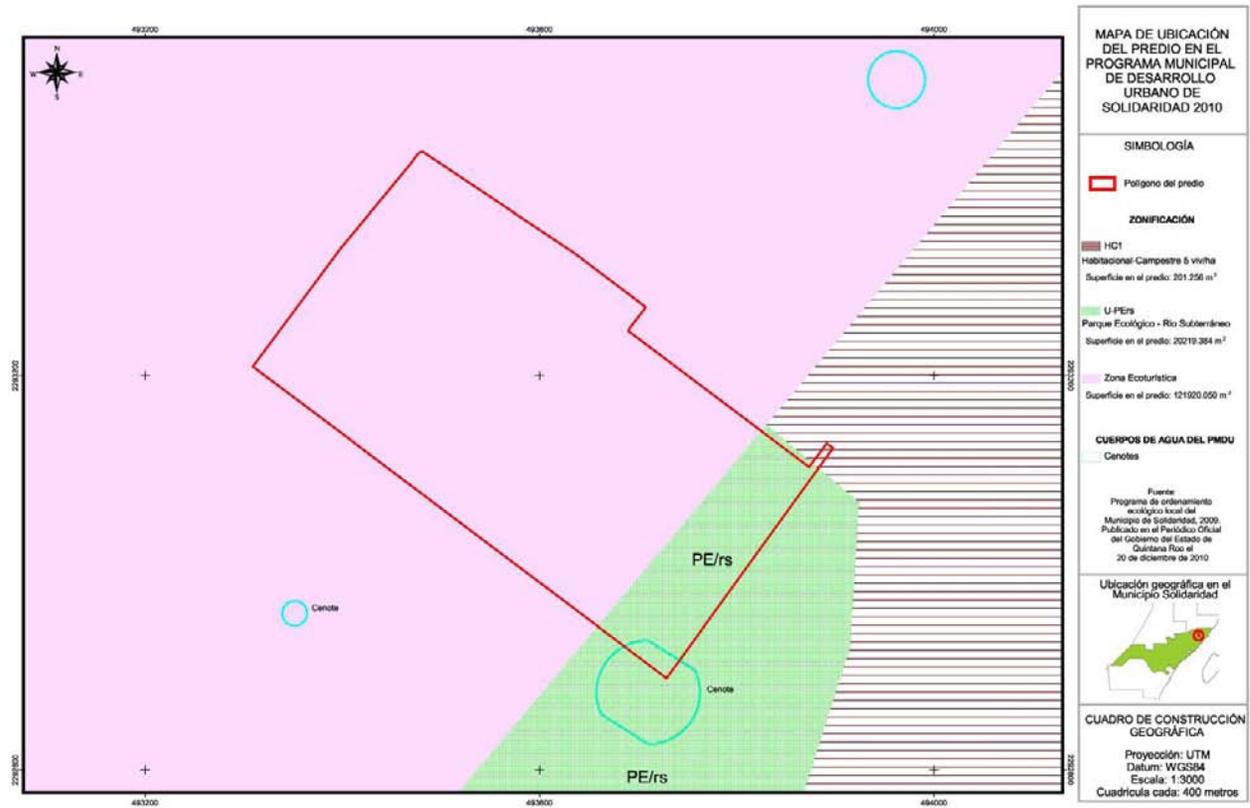
Criterio		Vinculación
CE-08	Las actividades recreativas que se promuevan en cuerpos de agua continentales (cenotes, cuevas inundadas o secas, cavernas o rejolladas), deberán sustentarse en un estudio de capacidad de carga que determine la intensidad de aprovechamiento sustentable y el límite de cambio aceptable en el sitio. Este estudio se debe presentar junto con el estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto o actividad.	El proyecto sólo refiere al CUSTF y ésta etapa no tiene relación con actividades recreativas ni con cuerpos de agua continentales.
CE-09	En el aprovechamiento de los cuerpos de agua continentales (cenotes, cuevas inundadas o lagunas) y otras formaciones cársticas (cuevas secas, rejolladas o chuntunes) sólo se permite el establecimiento de estructuras ligeras y de tipo temporal fuera del cuerpo de agua o estructura cárstica y de la franja de protección.	El proyecto sólo refiere al CUSTF y no comprende el aprovechamiento de cuerpos de agua de ningún tipo
CE-18	Los desarrollos de tipo ecoturístico podrán tener una densidad de hasta 5 cabañas por hectárea	Si bien el proyecto futuro que se propone corresponde al tipo ecoturístico, el que se somete a evaluación sólo refiere al CUSTF y no considera ningún tipo de obra.
CE-29	La superficie máxima de aprovechamiento no podrá exceder del 15 % del predio en donde se realizará el desplante de las edificaciones, obra exterior, circulaciones, áreas verdes y cualquier otra obra o servicio relativo al uso permitido. La superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales.	Como se ha mencionado a lo largo del presente estudio, el proyecto consiste en el CUSTF de 5,299.186 m ² (0.52 ha) equivalentes al 3.72 % de la superficie total del terreno; dejando en condiciones naturales el 96.28% restante del predio; por lo que se da cumplimiento a la restricción señalada en el criterio CE-29.
CE-31	Para realizar actividades recreativas (contemplativas, senderismo, ecoturismo, espeleobuceo) se deberá contar con un reglamento de operación mismo que garantice la operación ambientalmente sustentable de la actividad. Este reglamento se presentará a la autoridad ambiental competente para su valoración y de ser procedente su autorización.	El proyecto sólo refiere al CUSTF y no contempla ningún tipo de actividades recreativas en la etapa que se somete a evaluación. No obstante la promovente presentará el reglamento citado ante la autoridad correspondiente una vez que se sometan a evaluación las futuras etapas del proyecto.
CE-52	Se deberán establecer letrinas secas composteras o fosas sépticas prefabricadas para la disposición y tratamiento primario y secundario de las aguas residuales. El efluente de la fosa séptica deberá cumplir lo establecido en la normatividad vigente, la disposición final del efluente se podrá realizar mediante humedales artificiales que sean impermeables y no permitan la infiltración al suelo y subsuelo.	El proyecto contempla la instalación de sanitarios portátiles; asimismo se reitera que el manejo y disposición de las mismas serán responsabilidad de la empresa arrendada para dicho fin
CE-54	El manejo y disposición final de los lodos y otros residuos generados en el tratamiento de las aguas residuales es responsabilidad del propietario del sistema de tratamiento que los genere, quien deberá presentar un reporte semestral ante la autoridad correspondiente, turnando una copia a la SEDUMA para la inclusión de los resultados en la Bitácora Ambiental, que indique el volumen de agua	El proyecto sólo refiere al CUSTF y no tiene relación con el manejo o tratamiento de aguas residuales.

Criterio		Vinculación
	tratado, tipo y características de los lodos y otros residuos generados, tratamiento aplicado a los lodos, resultados del análisis CRETIB y sitio o forma de disposición final.	
CE-57	En cenotes y lagunas interiores o continentales, sólo se permite el empleo de embarcaciones sin motor.	El proyecto sólo refiere al CUSTF y no tiene relación con las actividades citadas en el criterio en comento.
CE-59	Cuando se utilicen los cuerpos de agua continentales, superficiales o subterráneos en actividades recreativas, los promoventes deberán llevar a cabo el monitoreo del agua para determinar la calidad de la misma, conforme a los criterios ecológicos de calidad del agua CE-CCA-001/89 (INE), debiendo presentar reportes semestrales del análisis del agua a la autoridad competente y copia a la SEDUMA para su inclusión en la Bitácora Ambiental. Los análisis de calidad del agua deberán ser elaborados por un laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación. El promovente deberá presentar el programa de monitoreo del agua junto con el estudio de impacto ambiental respectivo.	El proyecto sólo refiere al CUSTF y no tiene relación con cuerpos de agua de ningún tipo.
CE-60	En el desarrollo de actividades ecoturísticas (recorridos, circuitos y paseos) dentro de las áreas con vegetación natural se deben utilizar vehículos no motorizados o en su caso vehículos eléctricos o propulsados por energías alternativas, quedando excluidos los motorizados que empleen hidrocarburos.	El proyecto sólo refiere al CUSTF; no obstante dado que el mismo se implementa para su posterior uso ecoturístico, la promovente, en caso de pretender las actividades citadas en el criterio, se da por enterada de las restricciones citadas en el criterio.
CE-77	Para favorecer la persistencia de los servicios ambientales se deben implementar acciones preventivas de incendios forestales a fin de evitar el deterioro y degradación de la masa forestal y fauna asociada.	Durante las actividades propuestas por el proyecto se prohibirá el uso del fuego en todo momento.
CE-80	Previo al aclareo que se permite en la franja perimetral de protección de los cenotes y accesos a cuevas se deberá realizar el rescate de los árboles con diámetros menores o iguales a 10 cm de diámetro a la altura de 1.30 m, mismos que se estabilizarán en un vivero provisional y posteriormente se reintroducirán dentro de la franja de protección.	Dentro del área que se somete a evaluación para el CUSTF, no se involucran las estructuras geomorfológicas citadas; por lo que el mismo no tiene relación con el criterio CE-80.
CE-81	Las cercas, bardas o muros perimetrales que se instalen en los diferentes tipos de vegetación, unidades naturales y ecosistemas deberán permitir el libre paso de la fauna silvestre	El proyecto sólo refiere al CUSTF y no considera obras de ningún tipo.
CE-86	Cuando en las áreas que se mantendrán con cubierta vegetal original dentro de los predios, existan áreas afectadas o con vegetación escasa o dominada por estratos herbáceo o arbustivo, se deberá realizar un programa de reforestación con especies nativas que considere por lo menos 1,500	El proyecto contempla un programa de rescate y reubicación de flora silvestre en donde los ejemplares rescatados serán reubicados en las áreas del predio que conservarán su vegetación natural y a su vez dichos ejemplares serán monitoreados. Se anexa programa.

Criterio		Vinculación
	<p>árboles o palmas por hectárea. Se deberá establecer un monitoreo permanente de las áreas reforestadas para valorar la eficiencia de las acciones emprendidas.</p> <p>La selección de las especies y el número de individuos por especie a reforestar se determinará con base en un programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto.</p>	
CE-95	En los predios en los que exista vegetación exótica o invasora deberá llevarse a cabo un programa de erradicación de dichas especies	Dentro del predio no se registró presencia de especies exóticas o invasoras.
CE-100	Alrededor de los cenotes y accesos a cuevas se deberá mantener una franja perimetral de protección constituida por vegetación natural, con una anchura equivalente a la anchura máxima del espejo de agua. En esta franja sólo se permitirá el aclareo de hasta el 10 % de su cobertura y la remoción de árboles jóvenes de hasta 10 cm de diámetro, siempre y cuando la autoridad competente por excepción otorgue el cambio de uso de suelo en esta superficie.	Dentro del área que se somete a evaluación para el CUSTF, no se involucran las estructuras geomorfológicas citadas; por lo que el mismo no contraviene lo dispuesto en el criterio CE-100.

PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO

De acuerdo con el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Solidaridad (PDU), publicado en Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo el 20 de diciembre de 2010, el uso de suelo aplicable al predio del proyecto corresponde a la zonificación con claves ZE, PE/rs y HC1 tal como se muestra en la figura siguiente; no obstante lo anterior se advierte que el proyecto se encuentra en su totalidad sobre la zona ZE denominada Zona Ecoturística.



Ubicación del predio respecto al PDU vigente aplicable.

CONSULTA

En relación a lo anterior y considerando que el proyecto ecoturístico que se propone infiere únicamente sobre la zonificación ZE, a continuación se hace referencia a las normas particulares establecidas para dicho uso de suelo:

3.6.2 Zona Ecoturística.

Ubicada en la zona central y en la zona norte del Municipio abarcando las UGAS 4 y 5.

Uso Eco turístico.- Cinco cabañas por hectárea, con un desmonte del 15%; se permiten viveros.

UMAS.- Una vivienda suburbana de tipo rural por predio, se permite un desmonte del 15%, viveros y pecuario intensivo, con programa de manejo avalado por la SEDUMA.

Reserva Natural.- Una vivienda suburbana de tipo rural por predio, un desmonte del 5%.

Equipamiento.- Se deberá respetar una franja perimetral del 20% del predio; se permite la ubicación de centros integrales de manejo de residuos sólidos siguiendo la normatividad establecida por la SEDUMA solamente a la zona correspondiente de la UGA 5. Esta zona deberá contar con un centro de servicios de apoyo rural que contendrá como mínimo: paradero de autobuses, centro de salud, centro de educación, estación de combustible, bodegas, oficinas administrativas y todo lo necesario para su buen funcionamiento (CSR).

Uso Forestal.- Se permite una vivienda por hectárea y un desmonte del 30%, solo en la zona de la UGA 5.

En virtud de lo anterior y considerando que el proyecto sólo refiere a las actividades que darán origen al CUSTF para dar paso a un futuro proyecto ecoturístico que en su momento oportuno se someterá a evaluación ante las autoridades competentes, se advierte que el proyecto Eclipzen no quebranta la regulación impuesta por el PDU en virtud de que la superficie de CUSTF que comprende el proyecto no llega al 15% de la superficie del predio que se ubica dentro de la zonificación ZE.

NORMAS OFICIALES MEXICANAS

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.

Objetivo y campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones, mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción y es de observancia obligatoria en todo el Territorio Nacional, para las personas físicas o morales que promuevan la inclusión, exclusión o cambio de las especies o poblaciones silvestres en alguna de las categorías de riesgo, establecidas por esta Norma.

Es menester mencionar que el proyecto no promueve la inclusión, exclusión o cambio de las especies o poblaciones silvestres en alguna de las categorías de riesgo establecidas por esta Norma, por lo tanto el objetivo y campo de aplicación de la misma, no resulta aplicable al proyecto en el sentido amplio de su contexto.

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

La zona en la que se ubica el terreno forestal que pretende aprovecharse se encuentra fuera de cualquier área natural protegida tal como se muestra en la siguiente imagen. :

REGIONES PRIORITARIAS Y AICAS

A continuación se indica la ubicación del predio del proyecto dentro de las distintas regiones prioritarias que han sido decretadas de acuerdo con la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), ver plano siguiente.

Regiones terrestres prioritarias (RTP)

El proyecto se ubica fuera de las regiones terrestres prioritarias que han sido decretadas oficialmente.

Regiones marinas prioritarias (RMP)

El proyecto se ubica fuera de las regiones marinas prioritarias que han sido decretadas oficialmente.

Regiones hidrológicas prioritarias (RHP)

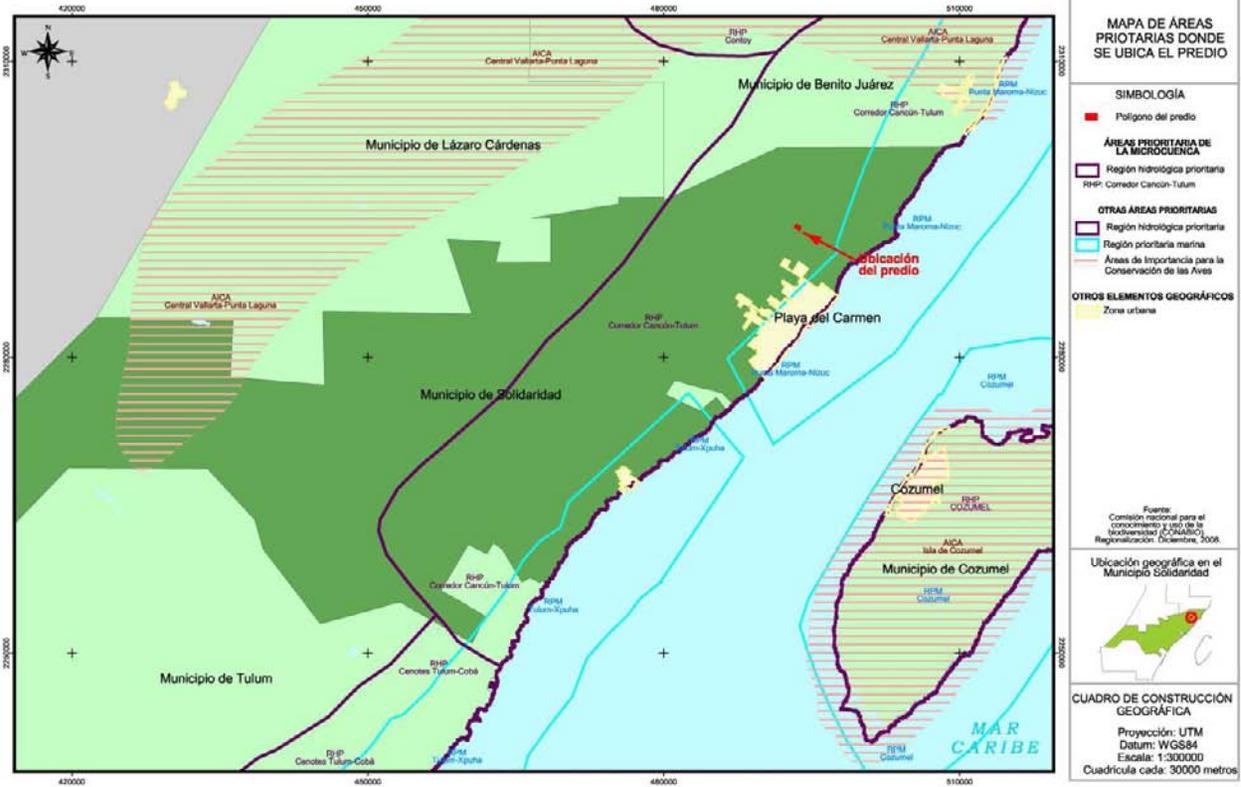
El predio del proyecto se ubica dentro de la región hidrológica número 105 denominada Corredor Cancún-Tulum. Según la CONABIO, las principales problemáticas de esta región hidrológica prioritaria son las siguientes:

- ✓ Modificación del entorno: perturbación por complejos turísticos, obras de ingeniería para corredores turísticos, desforestación, modificación de la vegetación (tala de manglar) y de barreras naturales, relleno de áreas inundables y formación de canales.
- ✓ Contaminación: aguas residuales y desechos sólidos.
- ✓ Uso de recursos: pesca ilegal en la laguna de Chakmochuk y plantaciones de coco *Cocos nucifera tasiste*.

Respecto de la problemáticas señaladas en las Regiones Prioritarias sobre las que se alberga el predio del proyecto, se advierte que el mismo sólo considera llevar a cabo el cambio de uso del suelo a través de la remoción de vegetación forestal, acorde a lo establecido en los distintos instrumentos normativos aplicables; por lo tanto, no promueve complejos u obras turísticas ni pretende deforestar. Asimismo se consideran las medidas necesarias para evitar la contaminación de los recursos naturales a causa de las aguas residuales (ver apartado correspondiente), por lo que se garantiza la nula afectación al medio por este tipo de contaminantes. Por su parte, es de señalarse que el mismo no tiene relación alguna con cuerpos de agua ni con especies exóticas de ningún tipo.

Áreas de importancia para la conservación de las aves

El predio del proyecto no se encuentra comprendido dentro de ninguna de estas áreas tal como se muestra en el plano siguiente.



Ubicación del predio respecto a las áreas prioritarias.

CONSULTA

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO
EN TERRENOS FORESTALES
MODALIDAD A

Capítulo 15

ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LOS
RECURSOS BIOLÓGICOS
FORESTALES DEL ÁREA SUJETA
AL CAMBIO DE USO DE SUELO

JUNIO DE 2016

CONSULTA PÚBLICA

ECLIPZEN

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Valor Económico Total (VET) de los recursos biológicos, es formalmente igual a la suma de todos los valores de uso directos e indirectos, más los valores de no uso y de opción, de acuerdo con la siguiente expresión¹⁰:

$$\text{VET} = \text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO} + \text{VL} + \text{VE}$$

Donde:

VUD= Valores de uso Directo. Son los beneficios que resultan, entre otros, de los usos reales, tales como alimentos, abonos y pieles, así como usos culturales o rituales.

VUI= Valores de uso indirecto. Son los beneficios derivados de las funciones del ecosistema. Por ejemplo, los servicios ambientales que provee la cobertura vegetal en un predio.

VO= Valores de opción. Se derivan del valor asignado a la protección de un activo o un bien por la opción de utilizarlo en una fecha futura. Es una especie de valor de seguro (dada la incertidumbre sobre el futuro y la aversión al riesgo) frente a la aparición de, por ejemplo, una nueva enfermedad animal o una sequía o cambio climático.

VL= Valores de Legado. Miden el beneficio que recibe un individuo a partir del conocimiento de que otros se podrán beneficiar de un recurso en el futuro.

VE= Valores de Existencia. Se derivan simplemente de la satisfacción de saber que existe un determinado activo o bien (p. ej., ballenas azules).

A continuación se presenta la valoración económica de los recursos biológicos, de acuerdo con la metodología propuesta por la FAO, considerando todos los valores implicados en el cálculo final (VET).

VALORES DE USO DIRECTO (VUD)

Para la estimación de éste valor, consideramos un valor superior al costo de las materias primas forestales que pueden derivar del área sujeta al cambio de uso de suelo, en el supuesto de que se obtenga un beneficio por la venta de la madera (uso directo), para lo cual se consideró el volumen total árbol que se obtendrá de la superficie de CUSTF que es de 97.78 m³, **así como los** “Precios de productos forestales maderables” presentados en el reporte trimestral julio/septiembre de 2013¹¹, emitido por la Comisión Nacional Forestal, tal como se describe a continuación:

Tipo de precios:

- Los precios que se presentan son en pesos mexicanos y son precios promedio ponderados.
- Los precios en clima tropical son ponderados por el volumen de la producción forestal maderable estatal de maderas preciosas.
- Para el clima tropical los estados incluidos son Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Veracruz.

¹⁰ <http://www.fao.org/docrep/012/a1250s/a1250s19.pdf>

¹¹ <http://www.cnf.gob.mx:8080/snif/portal/economica/sipre>

OTRAS TROPICALES		
Precios Libre a Bordo para trocería por metro cúbico		
Obtenidos en:	Tipo de precio	Primario
Aserraderos	LAB en brecha	1,631.02
	LAB en aserradero	1,981.13
Predios	LAB en brecha	1,317.87

Precio Libre a Bordo (LAB). Sistema donde el vendedor cotiza su precio de venta en la fábrica u otro punto de producción y el comprador paga todo el precio de transporte.

Los precios de los productos forestales, contenidos en este reporte, provienen de múltiples fuentes consultadas del 1 al 20 de julio de 2013. Están destinados a servir únicamente como referencia, su carácter es indicativo e informativo. Las fuentes de información, así como sus precios son estrictamente confidenciales.

Para el caso particular del proyecto, sólo se considera el precio por metro cúbico Libre a Bordo para trocería obtenida en predio (\$1,317.87 por m³), ya que esta se refiere a madera en rollo (Precio Libre a Bordo en brecha del metro cúbico: corresponde al precio de la trocería en el predio puesta en la brecha para ser cargada al camión); y no se tiene la intención de transformar la madera en aserraderos.

Para el caso del proyecto, se consideraron valores superiores de acuerdo a las experiencias previas, asignando un costo de 1,500 pesos por m³ por lo que el LAB para trocería en brecha obtenida en predio considerando los 97.78 m³ que pueden obtenerse en una superficie idéntica a la del proyecto, que corresponden a la superficie solicitada para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, en un tipo de vegetación tropical de selva mediana subperennifolia, asciende a la cantidad de \$146,670.

VALORES DE USO INDIRECTO (VUI)

Para el cálculo de éste valor, se utilizó la estimación del costo de los servicios ambientales que provee el ecosistema que se desarrolla en el predio, particularmente, aquellos relacionados con la captura de carbono, los servicios ambientales hidrológicos, y la protección de la biodiversidad, tal como se describe a continuación.

Captura de carbono

La captación de carbono y su almacenamiento en los bosques, y al mismo tiempo la liberación de éste y su impacto en el calentamiento global, tienen un valor que excede el ámbito nacional, cuestión puesta en alto relieve por la Convención Marco del Cambio Climático de la Naciones Unidas. Las estimaciones del almacenamiento y de la liberación de carbono dependen principalmente del tipo de bosque, del cambio en el uso del suelo, de la edad del bosque y del tipo de ecosistema (cerrado o abierto). El carbono captado y almacenado por el bosque tiene un valor ambiental positivo, mientras que su liberación a la atmósfera por el cambio de uso de suelo acarrea daños ambientales al propiciar el calentamiento atmosférico global. En la siguiente tabla se presenta la estimación económica del valor de la captura de carbono por hectárea para distintos bosques, entre los cuales se encuentra el bosque tropical siempre verde, tipo de ecosistema de mayor similitud con el que se ubica en el sitio del proyecto.

Valor del depósito de carbono por ha (USD), (Muñoz, 1994).			
Bosque templado caducifolio	Bosque tropical caducifolio	Bosque templado	Bosque tropical siempreverde
600	1,800	3,000	3,600

Tomado de: <http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/divBiolMexEPais8.pdf>

El proyecto que se propone implica el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, a través de la remoción de vegetación forestal correspondiente a Selva mediana subperennifolia, en una superficie 0.52 ha equivalentes al 3.27% de la superficie total del terreno, de tal forma que con base en los estimados que se presentan en el cuadro anterior, a los recursos forestales del área de cambio de uso de suelo les corresponde un valor de 3,600 dólares por hectárea, mismos que por las particularidades de la zona en donde se ubica el proyecto, se decidió elevarlo a los 4,000 dIIs/ha para este análisis, es decir, que la 0.52 ha de cambio de uso de suelo representan un valor de 2,080 dólares por concepto de depósitos de carbono, los cuales a un tipo de cambio aproximado de 16.00 pesos mexicanos, corresponden a \$33,280.

Servicios ambientales hidrológicos

De acuerdo con los montos estipulados en el COMPONENTE IV. SERVICIOS AMBIENTALES - CONCEPTO DE APOYO B2. SERVICIOS AMBIENTALES, de las Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2013, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 08 de marzo del 2013, el pago por el servicio ambiental hidrológico se realiza generalmente por períodos de 5 años de acuerdo con las Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2013, según las cuales se puede llegar a pagar hasta \$1,100 pesos por hectárea por año.

No obstante para el presente proyecto se plantea un valor de ganancia de 1,500 pesos por ha por los SAH del ecosistema a afectar; por lo que se podría obtener un monto anual por pago de servicios ambientales hidrológicos de \$780, lo que en un plazo de 5 años arroja un monto total de \$3,900.

Protección de la biodiversidad

Al igual que el punto anterior, los valores propuestos dentro del COMPONENTE IV. SERVICIOS AMBIENTALES - CONCEPTO DE APOYO B2. SERVICIOS AMBIENTALES, de las Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2013, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 08 de marzo del 2013, atribuyen un pago por el servicio ambiental por la conservación de la biodiversidad de hasta de \$550 pesos por hectárea por año.

Con iderado lo anterior y dada la ubicación del predio, para el presente proyecto se consideró un valor de pago de 800 pesos por ha al año, por lo que la superficie de cambio de uso de suelo solicitada (0.52 ha) podría obtener un monto anual por pago de servicios ambientales por la protección de la biodiversidad de \$416, lo que en un plazo de 5 años arroja un monto total de \$2,080.

En resumen, el valor total por la prestación de los servicios ambientales del ecosistema que se desarrolla en el predio (captura de carbono, hidrológicos y protección de la biodiversidad), asciende a la cantidad de \$39,260 anuales.

VALOR DE OPCIÓN (VO)

Considerando que se trata de un concepto que deriva del valor asignado a la protección de un activo o un bien por la opción de utilizarlo en una fecha futura, para la estimación de éste componente se consideró el valor

farmacéutico de las especies que se encuentran presentes en la superficie de cambio de uso de suelo, tomando en cuenta que su permanencia a futuro, podría derivar en la conservación de recursos farmacéuticos aún no descubiertos que pueden ser aprovechados a largo plazo.

Tomando como base los datos arrojados por el estudio del subsector forestal y de conservación de los recursos realizado en el año 1995 por el gobierno y el banco mundial, se estima que el valor farmacéutico de los recursos forestales del país podría relacionarse con valores que van desde los 26 y hasta los 4,600 millones de dólares anuales. Dicho estudio parte de la riqueza de especies farmacéuticas relacionadas con el bosque tropical húmedo (Grado de biodiversidad alta). En el siguiente cuadro se presentan los valores por hectárea así como los valores totales para el bosque húmedo tropical y para todos los bosques del país.

Cuadro 7.7. Valores farmacéuticos de cuasi-opción de los bosques mexicanos (CSERGE, 1993)

Grado de biodiversidad	Valor para el bosque húmedo tropical		Valor de todos los bosques
	(Dólares / ha / año)	Millones de dólares por año	Millones de dólares por año
Baio	1	5	26
Medio	6	66	332
Alto	90	875	4 646

Fuente: De Alba E., Reyes M.E. 1998. Valoración Económica de los Recursos Biológicos del país. En: Conabio, 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de País, 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Pp:212-233

Considerando los datos de la tabla anterior y partiendo del supuesto de que el bosque húmedo tropical (ecosistema similar al que se desarrolla en el predio) con un grado de biodiversidad medio, tiene un valor farmacéutico de 6 dólares por hectárea por año, entonces para la vegetación que se desarrolla en la superficie de cambio de uso de suelo y considerando una biodiversidad moderada, se decidió considerar un valor de 20 dls/hs/año dando como resultado un total de 10.4 dls (20×0.52), lo cual a un tipo de cambio aproximado de \$ 16.00 pesos mexicanos, asciende a la cantidad de \$ 166.40 anuales.

VALOR DE LEGADO (VL)

Es el valor que se le asigna a los recursos naturales para que las futuras generaciones tengan la oportunidad de usarlos. Para la estimación de éste valor se utilizó del método de valoración contingente¹² que consiste en averiguar los cambios en el bienestar de las personas ante cambios hipotéticos (contingente) de un bien o servicio ambiental. Este método, ha sido comúnmente empleado para obtener la valoración económica de áreas naturales que cumplen una función de recreación en la función de utilidad familiar.

El objetivo del método o modelo de valoración contingente es encontrar la valoración económica de aquellos bienes y servicios que carecen de un mercado a través de la creación de un mercado hipotético. Sin embargo su comprensión intuitiva es mucho más sencilla que eso. Simplemente se les pregunta a los individuos por la máxima cantidad de dinero que pagarían por un bien o servicio ambiental si tuvieran que comprarlo, es decir, que la persona entrevistada se encuentra en un escenario parecido al que diariamente se enfrenta en el mercado: comprar o no una cantidad determinada de un bien a un precio dado, como hacen con los demás bienes, con la diferencia fundamental de que en esta ocasión el mercado es hipotético y, por lo general no tiene que pagar la cantidad revelada.

Visto, lo anterior, se deja de manifiesto que la aplicación del método de valoración contingente, se llevó a cabo a través de una encuesta realizada a 100 personas, donde las preguntas realizadas representaron el mercado

¹² http://caterina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lec/leal_r_cl/capitulo2.pdf

hipotético, del cual, la oferta se encontró representada por la persona entrevistadora y la demanda por la entrevistada. El formato de la encuesta se tomo de Azqueta (1994), cuya estructura se describe como sigue:

- » En la primera parte, se expuso la información acerca del bien o servicio en cuestión, de modo que el entrevistado tuvo todas las herramientas para identificar el problema a tratar.
- » El segundo bloque, incluyó información respecto a las modificaciones de cantidad, que se llevarán a cabo en el bien o servicio ambiental. Dentro de este segundo bloque también se incluyó información del modo de pago, es decir, se le informó que tendrá que pagar por dicha modificación vía impuestos.
- » Por último, en el tercer bloque de información, se incluyeron todos aquellos datos socioeconómicos del entrevistado que son relevantes en la toma de decisiones de valoración y que también son imprescindibles en el correcto manejo del método como: ingresos, edad, profesión, etc.

La encuesta se llevó a cabo vía correo electrónico, dado su bajo costo de operación y la inclusión de ayuda visual (gráficos, imágenes, fotos, etc.). Para la encuesta se utilizó el sistema de preguntas múltiples, de tal manera que al entrevistado le fue presentada una tabla con diferentes opciones para obtener una valoración total al final del ejercicio.

Cabe mencionar que de las 100 personas que fueron incluidas en la encuesta, sólo 56 contestaron las preguntas y enviaron de regreso sus respuestas. Del total de esta muestra se determinó la media como medida de agregación, con el supuesto de utilizarse como estimador de lo que la persona tipo estaría dispuesta a pagar para obtener una mayor cantidad o calidad de un bien.

A continuación se presentan los resultados de las encuestas, considerando el mercado hipotético de preservar una superficie igual a la que se pretende aprovechar de Selva mediana subperennifolia, para que las futuras generaciones tengan la oportunidad de usarlos.

No.	OCUPACIÓN	MONTO ANUAL SUGERIDO
1	Contador	3,157.62
2	Biólogo	37,317.25
3	Ingeniero civil	17,223.34
4	Médico	24,399.74
5	Biólogo	31,576.13
6	Mecánico	10,658.62
7	Abogado	7,176.39
8	Ingeniero forestal	28,470.56
9	Abogado	7,176.39
10	Arquitecto	2,870.56
11	Agente de ventas	4,018.78
12	Ingeniero forestal	21,529.18
13	Ama de casa	3,444.67
14	Contador	2,870.56
15	Veterinario	13,364.46
16	Biólogo	18,658.62
17	Biólogo	18,409.13
18	Médico	17,623.08
19	Ingeniero agrónomo	14,352.78
20	Administrador de empresas	12,917.51
21	Dentista	15,788.06
22	Abogado	4,305.84

No.	OCUPACIÓN	MONTO ANUAL SUGERIDO
23	Consultor ambiental	19,270.30
24	Médico	3,444.67
25	Ingeniero forestal	19,519.79
26	Consultor ambiental	24,399.74
27	Ingeniero civil	26,446.69
28	Ingeniero agrónomo	4,305.84
29	Ingeniero civil	3,444.67
30	Médico	18,658.62
31	Biólogo	13,167.00
32	Ingeniero forestal	19,444.67
33	Ecólogo	31,576.13
34	Administrador de empresas	3,444.67
35	Docente	2,870.56
36	Ecólogo	24,225.36
37	Docente	10,658.62
38	Ingeniero ambiental	28,281.70
39	Biólogo	32,150.24
40	Ingeniero agrónomo	15,788.06
41	Biólogo	20,093.90
42	Ingeniero civil	3,444.67
43	Biólogo	5,741.11
44	Ingeniero agrónomo	9,185.78
45	Médico	23,364.20
46	Ingeniero civil	24,587.54
47	Abogado	4,305.84
48	Docente	2,870.56
49	Administrador de empresas	15,788.06
50	Consultor ambiental	18,658.62
51	Ingeniero civil	26,446.69
52	Abogado	5,167.00
53	Consultor ambiental	19,444.67
54	Médico	15,576.13
55	Docente	11,444.67
56	Docente	10,870.56
MONTO TOTAL SUGERIDO		\$853,396.66
MEDIA DEL MONTO TOTAL		\$ 14,917.80

En conclusión, se estima que el valor de legado por la preservación de una superficie similar de Selva mediana superperennifolia, asciende a la cantidad de \$14,917.80 anuales.

VALOR DE EXISTENCIA (VE)

Aunque a la mayoría de las especies de flora y fauna no se les ha asignado un valor económico directo o indirecto, muchas personas desean que continúen existiendo, independientemente de su uso. A esta valoración o respeto por la vida de otros seres vivos se le denomina valor de existencia. Este valor adquiere una expresión económica a través de las donaciones realizadas por personas o instituciones para contribuir a la protección de ecosistemas o especies particulares¹³.

Para poder estimar éste valor, se utilizó la encuesta descrita en el punto anterior, pero a diferencia de la misma, las preguntas estuvieron dirigidas a el caso (no mercado) hipotético de la cantidad de dinero que estaría dispuesto a donar una persona, para preservar una superficie de similar a la que se pretende aprovechar de

¹³ <http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap9/01%20Valor%20economico%20de%20la%20biodiversidad.pdf>

Selva mediana subperennifolia, para la protección del ecosistema y todos los recursos naturales bióticos y abióticos que lo integran, cuyos resultados se presentan a continuación.

No.	OCUPACIÓN	MONTO ANUAL SUGERIDO
1	Contador	2,762.91
2	Biólogo	32,652.59
3	Ingeniero civil	15,070.43
4	Médico	21,349.77
5	Biólogo	27,629.11
6	Mecánico	9,326.30
7	Abogado	6,279.34
8	Ingeniero forestal	24,911.74
9	Abogado	6,279.34
10	Arquitecto	2,511.74
11	Agente de ventas	3,516.44
12	Ingeniero forestal	18,838.04
13	Ama de casa	3,014.09
14	Contador	2,511.74
15	Veterinario	11,693.90
16	Biólogo	16,326.30
17	Biólogo	16,107.99
18	Médico	15,420.20
19	Ingeniero agrónomo	12,558.69
20	Administrador de empresas	11,302.82
21	Dentista	13,814.56
22	Abogado	3,767.61
23	Consultor ambiental	16,861.51
24	Médico	3,014.09
25	Ingeniero forestal	17,079.82
26	Consultor ambiental	21,349.77
27	Ingeniero civil	23,140.85
28	Ingeniero agrónomo	3,767.61
29	Ingeniero civil	3,014.09
30	Médico	16,326.30
31	Biólogo	11,521.13
32	Ingeniero forestal	17,014.09
33	Ecólogo	27,629.11
34	Administrador de empresas	3,014.09
35	Docente	2,511.74
36	Ecólogo	21,197.19
37	Docente	9,326.30
38	Ingeniero ambiental	24,746.49
39	Biólogo	28,131.46
40	Ingeniero agrónomo	13,814.56
41	Biólogo	17,582.17
42	Ingeniero civil	3,014.09
43	Biólogo	5,023.47
44	Ingeniero agrónomo	8,037.56
45	Médico	20,443.68
46	Ingeniero civil	21,514.10
47	Abogado	3,767.61
48	Docente	2,511.74
49	Administrador de empresas	13,814.56
50	Consultor ambiental	16,326.30
51	Ingeniero civil	23,140.85
52	Abogado	4,521.13
53	Consultor ambiental	17,014.09

No.	OCUPACIÓN	MONTO ANUAL SUGERIDO
54	Médico	13,629.11
55	Docente	10,014.09
56	Docente	9,511.74
MONTO TOTAL SUGERIDO		\$730,972.07
MEDIA DEL MONTO TOTAL		\$13,053.07

En conclusión, se estima que el valor por existencia de una superficie similar de Selva mediana subperennifolia, asciende a la cantidad de \$ 13,053.07.

CÁLCULO DEL VALOR ECONÓMICO TOTAL

$$\text{VET} = \text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO} + \text{VL} + \text{VE}$$

$$\text{VET} = 146,670 + 39,260 + 166.40 + 14,917.80 + 13,053.07$$

En conclusión, se estima que el valor económico total de los recursos biológicos de la superficie de cambio de uso de suelo, considerando los valores de uso (directo e indirecto) y no uso (opción, legado y existencia), asciende a la cantidad de \$214,067.27 anuales.

TIERRA VEGETAL

La utilización de la tierra vegetal presente en el predio tiene la enorme ventaja de que posee las características edáficas a las cuales están adaptadas las especies nativas, por lo que es útil en los programas de rescate de flora, así como para su posterior utilización en la creación y mantenimiento de áreas verdes y enriquecimiento de áreas naturales, sin embargo la desventaja es que en la mayoría del predio (como es casi en la totalidad de la península) no existe una capa muy profunda del horizonte A, que corresponde a la capa orgánica del suelo.

Para estimar el valor económico del volumen de tierra vegetal que se deriva del cambio de uso de suelo forestal para el desarrollo del proyecto se utilizaron los datos generados durante el inventario forestal en los tipos de vegetación de Selva Mediana ya que son los que presentan disponibilidad de tierra vegetal con características deseables para su aprovechamiento. Los precios vigentes se investigaron en viveros comerciales, así como con los vendedores ambulantes de este recurso en la ciudad de Playa del Carmen es de aproximadamente 300.00 por metro cubico, sin embargo por las razones antes mencionadas sólo se determina que existen aproximadamente 529 m³ de tierra vegetal producto de las afectaciones causadas por las obras, por lo anterior el valor estimado de la venta de este producto con motivo del cambio de uso de suelo forestal es de \$ 158,700.

Sin embargo, es necesario aclarar que dicha información sólo es de manera estimada y como caso hipotético ya que los dueños de predio y del proyecto no pretenden realizar un uso comercial de los productos resultantes de las afectaciones.

CARBÓN VEGETAL

Con base en la estimación realizada del volumen total maderable derivado de la superficie solicitada para el cambio de uso de terrenos forestales y considerando que el rendimiento de la madera en la región, para la elaboración de carbón se estima que por cada (1) m³ de madera se obtiene aproximadamente 0.769 toneladas, se calcula que el volumen de carbón que puede obtenerse sería el 70 % de todo el producto a afectar por la

implementación del proyecto (ya que existen especies que no pueden ser aprovechadas como carbón), que corresponde a 127.04 m³ rollo; realizando los cálculos se obtendría la cantidad de 88.92 toneladas. El valor económico de la tonelada en la región oscila alrededor de los \$1,200.00 dependiendo de la zona de adquisición por lo que el valor estimado del volumen resultante de carbón con motivo del cambio de uso de suelo forestal es de \$ 106,704.

CONSULTA PÚBLICA

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO
EN TERRENOS FORESTALES
MODALIDAD A

Capítulo 16

ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LAS
ACTIVIDADES DE
RESTAURACIÓN CON MOTIVO
DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO

JUNIO DE 2016

ECLIPZEN

Para la estimación del costo de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso del suelo, se consideraron los costos promedio que se manejan en la localidad a fin de tener una estimación lo más cercana posible a la realidad, tal como se describe a continuación.

ESCENARIOS PARA LA RESTAURACIÓN

ESCENARIO 1

Se parte del supuesto de que el predio se limpió de forma mecánica eliminando la vegetación y extrayendo el suelo hasta dejar la piedra desnuda, lo que implica que en la ausencia de suelo, no se puede esperar un proceso de restauración pasiva; por lo tanto, para lograr promover la restauración de las condiciones de la vegetación y de los servicios ambientales que de ella emanan, bajo esta premisa se consideran diversas actividades tendientes a promover dicho proceso.

Corto plazo (1 a 2 años)

Partiendo de la condición de afectación antes descrita, se señala como primer paso, la adición al terreno de una capa de tierra fértil de cuando menos 10 centímetros sobre la roca expuesta, con la finalidad de contar con el sustrato necesario para que las plantas tengan una fuente de nutrientes y un soporte para su desarrollo.

De acuerdo con la superficie de cambio de uso de suelo, para lograr formar una capa de tierra de 10 cm de espesor, se necesitarán de por lo menos 529 m³ de tierra, así como la dispersión de 33 kilogramos de semillas (estimaciones directas realizadas en campo, de acuerdo con experiencias previas), de especies pioneras, tempranas y tardías, propias de la Selva Mediana Subperennifolia que se desarrolla en la superficie de cambio de uso de suelo.

Con el acarreo y distribución de la tierra, también se incorpora al terreno una gran cantidad de semillas mezcladas con la tierra; una vez dispersa la tierra sobre el terreno solamente será necesaria la aportación de agua para que se inicie el proceso de germinación de muchas especies colonizadoras; este grupo inicial de cobertura del suelo presente en el proceso natural de sucesión ecológica se compone por especies herbáceas de ciclos de vida cortos, de poca altura; la adición de los 33 kg de semillas de las especies arbóreas, fortalecerá el proceso de colonización y asegurará el inicio del desarrollo de la sucesión de las especies perennes de interés en la cobertura permanente.

Con la germinación, crecimiento y desarrollo de nuevas plantas, se reinician los servicios ambientales suspendidos como captura de carbono, generación de oxígeno, provisión de agua en calidad y cantidad y estabilización del proceso de evaporación.

El desarrollo de especies herbáceas anuales, asegura la floración y producción de semillas; esta oferta de alimento comenzará con la atracción de fauna silvestre como chupadores de néctar (aves e insectos Lepidópteros, Himenópteros, etc.), insectívoros como reptiles, aves y pequeños mamíferos como ratones. En el primer año serán pocas las especies que se establezcan tal es el caso de himenópteros como avispas, hormigas o termitas.

La poca cobertura del dosel únicamente se presenta como atractivo para fuente de alimento, el establecimiento de aves y mamíferos está más condicionado a la estabilidad en protección, temperatura y grado de luminosidad que brinda la vegetación de una selva bien desarrollada. En esta etapa, el área empieza a prestar nuevamente

los servicios ambientales detenidos parcialmente como es el caso de captura de Carbono, recarga de mantos acuíferos, paisaje y protección de la biodiversidad.

ESCENARIO 2

Mediano plazo (3 a 10 años)

A partir de los 3 años las especies anuales o bianuales son sustituidas por especies perennes; esta fase es **conocida como “fase de surgimiento o de estructuración”, misma que está compuesta por una combinación** de las especies existentes dentro de la regeneración natural del ecosistema.

Las actividades a realizar a partir de esta fase, son de protección contra incendios forestales, además de realizar evaluaciones en sitios permanentes para determinar la sustitución natural de especies y asegurándose de que las especies tardías se establezcan.

En esta fase, se fortalece la formación de suelo y los servicios que prestan las selvas se establecen en cuanto a la captura de carbono, vida silvestre, captación de agua y protección de erosión de los suelos. Se comienza a ver una estructura más definida de la vegetación y es conocida como Vegetación Secundaria, con individuos muy bifurcados, tallos de forma irregular, una gran presencia de especies arbustivas y herbáceas, con alturas máximas de 3 metros.

En cuanto a fauna se refiere, en esta fase ya se pueden observar procesos de colonización de ratones, aves, insectos y pequeños reptiles; la estructura aún continúa en un proceso activo de selección natural con la pérdida de herbáceas y la incorporación de especies tardías.

En este periodo se realizará la incorporación de plántulas de chit y nacax (*Thrinax radiata*, *Coccothrinax readii*), toda vez que son de gran importancia por estar registradas en la 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, y por contar con una importante presencia en la microcuenca. La reforestación con estas especies se realizará en el periodo de lluvias y la recomendación en el desarrollo de la plántula, es que debe tener entre 10 a 20 cm, ya que la siembra es más práctica y el estrés a nivel radicular es menor.

A partir del inicio de esta fase la afectación por concepto de sequías, deja de ser un posible factor de riesgo para el proceso de restauración de la vegetación.

ESCENARIO 3

A largo plazo (10 años en adelante)

Fase de madurez u óptima, donde las especies sobresalientes codominan o dominan los estratos superiores (donde participan especies heliófitas, esciófitas y hemisciófitas).

En esta fase ya no se realizan actividades de fomento encaminadas al establecimiento de nuevas especies; la vegetación ya ha alcanzado niveles de autosuficiencia, los árboles ya cuentan con alturas superiores a los 8 metros, con fustes bien definidos; a partir de los 10 años se pueden encontrar árboles con diámetros normales de 15 cm, para especies de rápido crecimiento como es el caso del Tzalam (*L. latisiliquum*), la cobertura de

copa ya es superior al 90%, y las condiciones de protección de la vegetación hacia la fauna silvestre, es tal que ya se inicia el proceso de colonización de especies de mamíferos, creándose nuevos hábitats.

A partir de los 20 años de edad ya se puede considerar una Selva Juvenil con dominancia del estrato superior de especies heliófitas y en esa edad ya se puede notar la presencia de un grupo importante de especies esciófitas que inician la colonización del estrato de piso; esta incorporación de nuevas especies tolerantes a la sombra, es el resultado del establecimiento de nuevos nichos de fauna silvestre que se encargan de dispersar semillas traídas desde zonas cercanas cubiertas con vegetación de Selva.

A partir de esta etapa, la continuidad de la sucesión ecológica de la Selva mediana que fue promovida en el predio, ya se puede señalar que las condiciones de diversidad, estructura, funcionalidad y generación de servicios ambientales, tendrán las mismas características de la vegetación que actualmente se desarrolla en el predio. Los riesgos constantes en relación a la suspensión del proceso de restauración de esta selva, están relacionados a la presencia de fenómenos meteorológicos, como es el caso de huracanes.

PROCESO DE RESTAURACIÓN DE LA VEGETACIÓN

Punto de partida con afectación del sitio

Para comenzar a llevar a cabo el proceso de restauración del sitio, se partiría de la superficie del predio ya desmontada y despalmada.

- » Fase 1 (1 a 2 años)
 - a) Retorno de la capa de tierra
 - b) Siembra al voleo de especies pioneras
 - c) Colonización de herbáceas y pioneras

- » Fase 2 (3 a 10 años)
 - a) Vegetación Secundaria

- » Fase 3 (10 años en adelante)
 - b) Selva mediana subperennifolia en estado juvenil

ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LAS ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN CON MOTIVO DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO

Lograr que se desarrolle nuevamente una Selva mediana subperennifolia en una superficie de 0.52 ha, donde hubo remoción total de la delgada capa de tierra y cubierta vegetal, es posible siempre y cuando se generen condiciones favorables de fomento y protección.

A continuación se desarrolla una estimación propia, del costo en precios actuales de las actividades necesarias para promover y asegurar el desarrollo de una Selva mediana subperennifolia en una superficie de 0.52 ha., tomando como referencia los costos de restauración citados en el acuerdo ya referido.

- ✓ Restitución de la capa edáfica

Respecto a este componente, se ha observado que en el predio existe una capa de tierra fértil de un grosor promedio de 10 cm aproximadamente; el ejercicio consiste en calcular el costo de la recuperación de esta proporción de tierra, en un supuesto de que se encuentre desprovisto de ella.

Obtención de la tierra. La necesidad de tierra fértil para lograr cubrir la superficie de cambio de uso de suelo con un espesor de 10 cm, es de 529 m³ como se mencionó anteriormente; en el Municipio de Solidaridad, el metro cúbico de tierra vegetal puede alcanzar los \$300.00 pesos, por lo tanto, el monto por la restauración de la capa edáfica, asciende a la cantidad de \$ 158,700.

Transporte de la tierra. Para el transporte de la tierra se ocuparán camiones de volteo con la capacidad de 14 m³ de tierra por viaje, por lo que se rentaría 3 camiones para realizar aproximadamente 11 viajes para el transporte de los 599 m³ de tierra fértil o sustrato. En la zona del sitio del proyecto la renta de un camión de volteo es de \$ 500.00 pesos por día; si consideramos que al día se realizan en promedio 6 viajes, se requeriría 6 días para realizar dichos trabajos, por lo que en resumen el costo de transporte de la tierra alcanza un precio de \$ 3,000.

Dispersión de la tierra. para regresar la tierra a su situación actual consiste en dispersar la tierra por todo el sitio; esta actividad es realizada por una maquinaria pesada denominada comúnmente como Retro Excavadora la cual tiene un costo de \$ 700.00 por hora de trabajo. El rendimiento por día con jornadas de 8 horas de trabajo para este tipo de maquinarias es de 2.0 hectareas, por lo que basta con 1 horas para poder dispersar la tierra fértil adquirida sobre la superficie de CUSTF, lo cual generaría un costo de \$700 para la realización de esta actividad.

Costo total. En resumen, el regresar la tierra orgánica a su situación actual, tendrá un costo de \$ 306,600 considerando las actividades de compra y acarreo de la tierra, así como su dispersión dentro de la superficie de CUSTF.

- ✓ Establecimiento de la vegetación de regeneración

Producción de las plantas. El inventario forestal implementado, ha permitido cuantificar las existencias de elementos de flora que se desarrollan en el predio; con esta información fue posible realizar la estimación del número de individuos en condición de plántula que serán afectados durante el proceso de desmonte por el cambio de uso de suelo. La valoración de las plántulas en la ciudad es de aproximadamente \$ 1.50. Por lo tanto, considerando que para la superficie solicitada para el CUSTF se estima la existencia de 14,000 plántulas en condición de regeneración, el costo de producción de igual número de plantas sería de \$21,000.

Transporte de las plantas. Para poder transportar las plantas del vivero, se rentaría un camión de carga de 3 toneladas cuyo costo de renta por hora es de \$ 400.00; por lo tanto, considerando que un camión de 3 toneladas realiza un viaje por hora desde su zona de origen hasta el predio; y por cada viaje transporta alrededor de 10,000 plantas; resulta pues la necesidad de 3 horas de renta para transportar las plántulas que se requieren para el establecimiento de la regeneración natural; entonces, el transporte de las plantas hasta el predio tendría un costo total de \$ 1,200.

Sembrado de las plantas. Una vez que se tienen las plantas en el predio se procede a la siembra de las mismas; para esta actividad se contratarán jornaleros (el promedio aproximado de siembra de un jornalero es de 100 plantas por jornal según experiencias previas en campo); cuyo costo por jornal (8 horas de trabajo) es

de \$200.00; entonces, si consideramos que se requiere el sembrado de 14,000 plántulas para el establecimiento de la vegetación de regeneración, el número de jornales requeridos sería igual a 145 y por lo tanto se tiene como resultado que las actividades de sembrado tendría un costo total de: \$ 29,000.

Obtención de semillas. Como apoyo a las especies pioneras de regeneración natural se pretende también dispersar en la superficie de cambio de uso de suelo, un total de 33 kg de semillas, las cuales tienen un costo de \$430.00 pesos por kilogramo; por lo que al hacer la multiplicación por el número de kilogramos requeridos, nos da un total de \$ 14,190.

Dispersión de semillas al voleo. La dispersión de semillas por voleo en la superficie de cambio de uso de suelo, requiere de la contratación de jornaleros, cuyo costo por jornal (8 horas de trabajo) es de \$200.00; con rendimiento estimado es de 10 kilogramos por jornal (según experiencias previas en campo); por lo tanto, se requiere de 3 jornales para la dispersión de los 31 kg de semillas, lo que nos da un costo total de \$ 600 por éste concepto.

Costo total. En resumen, para sembrar el mismo número de plantas que se estima remover en la superficie de cambio de uso de suelo (vegetación de regeneración) se estima un costo total de \$ 65,990.

✓ Protección

Es importante evitar afectaciones que impliquen la suspensión del proceso de restauración; una de estas variables controlables es la afectación por incendios forestales, por lo que se requiere definir los puntos críticos de los límites del predio y establecer brechas cortafuego permanentes; esta actividad no se contabiliza como costo inicial, ya que se parte del supuesto de que el predio se encuentra completamente desprovisto de vegetación y el mantenimiento durante los siguientes 15 años se podrá realizar cada 6 meses, lo cual implica un costo anual estimado de \$1000 pesos anuales por cuestiones de protección (según experiencias previas en campo) y que en 15 años asciende a la cantidad de \$ 15,000.

✓ Mantenimiento

El costo de mantenimiento para ecosistemas tropicales se resume en el siguiente cuadro.

Actividad específica	Unidad de medida	Costo unitario (\$)	Cantidad requerida	Costo (\$)
Producción de planta para reposición de plantas muertas	Planta	1.50	5,600*	8,400
Transporte de planta para reposición de plantas muertas	Viaje	400	1	400
Replante de plantas que murieron en la plantación inicial (40% de la plantación inicial)	Planta	1.50	5,600*	8,400
Deshierbe	Deshierbe/ha	2000	0.5	1000
			Costo total	18,200

* Representa el 40% de las 14,500 plantas que se requieren para la vegetación de regeneración

En conclusión, el costo total por concepto de mantenimiento de la superficie restaurada con motivo del cambio de uso de suelo, asciende a la cantidad de \$ 18,200.

✓ Asesoría técnica

El costo estimado por asesoría en la restauración de un ecosistema tropical, asciende a la cantidad de

\$10,000.00 por hectárea, lo que se traduce en un costo total de \$ 5000 por concepto de asesoría en una superficie equivalente a 0.5 ha de cambio de uso de suelo.

COSTO TOTAL DE LAS ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN CON MOTIVO DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO

En resumen el costo total de las actividades tendientes a promover la recuperación, conservación y protección de una superficie de 0.5 ha en un plazo de hasta 15 años, de acuerdo con los cálculos citados en los numerales anteriores, asciende a la cantidad de \$476,180.

CONSULTA PÚBLICA

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO
EN TERRENOS FORESTALES
MODALIDAD A

JUNIO DE 2016

Capítulo 17

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

ECLIPZEN

FORMATOS DE PRESENTACIÓN

Para la elaboración del presente Documento Técnico Unificado, se utilizaron diversos equipos y materiales de última generación, para obtener resultados confiables y fidedignos, los cuales se mencionan a continuación:

Planos georreferenciados: Para la elaboración de los diversos planos presentados en los capítulos que integran éste estudio, se utilizaron los programas **Quantum GIS (1.6.0 “Copiapó”) y AutoCAD 2010**; a diferentes escalas, cuyas coordenadas se encuentran proyectadas en unidades UTM (Universal Transversal de Mercator), que a su vez se encuentran referidas al Datum WGS 84, dentro de la Zona 16Q, Norte, de la República Mexicana. De igual manera se utilizaron los datos vectoriales del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) y de la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), a escalas 1:1000000 y 1:250000.

Imágenes satelitales: Las imágenes presentadas en los diversos capítulos que integran éste estudio, particularmente las satelitales, fueron obtenidas del programa Google Earth (2013), de uso libre en internet, con coordenadas proyectadas en unidades UTM (Universal Transversal de Mercator), que a su vez se encuentran referidas al Datum WGS 84, dentro de la Zona 16Q, Norte, que corresponde a la República Mexicana.

Fotografías: Las fotos que enriquecen los textos descritos en el presente estudio, fueron tomadas a través de una cámara digital marca Nikon Coolpix L120, con una resolución máxima de 14.1 megapíxeles efectivos.

Coordenadas: Todas las coordenadas presentadas en los diversos capítulos que integran este estudio, fueron recabadas a través de un sistema de geoposicionamiento satelital (GPS), de la marca Ashetch Modelo Promark 200. Las coordenadas se presentan con proyección en unidades UTM (Universal Transversal de Mercator), que a su vez se encuentran referidas al Datum WGS 84, dentro de la Zona 16Q, Norte, que corresponde a la República Mexicana. Estas mismas coordenadas fueron corroboradas por medio del programa Quantum GIS (1.6.0 “Copiapó”).

BIBLIOGRAFÍA

Arriaga Cabrera, L., V. Aguilar Sierra, J. Alcocer Durand, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, E. Vázquez Domínguez (coords.). 1998. Regiones hidrológicas prioritarias. Escala de trabajo 1:4 000 000. 2ª. edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Arriaga Cabrera, L., E. Vázquez Domínguez, J. González Cano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, V. Aguilar Sierra (coordinadores). 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Escala de trabajo 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

Arellano Rodríguez, J. Alberto, J. Salvador Flores Guido, J. Tun Garrido y Ma. Mercedes Cruz Bojórquez. 2003. Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo y distribución de las especies vegetales de la Península de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida.

Bautista, F., 2011. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Segunda Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 507 páginas.

- Diario Oficial de la Federación. 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- Diario Oficial de la Federación. 2000. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.
- Diario Oficial de la Federación. 2003. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
- Diario Oficial de la Federación. 2005. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
- Diario Oficial de la Federación. 2010. Acuerdo por el que se expiden los lineamientos y procedimientos para solicitar en un trámite único ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales las autorizaciones en materia de impacto ambiental y en materia forestal que se indican y se asignan las atribuciones correspondientes en los servidores públicos que se señalan.
- Diario Oficial de la Federación. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.
- Espinosa, D., S. Ocegueda et al. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural, en Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 33-65.
- Galván Ortiz. 2011. Impacto de la sequía meteorológica en la vegetación, en distintas regiones climáticas de México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Gerald A. Islebe, Nuria Torrescano-Valle, Mirna Valdez-Hernández, Margarito Tuz-Novelo, Holger Weissenberger. Efectos del impacto del huracán Dean en la vegetación del Sureste de Quintana Roo, México. Foresta Veracruzana, Vol. 11, Núm. 1, 2009, pp. 1-6, Recursos Genéticos Forestales, México.
- Gómez Orea, D. 2002. Evaluación de Impacto Ambiental. 2ª Edición. Editorial Mundi-Prensa libros, S.A. 750 pp.
- Gallina, S. & C. López-González (editor). 2011. Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Volumen I. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A. C. Querétaro, México, 377 pp. (On line: <http://www.uaq.mx>).
- INEGI, 2001. Diccionario de datos edafológico (alfanumérico).
- Juan M. Torres, R. y Alejandro Guevara, S. 2002. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología.
- Luis Manuel Galván Ortiz. 2011. Impacto de la sequía meteorológica en la vegetación, en distintas regiones climáticas de México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Martínez Ménez M. 2005. Estimación de la erosión del suelo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Navarro S., A. AICA: C-26, Omiltemi. En: Benítez, H., C. Arizmendi y L. Marquez. 1999. Base de Datos de las AICAS. CIPAMEX, CONABIO, FMCN, y CCA. (<http://www.conabio.gob.mx> .México).
- Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. 2009. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, Quintana Roo

Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. 2010. Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Solidaridad, Quintana Roo

Pisanty, I., M. Mazari, E. Ezcurra et al. 200. El reto de la conservación de la biodiversidad en zonas urbanas y periurbanas, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 719-759.

Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmé, S. (editoras). 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (ppd). México, D. F.

Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-011-CNA-2000. **“Conservación del Recurso Agua – Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales”**

Rodríguez, P. y E. Vázquez-Domínguez. 2003. Escala y diversidad de especies. In: Monrroe, J.J. y J. Llorente B. (eds.). Una perspectiva Latinoamericana de la biogeografía. Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 109-114 pp.

PÁGINAS ELECTRÓNICAS CONSULTADAS

<http://www.conabio.gob.mx>

<http://www.crunchoil.com>

<http://www.ine.gob.mx>

<http://www.inegi.gob.mx>

<http://www.semarnat.gob.mx>

<http://www.conafor.gob.mx>

<http://www.cenapred.unam.mx/es/Investigacion/RHidrometeorologicos/FenomenosMeteorologicos/Erosion>

<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/1/40TDR-RESTAURACION%202010.pdf.pdf>