

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

**Capítulo 1**

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

**Lote 41-02**

## 1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

### 1.1. Nombre

“Lote 41-02”

### 1.2. Ubicación

Supermanzana. 25, Manzana. 09, lote 41-02 de la reserva territorial del IPAE, localidad de Puerto Morelos, municipio de Benito Juárez, Estado de Quintana Roo

### 1.3. Tiempo de vida útil

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

### 1.4. Presentación de la documentación legal

- ◆ Acta No. 414, de fecha 16 de agosto de 2011, pasada ante la fe del Lic. Fernando Villaneuva Jorge, Titular de la Notaria Pública 99 del Estado de Yucatán, referente al acta constitutiva de la persona moral.
- ◆ Acta No. 721, de fecha 23 de octubre de 2012, pasada ante la fe del Lic. Fernando Villaneuva Jorge, Titular de la Notaria Pública 99 del Estado de Yucatán, referente a la protocolización del acta de fecha 15 de octubre de 2012 en donde se refiere al cambio del consejo de administración de Inmobiliaria habitacional Peninsular S.A. de C.V.
- ◆ Título de propiedad de fecha 05 de diciembre de 2014 expedido por el IPAE a favor de Inmobiliaria habitacional Peninsular S.A. de C.V., así como boleta de registro del predio.
- ◆ Identificación oficial de los representantes del consejo de administración de Inmobiliaria habitacional Peninsular S.A. de C.V.

## 2. DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE

### 2.1. Denominación

Inmobiliaria habitacional Peninsular S.A. de C.V.

### 2.2. Registro federal de contribuyentes del promovente

IHP1108169K4

### 2.3. Domicilio para oír y recibir notificaciones

Avenida Acanceh, Manzana 02, Lote 03, Piso 3-B, Supermanzana 11, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, C.P. 77511.

### **3. DATOS GENERALES DEL REPRESENTANTE LEGAL**

#### **3.1. Nombre**

C. Luis Alberto Montalvo Millet

#### **3.2. Clave única de registro de población**

#### **3.3. Registro federal de contribuyentes**

### **4. DATOS DEL RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO**

#### **4.1. Nombre**

Ing. Reynaldo Martínez López

#### **4.2. Registro federal de contribuyentes**

#### **4.3. Cédula profesional**

#### **4.4. Clave única de registro de población**

#### **4.5. Domicilio para oír y recibir notificaciones**

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

**Capítulo 2**

**USOS QUE SE PRETENDEN DAR AL  
TERRENO**

**Lote 41-02**

## 1. USOS QUE SE PRETENDEN DAR AL TERRENO

### 2. 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 del predio ubicado en la Supermanzana. 25, Manzana. 09, lote 41-02 de la reserva territorial del IPAE, localidad de Puerto Morelos, municipio de Benito Juárez, Estado de Quintana Roo, para su ulterior aprovechamiento mediante un uso comercial.

La superficie de aprovechamiento estará destinada al uso de suelo urbano, y en particular al uso comercial de acuerdo con el Programa de Desarrollo Urbano aplicable. 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 posteriores del proyecto, será sometido a evaluación ante la autoridad competente, que en su caso, corresponde al Gobierno Estatal a través del Instituto de Impacto y Riesgo Ambiental (INIRA).

Como se mencionó líneas atrás, 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, en una superficie de **11,933.44 m<sup>2</sup> (1.19 ha) equivalentes al 61.20 %** de la superficie total del terreno la cual es de 19,499.74 m<sup>2</sup>

El mismo también implica el rescate y reubicación de especies de flora y fauna; así como la conservación y enriquecimiento de áreas con vegetación natural. Respecto a las áreas de conservación, se pretende mantener una superficie de **6,844.606 m<sup>2</sup> (0.68 ha)** con vegetación en estado natural, por lo que las superficies de aprovechamiento y conservación quedarán desglosadas de la siguiente manera.

CONCEPTO	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
CUSTF	11,933.44	61.20
Área con vegetación natural	6,844.606	35.10
Destino sin uso	721.694	3.70
<b>Total</b>	<b>19,499.74</b>	<b>100.00</b>

En relación a las cifras de la tabla anterior, es importante señalar que la superficie denominada "Destino sin uso" no forma parte del proyecto que se somete a evaluación; lo anterior toda vez que dicha superficie corresponde a un camino acceso hacia predios vecinos, mismo que es totalmente ajeno a la promovente y para lo cual se presenta en anexo la constancia con número de oficio SMEYDU/0237/2015 emitida por la Dirección de Desarrollo Urbano del Municipio de Benito Juárez, mediante la cual se ratifica la preexistencia del camino de acceso citado

### 3. 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 siendo afectada 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 en las colindancias del predio del proyecto, es posible observar algunas áreas perturbadas por desmonte previos y obras de distinta índole, cuya causa se debe a que el predio se ubica dentro de una zona destinada al uso de suelo urbano conforme al PDU vigente, lo que sustenta 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 Benito Juárez y aquellos establecidos en el Programa de Desarrollo Urbano del centro de población de Puerto Morelos; 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.

En el caso particular del POEL del Municipio de Benito Juárez, 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.

El predio de interés se encuentra comprendido en su totalidad dentro de la UGA 28 denominada Centro de Población de Puerto Morelos, la cual posee una política ambiental de Aprovechamiento sustentable sujeto a Programa de Desarrollo Urbano. En relación a lo anterior, el Programa de Desarrollo Urbano del centro de población de Puerto Morelos, cuyo objetivo esencial consiste en definir y establecer las estrategias, criterios y acciones para el desarrollo integral económico, ecológico y urbano de esta zona, además de orientar y regular la distribución de las actividades y de las inversiones en el territorio, definiendo así, los instrumentos para la administración y operación urbana; todo ello con la finalidad de lograr un desarrollo sustentable orientado a mejorar el nivel de vida de la población, establece para la superficie del predio de interés un uso de suelo meramente urbano de tipo MCS (mixto, comercial y de servicios) con una densidad media de 40 viviendas/hectárea, por lo que dicho terreno resulta apto para el desarrollo del proyecto futuro que se prevé.

#### ■ 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 proyecto 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.

## 4. USO ACTUAL DEL SUELO

### 4.1. 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.

#### 4.1.1. Uso potencial

Como se mencionó en apartados previos, el predio donde se pretenden realizar el proyecto, se encuentra regulado por el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, así como por el Programa parcial de Desarrollo Urbano del centro de población de Puerto Morelos; instrumentos ambos que precisan al sitio de interés para su aprovechamiento mediante el uso urbano. 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 urbano es necesario comenzar con la modificación del terreno forestal.

## 5. NATURALEZA DEL PROYECTO

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 a pie de la carretera federal 307, por lo que a la fecha no se cuenta varios de los servicios básicos, no obstante el suministro de todos ellos se encuentra considerado conforme avance el crecimiento de la zona.

Bajo esta premisa y en el entendido de que el proyecto que se somete a evaluación de la autoridad Federal únicamente incluye el cambio de uso de suelo, a continuación se realiza una breve descripción de la disponibilidad de servicios y obras de urbanización que actualmente existen dentro y en sus inmediaciones. En cuanto a la disponibilidad de servicios básicos y de servicios de apoyo, se tiene que el predio de pretendida ubicación del proyecto se encuentra comunicado con la carretera federal 307 que lleva desde la ciudad de Cancún hasta Chetumal. En relación al transporte público para acceder al sitio, es posible realizarlo a través de taxis, transporte privado y colectivo mediante vans.

Respecto a la disponibilidad de agua potable y drenaje sanitario, podemos mencionar que actualmente el servicio de agua potable no se encuentra disponible en el predio del proyecto, pero en un plazo no muy lejano la factibilidad del suministro del servicio estará a cargo de la empresa Aguakan. Por lo que toca a las actividades que comprende el cambio de uso del suelo, sólo será necesaria el agua para el riego de las plantas que serán mantenidas en vivero, la cual será suministrada mediante pipas y almacenada en tinacos tipo Rotoplas; ya que éste recurso sólo se utilizará para el riego. En el caso del agua para beber, esta será comprada en expendios comerciales, a través de garrafones. Si bien como se mencionó previamente, el predio no cuenta con dicho servicio, no obstante para las actividades que comprende el proyecto no se requiere de éste servicio toda vez que las aguas residuales que se prevé generar tendrán su origen en los sanitarios portátiles que se instalarán; por lo que será responsabilidad de la empresa arrendadora el manejo y disposición final de las mismas.

El suministro de energía eléctrica es factible dentro del predio del proyecto a través de la Comisión Federal de Electricidad, sin embargo el proyecto no requiere suministro de energía eléctrica alguno.

## 6. 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 24 meses 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 describe en el capítulo VII del presente estudio.



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

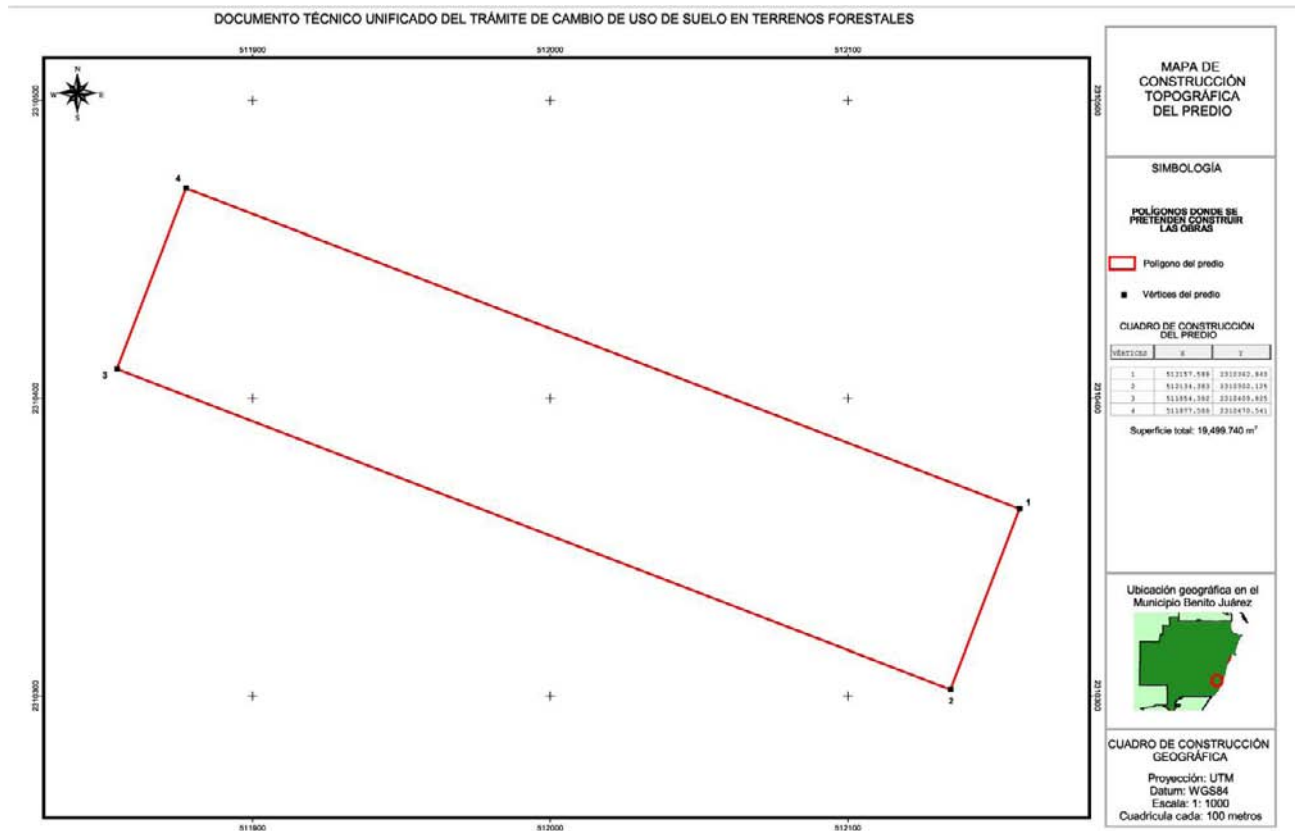
## Capítulo 3

**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**

# LOTE 41-02

## 1. UBICACIÓN Y SUPERFICIE DEL PREDIO

El terreno forestal donde se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo corresponde al ubicado en la Supermanzana. 25, Manzana. 09, lote 41-02 de la reserva territorial del IPAE, localidad de Puerto Morelos, municipio de Benito Juárez, Estado de Quintana Roo y posee una superficie total de 19,499.74 m<sup>2</sup> equivalentes a 1.9 hectáreas tal como se muestra en la siguiente figura.



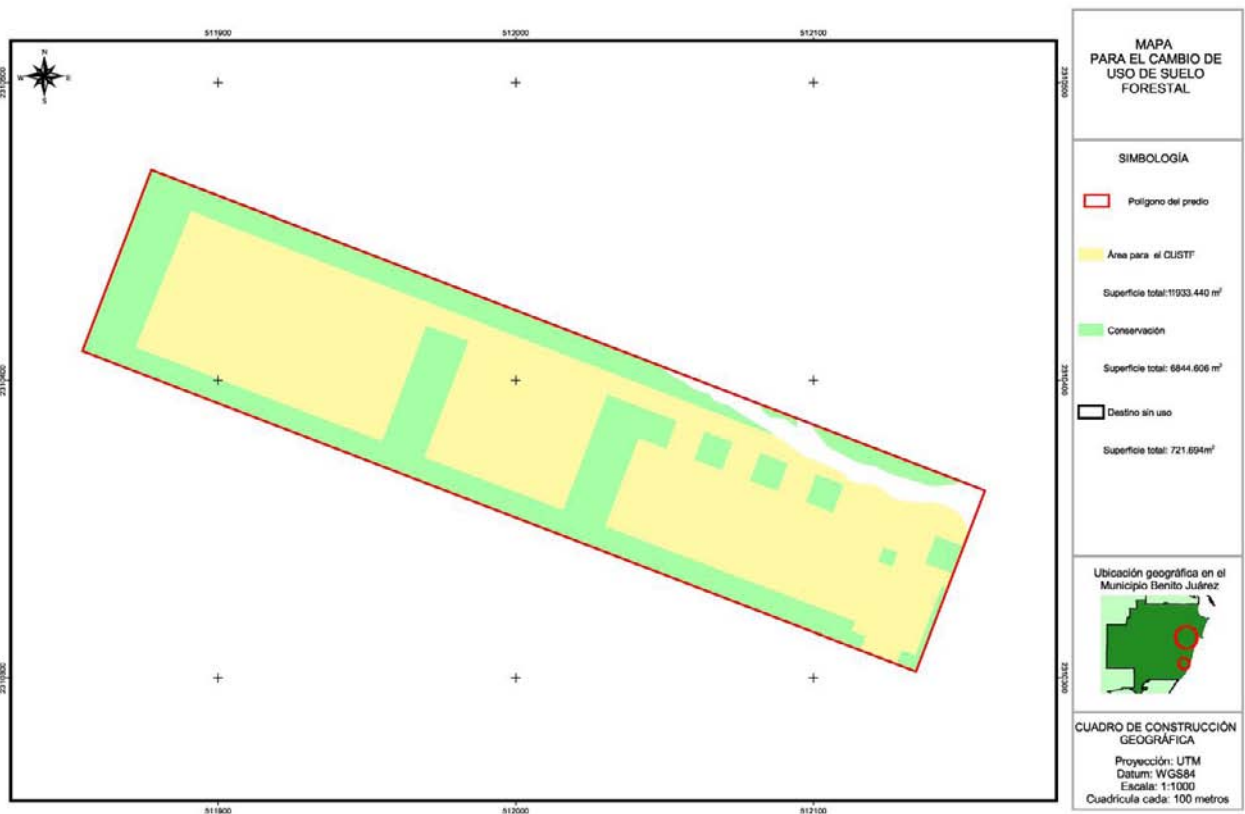
## 2. CUADRO DE CONSTRUCCIÓN DEL TERRENO FORESTAL

El terreno forestal donde se pretende desarrollar el proyecto consistente en el cambio de uso de suelo en terrenos forestales se encuentra conformado por un polígono con 04 vértices del que se presentan sus coordenadas a continuación.

VÉRTICES	COORDENADAS UTM / WGS84 Zona 16Q N	
	X	Y
1	512157.588	2310362.840
2	512134.383	2310302.125
3	511854.382	2310409.825
4	511877.588	2310470.541
Superficie total: 19,499.74 m <sup>2</sup>		

### 3. DELIMITACIÓN DE LA PORCIÓN EN QUE SE PRETENDE REALIZAR EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN LOS TERRENOS FORESTALES

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 de **11,933.44 m<sup>2</sup> (1.19 ha) equivalentes al 61.20 %** (ver imagen siguiente), cuyo objetivo final será su ulterior aprovechamiento con fines urbano comerciales. No obstante lo anterior, aun cuando el proyecto únicamente consiste en las actividades que originarán el cambio de uso del suelo; se contempla además el rescate y reubicación de especies de flora y fauna; así como la conservación de áreas en estado natural y el enriquecimiento de otras ajardinadas con vegetación nativa y ornamental.



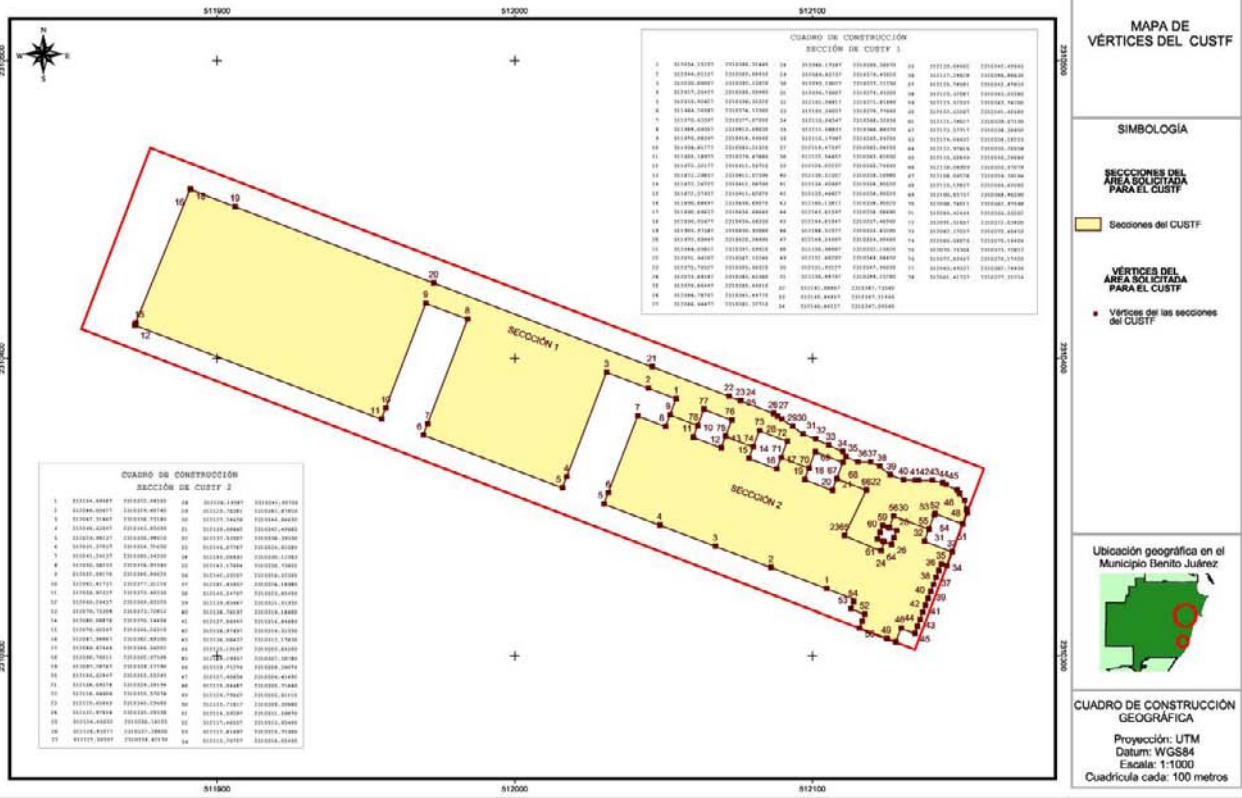
*Superficie sujeta al cambio de uso de suelo en terrenos forestales (en beige) y áreas que conservarán su vegetación natural (en verde).*

En la siguiente imagen se muestran los vértices (UTM / WGS84\_Zona 16Q N) de las áreas que se proponen para su aprovechamiento; mismos que se presentan también a manera de tabla.

VERTICES	X	Y	VERTICES	X	Y
<b>SECCIÓN 1</b>			67	512108.09578	2310359.39194
1	512054.15257	2310386.31440	68	512110.19857	2310364.89380
2	512044.81157	2310389.88450	69	512100.85757	2310368.46390
3	512030.80007	2310395.23970	70	512098.76011	2310362.97598
4	512017.35427	2310360.05960	71	512089.42444	2310366.56002

VERTICES	X	Y	VERTICES	X	Y
5	512015.92627	2310356.32320	72	512091.51657	2310372.03400
6	511969.20587	2310374.13360	73	512082.17557	2310375.60410
7	511970.63397	2310377.87000	74	512080.08876	2310370.14406
8	511984.09507	2310413.09030	75	512070.75304	2310373.72812
9	511970.08347	2310418.44540	76	512072.83457	2310379.17420
10	511956.61777	2310383.21320	77	512063.49357	2310382.74430
11	511955.18977	2310379.47680	78	512061.41737	2310377.31216
12	511872.32177	2310411.06710	<b>SECCIÓN 2</b>		
13	511872.29857	2310411.07590	1	512104.69487	2310322.48350
14	511872.26727	2310411.08790	2	512086.00677	2310329.60760
15	511872.57957	2310411.82670	3	512067.31867	2310336.73180
16	511890.88497	2310456.69070	4	512048.63047	2310343.85600
17	511890.89637	2310456.68640	5	512029.94237	2310350.98010
18	511890.95677	2310456.66330	6	512031.37037	2310354.71650
19	511905.97587	2310450.93080	7	512041.24137	2310380.54350
20	511972.69947	2310425.28990	8	512050.58237	2310376.97340
21	512046.05827	2310397.09920	9	512052.08170	2310380.89620
22	512071.94207	2310387.15240	10	512061.41737	2310377.31216
23	512075.76527	2310385.68320	11	512059.92337	2310373.40330
24	512075.84187	2310385.65380	12	512069.26437	2310369.83320
25	512075.86447	2310385.64510	13	512070.75304	2310373.72812
26	512086.78707	2310381.44770	14	512080.08876	2310370.14406
27	512086.94477	2310381.32710	15	512078.60547	2310366.26310
28	512088.17587	2310380.38570	16	512087.94647	2310362.69300
29	512089.63757	2310379.45020	17	512089.42444	2310366.56002
30	512093.29027	2310377.11250	18	512098.76011	2310362.97598
31	512096.76807	2310374.45300	19	512097.28747	2310359.12290
32	512101.06417	2310372.81640	20	512106.62847	2310355.55280
33	512105.36027	2310370.77060	21	512108.09578	2310359.39194
34	512110.06547	2310368.52030	22	512118.04909	2310355.57078
35	512111.08837	2310366.88370	23	512110.65849	2310340.29688
36	512115.17987	2310365.04250	24	512122.97616	2310335.20558
37	512119.47597	2310365.04250	25	512124.06632	2310338.18255
38	512122.54457	2310363.61050	26	512126.41077	2310337.28650
39	512126.02237	2310360.74640	27	512127.30337	2310339.62170
40	512130.52307	2310359.10980	28	512128.19587	2310341.95700
41	512134.40997	2310358.90520	29	512125.78581	2310342.87810
42	512135.48627	2310358.90520	30	512127.24628	2310346.86630
43	512140.13817	2310358.90520	31	512139.08662	2310342.49665
44	512143.61597	2310358.08690	32	512137.52007	2310338.39330
45	512144.81047	2310357.48960	33	512146.87787	2310334.81680
46	512148.52577	2310355.63200	34	512145.08492	2310330.12563
47	512149.34407	2310354.40450	35	512143.17804	2310330.73855
48	512150.98067	2310352.15420	36	512142.33207	2310328.52500
49	512151.66297	2310349.04620	37	512141.43957	2310326.18980
50	512151.90127	2310347.96030	38	512140.54707	2310323.85450
51	512150.44797	2310344.15780	39	512139.65447	2310321.51930

VERTICES	X	Y	VERTICES	X	Y
52	512141.08667	2310347.73560	40	512138.76197	2310319.18400
53	512140.84957	2310347.11460	41	512137.86947	2310316.84880
54	512140.84237	2310347.09560	42	512136.97697	2310314.51350
55	512139.08662	2310342.49665	43	512136.08437	2310312.17830
56	512127.24628	2310346.86630	44	512135.19187	2310309.84300
57	512125.78581	2310342.87810	45	512134.29937	2310307.50780
58	512125.32087	2310343.05580	46	512129.71274	2310309.26074
59	512123.52537	2310343.74200	47	512127.90854	2310304.61492
60	512122.63287	2310341.40680	48	512125.04487	2310305.71640
61	512121.74027	2310339.07150	49	512124.79867	2310305.81110
62	512123.57717	2310338.36950	50	512115.71617	2310309.30460
63	512124.06632	2310338.18255	51	512116.59297	2310311.59870
64	512122.97616	2310335.20558	52	512117.48557	2310313.93400
65	512110.65849	2310340.29688	53	512112.81497	2310315.71900
66	512118.04909	2310355.57078	54	512113.70757	2310318.05430



Vertices del área sujeta al cambio de uso de suelo en terrenos forestales

**4. UBICACION DEL PROYECTO DENTRO DE ALGUNA MODALIDAD DE AREA NATURAL PROTEGIDA (ANP)**

La presente vinculación se realizó en el capítulo XIV, donde se señala mediante planos georeferenciados la ubicación del predio con respecto a las Áreas Naturales Protegidas.

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

**Capítulo 4**

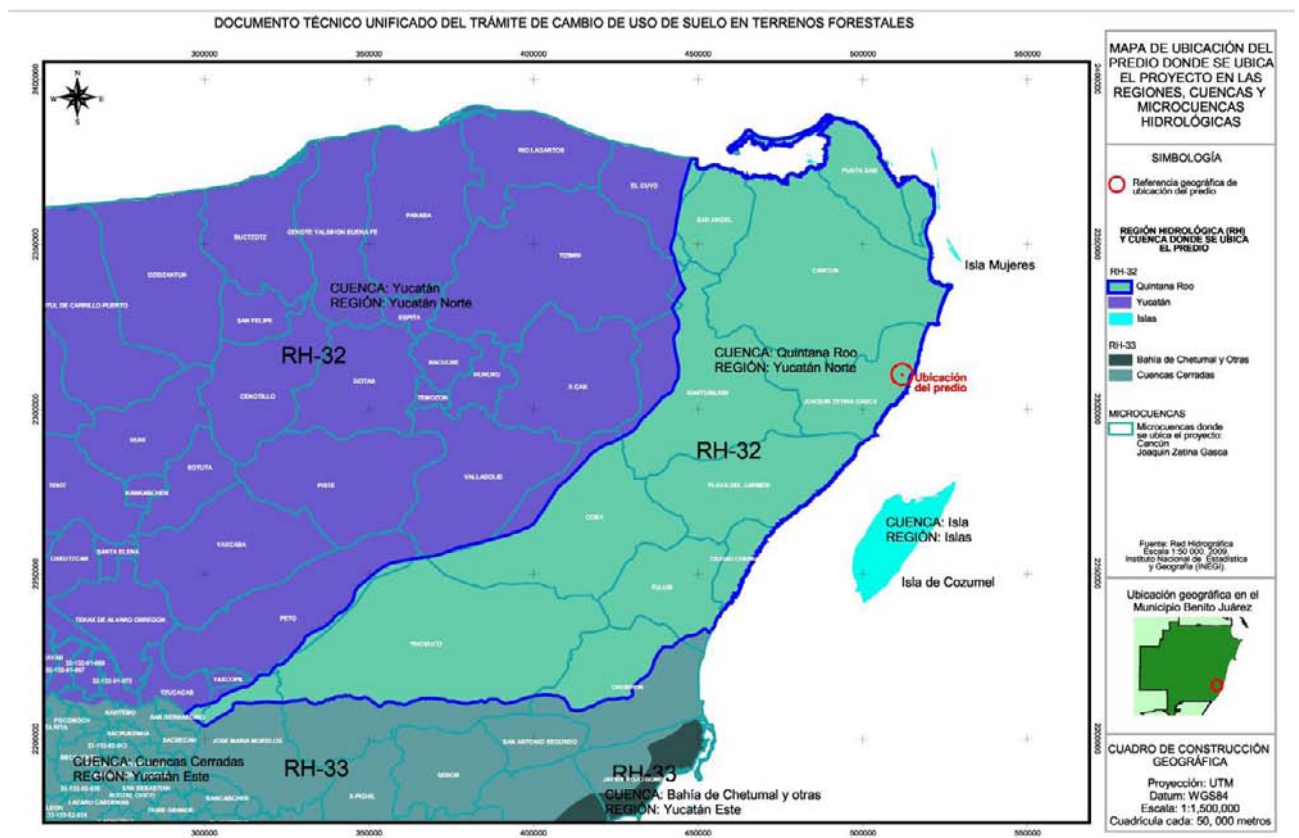
**DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS  
FÍSICOS Y BIOLÓGICOS DE LA  
CUENCA HIDROLÓGICO-FORESTAL  
EN DONDE SE UBIQUE EL PREDIO**

**LOTE 41-02**

## 1. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO.

### 1.1.- 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 la región hidrológica se muestra en la siguiente figura.



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

## 2. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA CUENCA HIDROLÓGICO-FORESTAL.

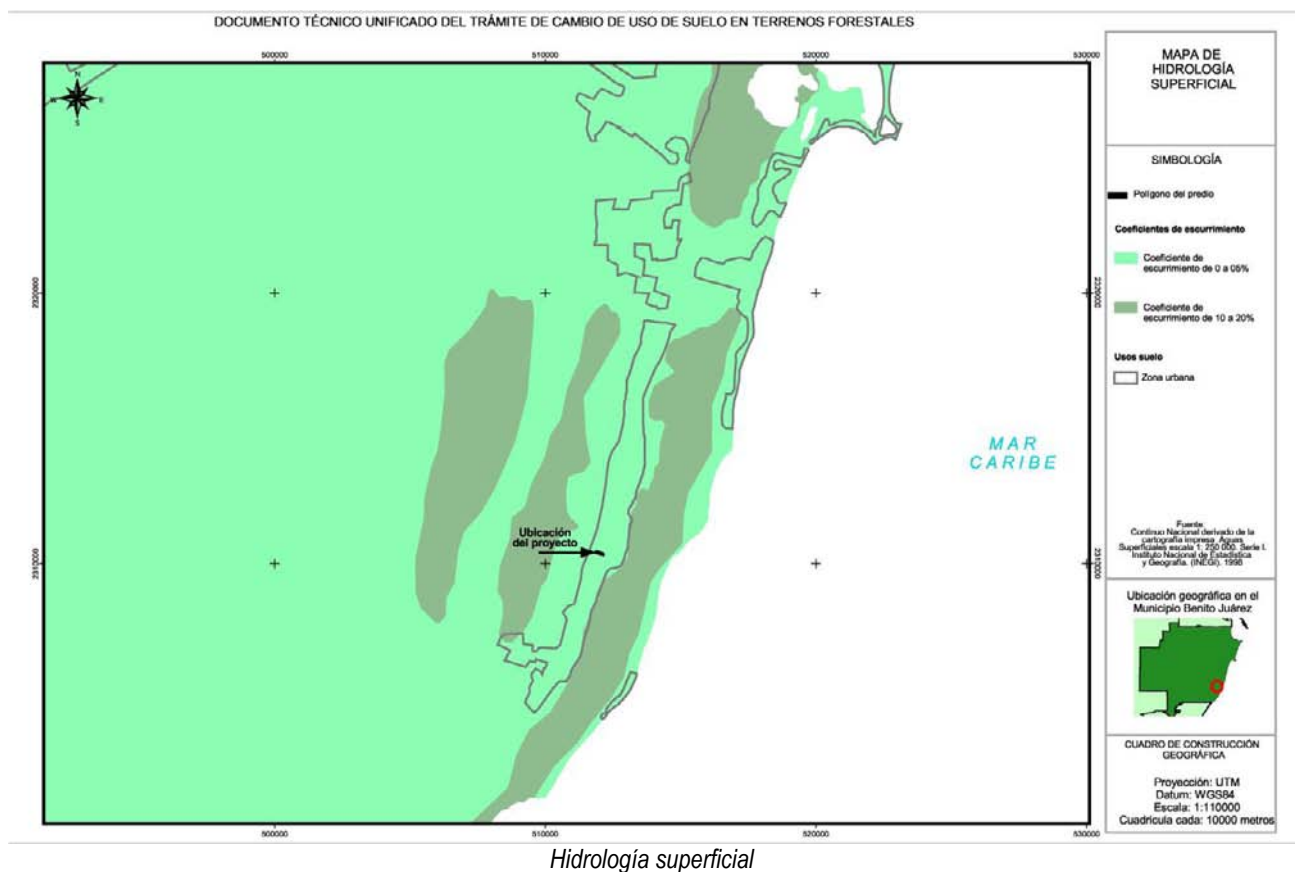
### 2.1.- HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

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.

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. Ver plano siguiente.

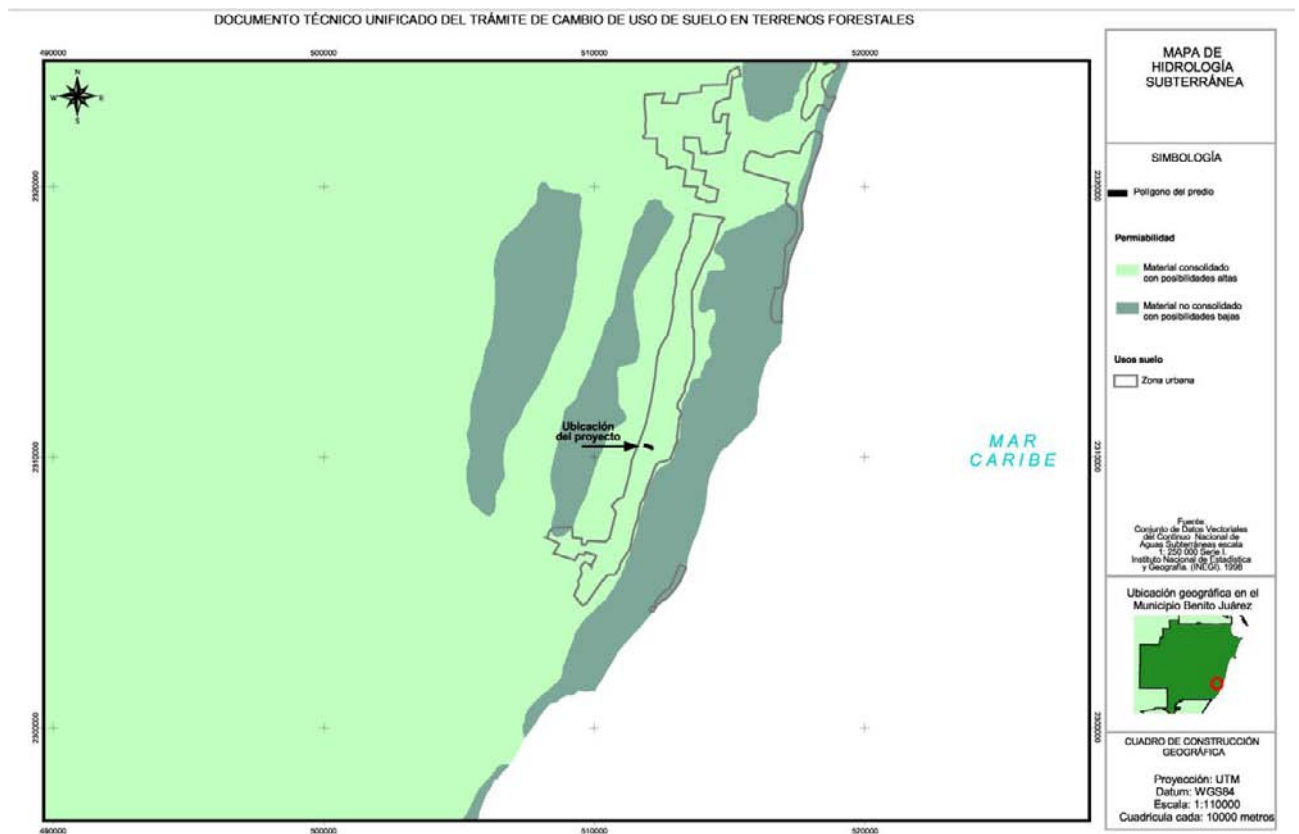




## 2.2.- HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

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 mm<sup>3</sup>/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 mm<sup>3</sup>.

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.

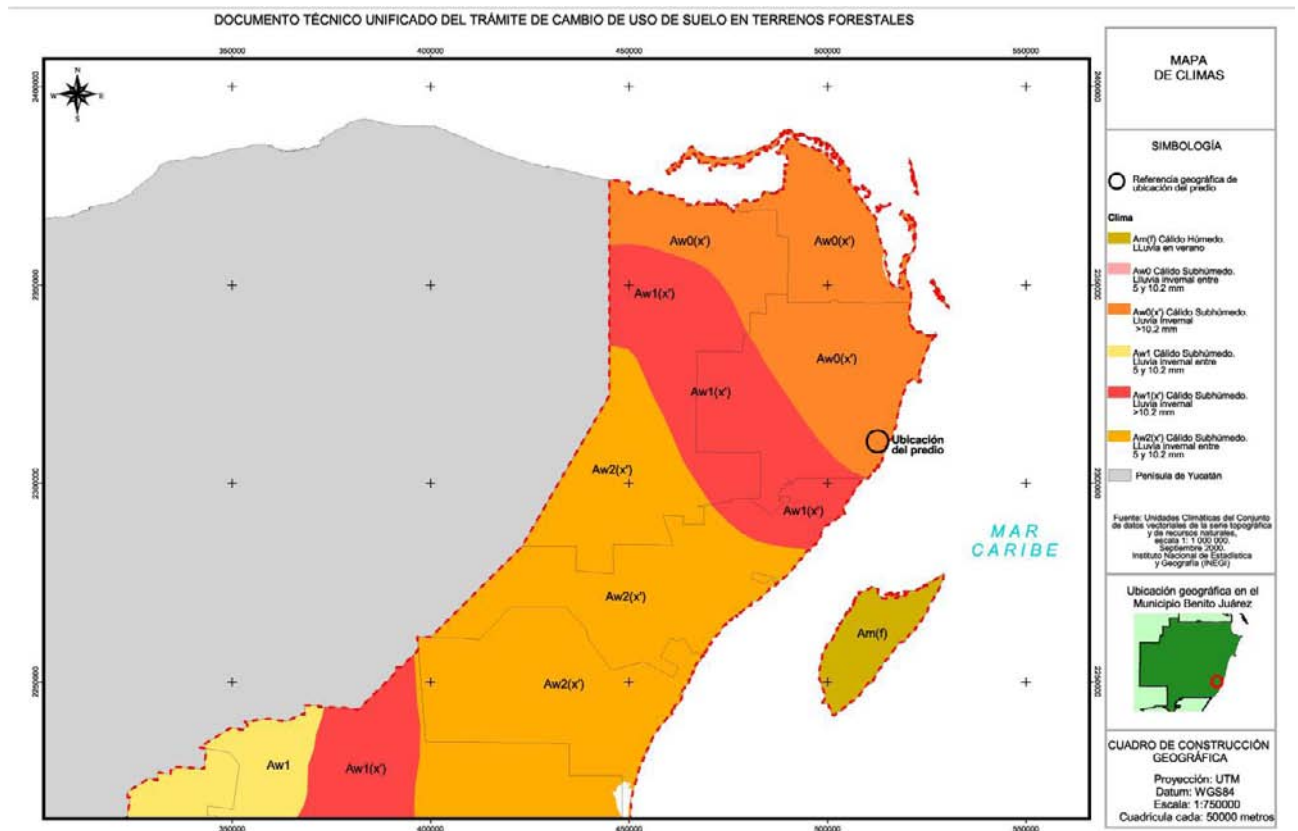


*Hidrología subterránea*

## 2.3.- 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; llluvias de verano del 5% al 10.2% anual.
- **Aw1**. 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; llluvias 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; llluvias de verano mayores al 10.2% anual.



Ubicación la Cuenca dentro de la carta de unidades climáticas. Fuente: Datos vectoriales, INEGI (escala 1:1,000,000).

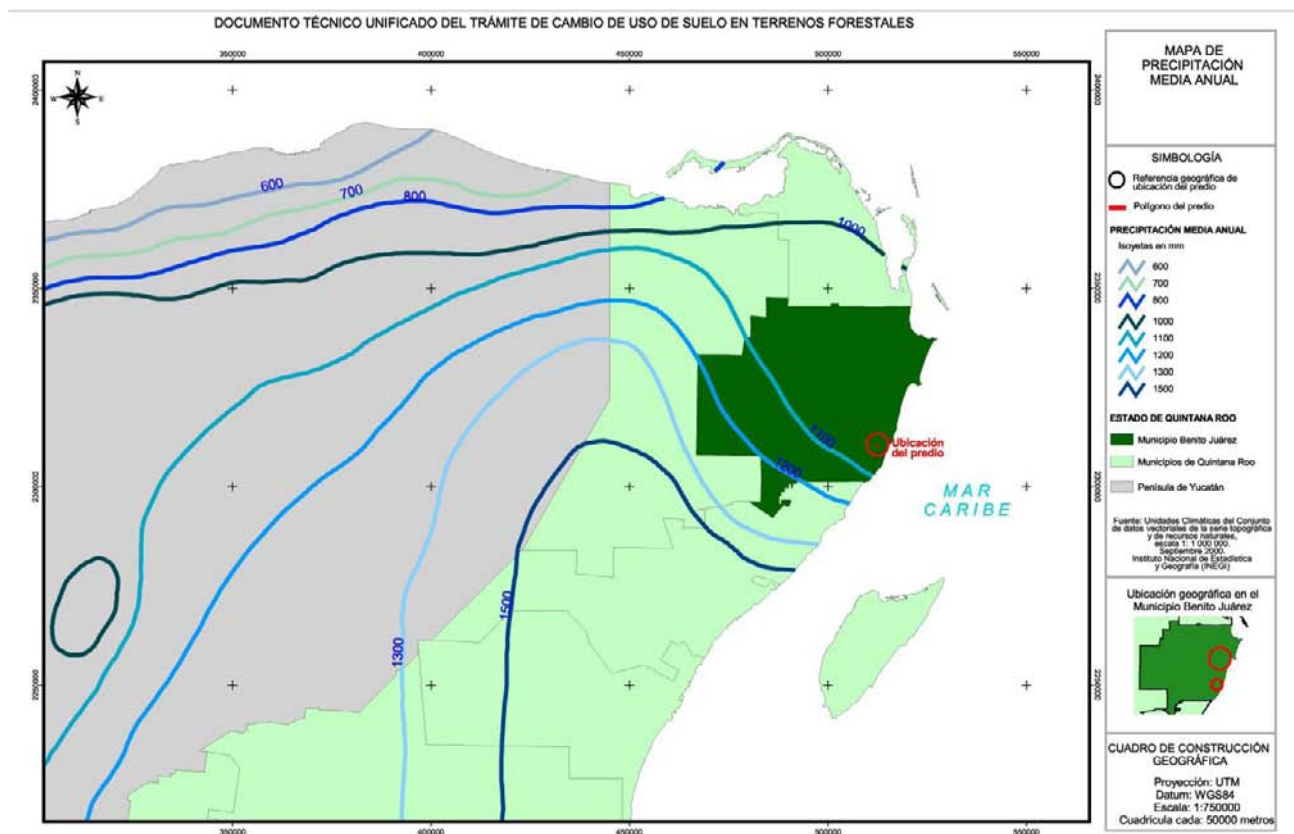
## 2.4.- PRECIPITACIÓN

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 en el periodo 1991-2011, se tiene que los meses de menor precipitación media anual son 45.7 y 40.6 mm, respectivamente. La precipitación media anual es de 1,309.2 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.

## 2.5.- TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL

La temperatura media anual en la Cuenca Quintana 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.



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

## 2.6.- 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.

## 2.7.- 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.

## 2.8.- FISIOGRAFÍA

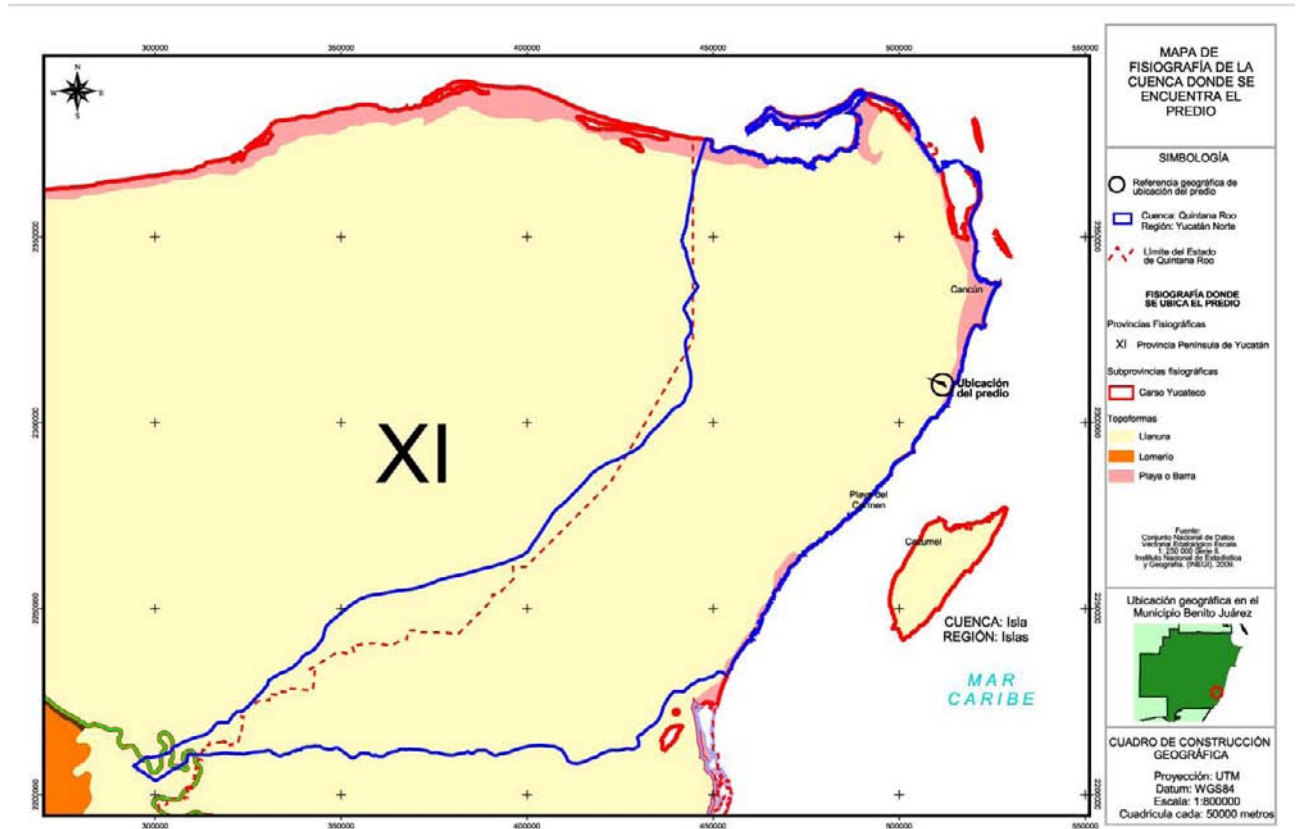
Desde el punto de vista fisiográfico la Cuenca Quintana Roo forma parte de la provincia fisiográfica conocida como Península de Yucatán, la cual a su vez se divide en tres subprovincias: 63 Carso y Lomeríos de Campeche, 62 Carso Yucateco y 64 Costa Baja de Quintana Roo (INEGI, 2002). La superficie de 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 de las páginas siguientes.

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 topoforma: 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.



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

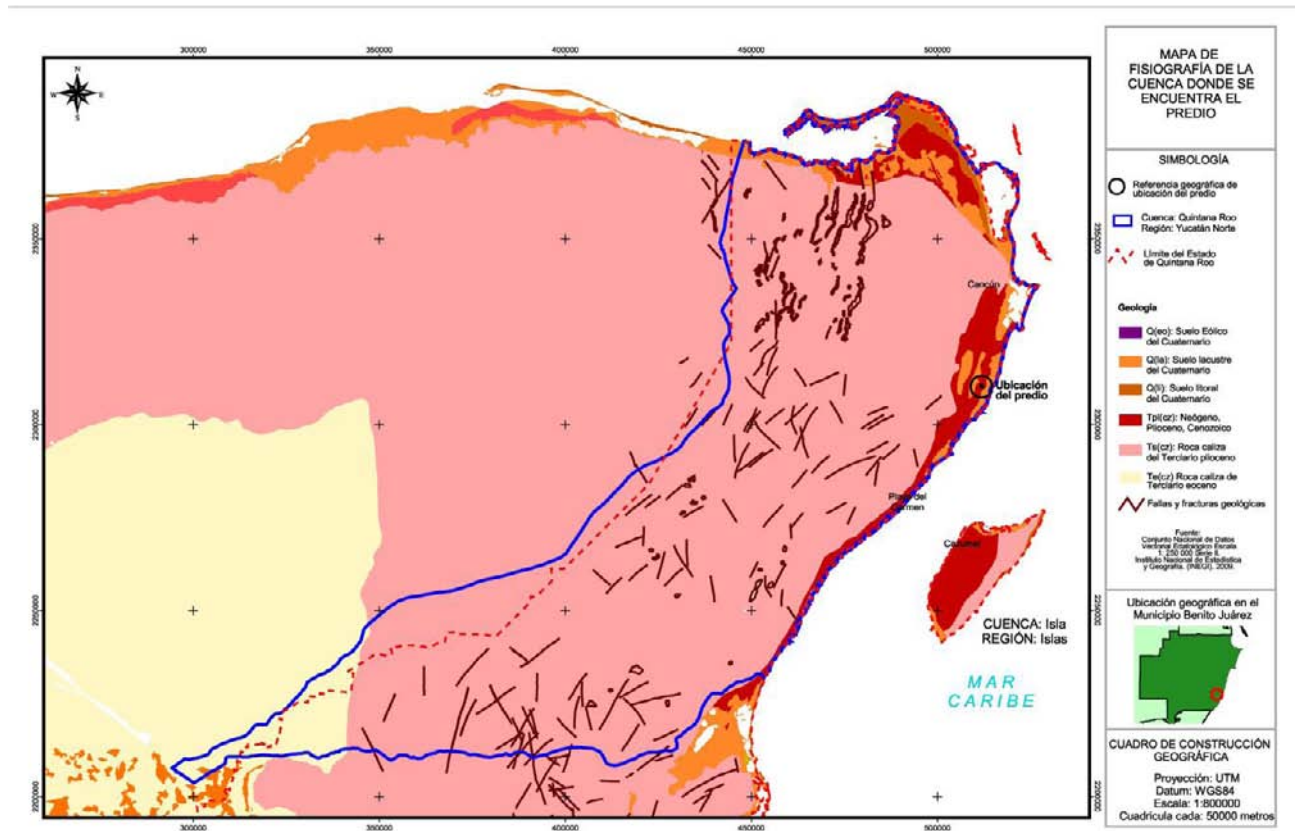
## 2.9.- GEOLOGÍA

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 descansan la cuenca y la microcuenca, 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 dentro de la subprovincia fisiográfica Carso Yucateco.

En la Cuenca Quintana Roo se presentan 4 tipos geológicos: Ts (cz); Q (li); Q (eo); Q (la); y Tpl (cz), como se muestra en el siguiente plano:



Ubicación la cuenca Quintana Roo dentro de la carta geológica.

## 2.10.- EDAFOLOGÍA

Dentro de la Cuenca Quintana Roo se identificaron los siguientes tipos edáficos:

**Arenosol (AR):** Del latín *arena*: arena. Literalmente, suelo arenoso. Suelos que se localizan principalmente en las zonas tropicales o templadas muy lluviosas del sureste de México. La vegetación que presentan es variable, se caracterizan por ser de textura gruesa, con más del 65% de arena al menos en el primer metro de profundidad.

En México son muy escasos, y su presencia se limita principalmente a las llanuras y pantanos tabasqueños y del norte de Chiapas. Estos suelos tienen una alta permeabilidad pero muy baja capacidad para retener agua y almacenar nutrientes. La susceptibilidad a la erosión en los arenosoles va de moderada a alta.

**Cambisol (B):** Del latín *cambiare*: cambiar. Literalmente, suelo que cambia. Estos suelos son jóvenes, poco desarrollados y se pueden encontrar en cualquier tipo de vegetación o clima excepto en los de zonas áridas. Se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa con terrones que presentan vestigios del tipo de roca subyacente y que además puede tener pequeñas acumulaciones de arcilla, carbonato de calcio, fierro o manganeso. También pertenecen a esta unidad algunos suelos muy delgados que están colocados directamente encima de un tepetate. Son muy abundantes, se destinan a muchos usos y sus rendimientos son variables pues dependen del clima donde se encuentre el suelo. Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión.

**Gleysol (G):** Del ruso *gley*: pantano. Literalmente, suelo pantanoso. 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, como las llanuras costeras de Veracruz y Campeche, así como en las llanuras y pantanos tabasqueños donde son los suelos más importantes por su extensión. Se caracterizan por presentar, en la parte donde se saturan con agua, colores grises, azulosos o verdosos, que muchas veces al secarse y exponerse al aire se manchan de rojo. La vegetación natural que presentan generalmente es de pastizal y en algunas zonas costeras, de cañaveral o manglar. Son muy variables en su textura pero en México predominan más los arcillosos, esto trae como consecuencia que presenten serios problemas de inundación durante épocas de intensa precipitación. Regularmente estos suelos presentan acumulaciones de salitre. Se usan en el sureste de México para la ganadería de bovinos con resultados moderados a altos. En algunos casos se pueden destinar a la agricultura con buenos resultados en cultivos como el arroz y la caña que requieren o toleran la inundación

**Histosol (O):** Del griego *histos*: tejido. Literalmente suelos de tejidos orgánicos. Son suelos con muy alto contenido de materia orgánica (más del 20% en peso), generalmente de color negro, esponjosos, ligeros y con alta capacidad de retención de humedad. Se encuentran restringidos a sitios donde se acumulan desechos orgánicos y agua, tales como pantanos y lechos de antiguos lagos. Xochimilco es un ejemplo representativo en el país. Frecuentemente tienen olor a podrido y una importante acumulación de salitre. La vegetación típica de estos suelos es el pastizal o popal. En nuestro país estos suelos se aprovechan en la agricultura de hortalizas con resultados de aceptables a muy buenos, dependiendo del grado de sales, capacidad de drenaje y fertilidad natural del suelo. Los que se hallan en zonas costeras y tienen vegetación de popal generalmente no se utilizan. Prácticamente no son susceptibles a la erosión.

**Leptosol (LP):** 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 rэндzicos, 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

**Luvisol (L):** Del latín luvī, luo: lavar. Literalmente, suelo con acumulación de arcilla. Son suelos que se encuentran en zonas templadas o tropicales lluviosas. 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 destinan principalmente a la agricultura con rendimientos moderados. En algunos cultivos de café y frutales en zonas tropicales, de aguacate en zonas templadas, donde registran rendimientos muy favorables. Con pastizales cultivados o inducidos pueden dar buenas utilidades en la ganadería. Los aserraderos más importantes del país se encuentran en zonas de Luvisoles, sin embargo, debe tenerse en cuenta que son suelos con alta susceptibilidad a la erosión. En México 4 de cada 100 hectáreas está ocupada por Luvisoles.

**Phaeozem (H):** Del griego phaeo: pardo; y del ruso zemljá: tierra. Literalmente, tierra parda. Suelos que se pueden presentar en cualquier tipo de relieve y clima, excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Es el cuarto tipo de suelo más abundante en el país. Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, semejante a las capas superficiales de los Chernozems y los Castañozems, pero sin presentar las capas ricas en cal con las que cuentan estos dos tipos de suelos. Los Feozems son de profundidad muy variable. Cuando son profundos se encuentran generalmente en terrenos planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con rendimientos altos. Los Feozems menos profundos, situados en laderas o pendientes, presentan como principal limitante la roca o alguna cementación muy fuerte en el suelo, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con más facilidad, sin embargo, pueden utilizarse para el pastoreo o la ganadería con resultados aceptables. El uso óptimo de estos suelos depende en muchas ocasiones de otras características del terreno y sobre todo de la disponibilidad de agua para riego.

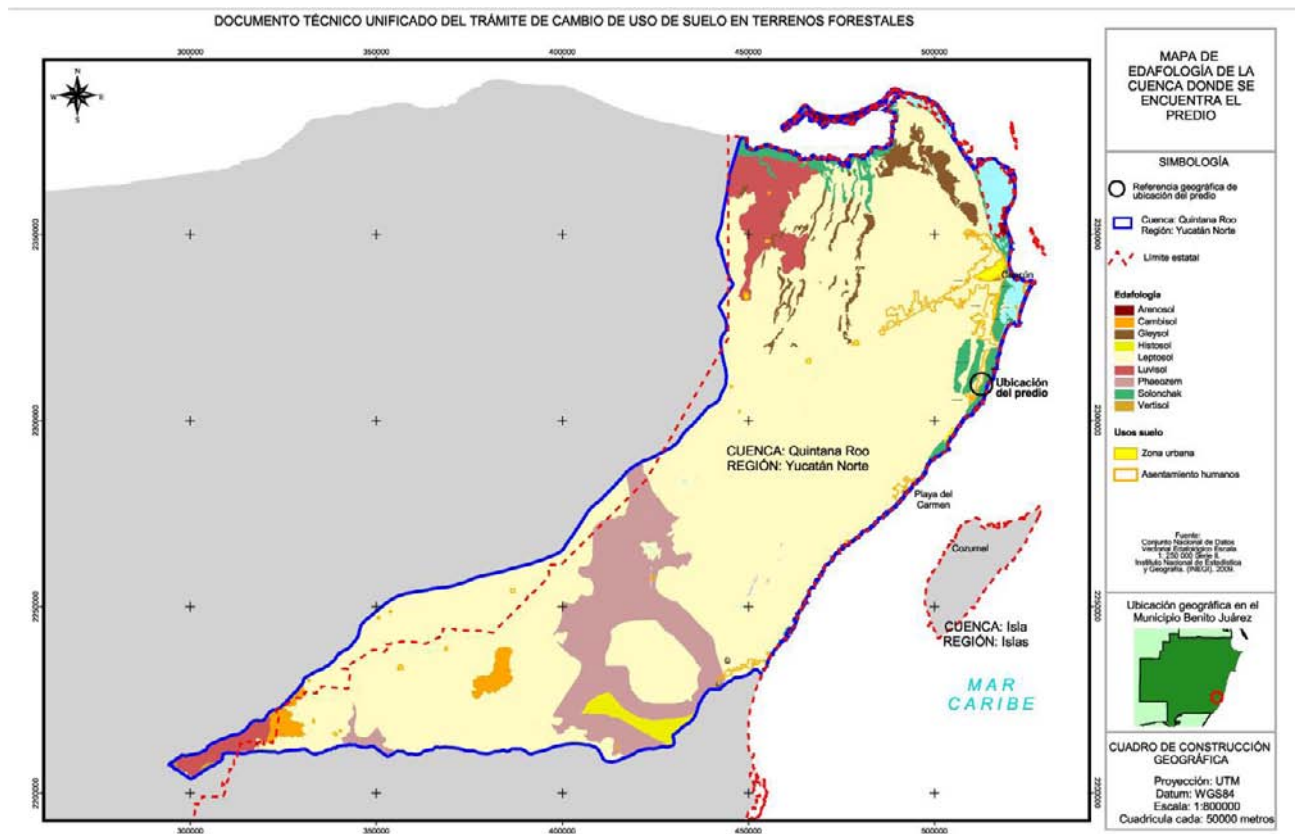
**Solonchak (SC):** Del ruso sol sal Literalmente suelos salinos. Se presentan en zonas donde se acumula el salitre, tales como lagunas costeras y lechos de lagos o en las partes más bajas de los valles y llanos de las regiones secas del país.

Tiene alto contenido de sales en todo o alguna parte del suelo. La vegetación típica para este tipo de suelo es el pastizal u otras plantas que toleran el exeso de sal (halófitas). Su empleo agrícola se halla limitado a cultivos resistentes a sales o donde se ha disminuido la concentración de salitr por medio del lavado del suelo. Su uso pecuario depende del tipo de pastizal pero con rendimientos bajos.

**Vertisol (V):** Del latín vertere, voltear. Literalmente, suelo que se revuelve o que se voltea. 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 al ser colapsables en seco pueden formar grietas en la superficie o a determinada profundidad. Su color más común es el negro o gris oscuro en la zona centro a oriente de México y de color café rojizo hacia el norte del país. Su uso agrícola es muy extenso, variado y productivo. Ocupan gran parte de importantes distritos de riego en Sinaloa, Sonora, Guanajuato, Jalisco, Tamaulipas y Veracruz. Son muy



fértiles pero su dureza dificulta la labranza. En estos suelos se produce la mayor parte de caña, cereales, hortalizas y algodón. Tienen baja susceptibilidad a la erosión y alto riesgo de salinización.



Ubicación la cuenca Quintana Roo dentro de la carta edafológica

### 3. 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 Mediana Subperennifolia:** 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, jioté, 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 Caducifolia.** 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 10 m, 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.** 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).

**Selva Baja espinosa subperennifolia:** Del total de 1035679 hectáreas a nivel nacional, 373243 corresponden a territorios de los pueblos indígenas, lo que representa 36 por ciento. Si bien esta selva está clasificada por la Serie III como selva espinosa, en este caso se refiere a una modalidad de las selvas subperennifolias del sur y oriente de la Península de Yucatán. Aparecen también en la parte inundable del noroccidente de la misma Península. En general, se trata de selvas inundables que resisten inundaciones intermitentes cuando entran a la región las tormentas tropicales, principalmente desde el Caribe. En el suroriente de la península tenemos los tintales (*Haematoxylum campechianum*) como vegetación dominante. Es evidente que los mayas yucatecos son los que tienen un amplio territorio de este tipo de selvas. Los otros pueblos que tienen en sus territorios este tipo de selva son colonizadores y refugiados de Guatemala.

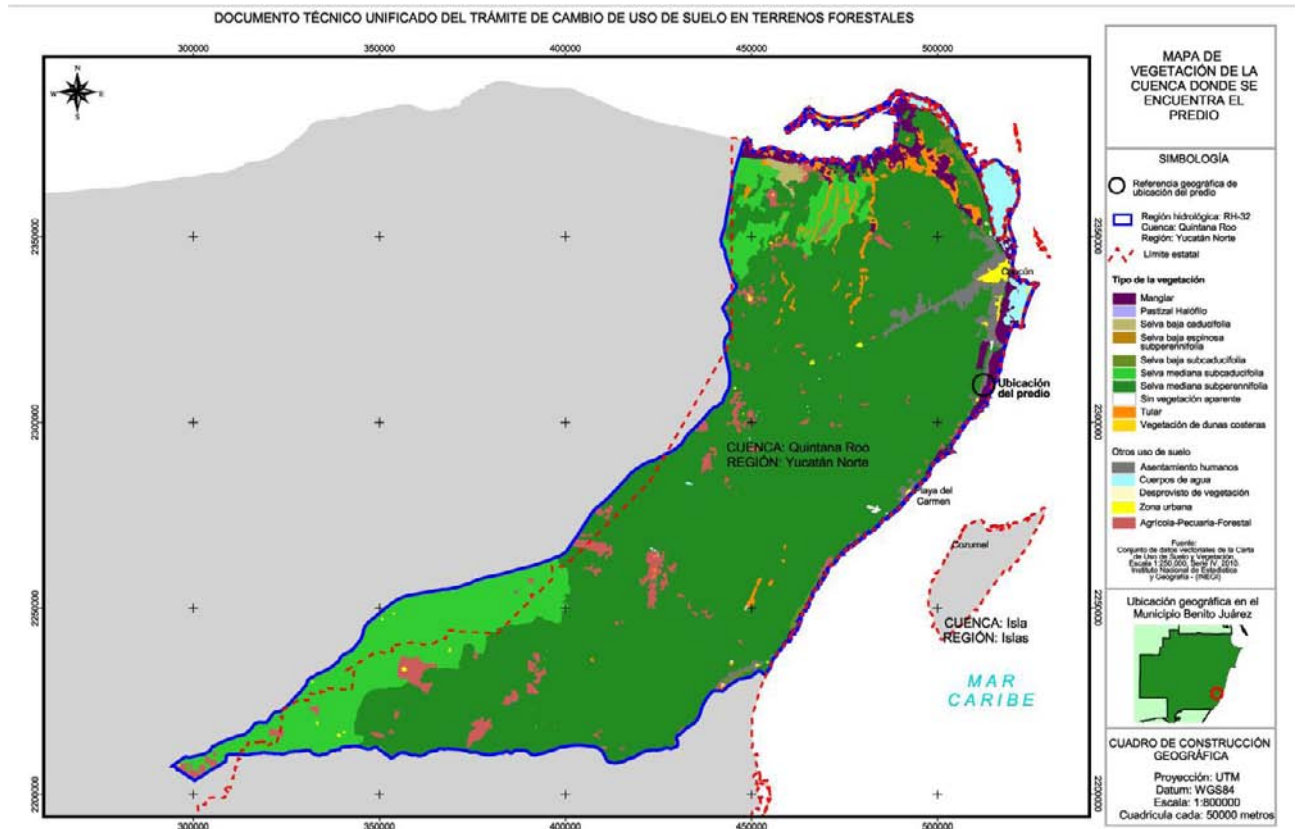
**Selva mediana subcaducifolia:** abarcan a nivel nacional 4737330 hectáreas, de las cuales 2963515 están en territorio de los pueblos indígenas, lo que representa 63.5 por ciento. Destacan los mayas de Yucatán, quienes abarcan una vasta área de la Península con este tipo de vegetación, la cual se extiende desde el noreste al suroeste de la Península. Asimismo, este tipo de vegetación se encuentra principalmente en las planicies costeras de la costa del Pacífico. En especial, hay que mencionar que la vegetación secundaria abarca grandes extensiones en su modalidad de arborea y arbustiva. Esta vegetación secundaria en los territorios mayas abarca 89 por ciento de todo el macizo selvático de los territorios indígenas de México

**Tular** . 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 tulillo (*Scirpus* pp.), 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.** 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 pescapre*), 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

**Manglar.** 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.

**Pastrizal halófilo:** omunidad de gramíneas que se desarrolla sobre suelos salinosódicos, por lo que su presencia es independiente del clima; es frecuente en el fondo de las cuencas cerradas de zonas áridas y semiáridas; aunque también son frecuentes en algunas áreas próximas a las costas afectadas por el mar o por lagunas costeras. Su distribución comprende todo el Altiplano, desde Chihuahua y Coahuila, hasta Jalisco, Michoacán, Valle de México, Puebla y Tlaxcala, así como de algunas porciones de planicies costerasdel país.



#### 4. 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)<sup>14</sup> reporta para la herpetofauna de la región: salamandra de Yucatán (*Bolitoglossa yucatanana*), sapo excavador (*Rhinophrynus dorsalis*), rana arbórea (*Phynohyas venulosa*), rana

de árbol (*Tripurion 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 (*Staurotypus triporcatus*), casquito (*Kinostemon creasen*), pochitoque (*Kinostemon scopioides*) tortuga monjiona (*Rhynoclemys areolata*), tortuga de carolina (*Terrapene carolina*), tortuga jicotea (*Trachemys scripta*), toloquito (*Norops sagrei*), 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 cuniculator*), 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. Yum-balam. (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
<b>AICA 177. Corredor Central Vallarta-Punta Laguna</b>		
<i>Mycteria americana</i>	Residente	A
<i>Aramus guarana</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
<i>Icterus auratus</i>	Residente	A
<b>AICA 174. Sierra de Ticúl-Punto Put</b>		
<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

ESPECIE	ESTACIONALIDAD	CATEGORÍA NOM-059
<i>Buteo magnirostris</i>	Residente	Pr
<i>Spizaetus tyrannus</i>	Residente	A
<i>Spizaetus ornatus</i>	Residente	P
<i>Falco ruficularis</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
<b>AICA 187. Yum-balam</b>		
<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

ESPECIE	ESTACIONALIDAD	CATEGORÍA NOM-059
<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 caeruleascens</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

ESPECIE	ESTACIONALIDAD	CATEGORÍA NOM-059
<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
<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>Limnithlypis 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.

#### 4.1. 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. Asimismo, cabe mencionar que la Cuenca se encuentra ubicada dentro de dos provincias herpetofaunísticas denominadas: Petén y Yucatéca

La provincia Yucatéca, 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 Yucatéca 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.

## 4.2. 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 (*Prynosoma sp.*) y de la región Neotropical, Jaguar (*Panthera onca*), vampiro (*Desmodus rotundus*), armadillo (*Dasypus novencintus*), tlacuache o zarigüeya (*Didelphis virginianus*).

Cabe destacar que la cuenca Quintana Roo se ubica dentro de la Región Faunística Neotropical, 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*).

## 5. DESCRIPCIÓN DE ASPECTOS FÍSICOS Y BIÓTICOS A MENOR ESCALA (MICROCUCENCA)

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 (ver planos anteriores), 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 escases de datos oficiales que se encuentran publicados a la fecha en relación a las microcuencas.

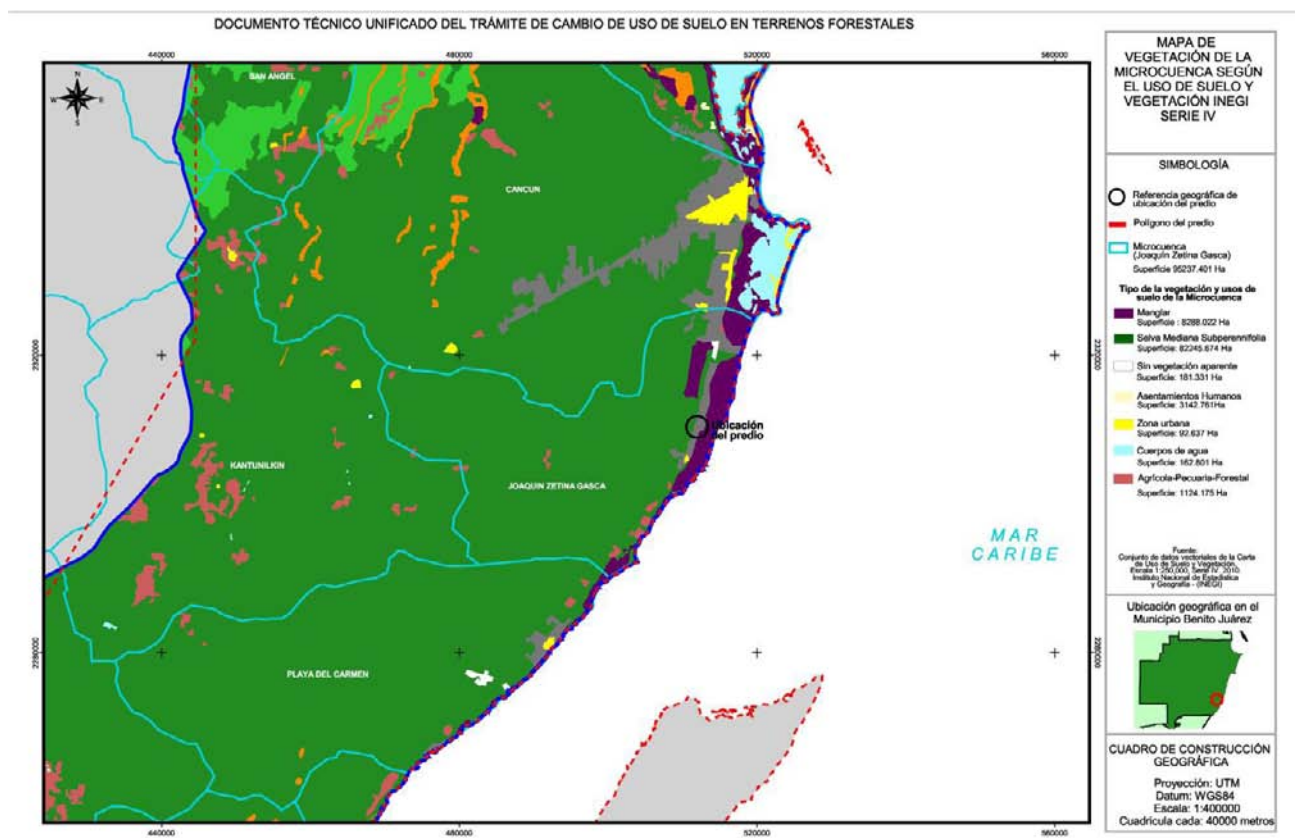
Por lo que toca a los aspectos bióticos, éstos se comportan de manera distinta, pues si bien es cierto que se pensaría que su distribución debiera ser relativamente homogénea dentro gran parte de la cuenta y los ecosistemas, lo anterior no sucede en la realidad debido a que los organismos responden ante 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 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 del predio en donde se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo.

Bajo este supuesto, y con el propósito de usar otra unidad de análisis más específica (subcuenca o microcuenca), se optó por utilizar la delimitación de cuencas y microcuencas propuestas por SAGARPA-FIRCO (2010) y utilizada por la SEMARNAT en el Sistema de Información geográfica para la Evaluación del Impacto Ambient (SIGIEA).

Ante lo arriba expuesto y considerando la ubicación del preio, se determinó como área de estudio la **Microcuenca Joaquín Zetina Gasca**, misma que cuenta con una superficie de 95237.401 ha.



Visto lo anterior, a continuación se presenta la descripción de los elementos físicos y biológicos que integran la microcuenca en estudio.

## 5.1. Componentes bióticos

### Vegetación



A nivel de la microcuenca se identificaron dos tipos de vegetación (Selva mediana subperennifolia y manglar) y cinco usos de suelo predominantes (asentamientos humanos, zona urbana, agrícola-pecuaria-forestal, cuerpo de agua y sin vegetación aparente):

**Selva Mediana Subperennifolia (SMQ).** Cubre una extensión de 82245.674 ha en la microcuenca (según carta de USU y VEG, INEGI, serie IV). 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. Los árboles, al igual que los de la selva alta perennifolia, tienen contrafuertes y por lo general poseen muchas epífitas y lianas; 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* (chico 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.

**Manglar (VM).** Cubre una extensión de 8288.022 ha en la microcuenca (según carta de USU y VEG, INEGI, serie IV). 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.

Por lo que toca a los usos de suelo, se advierte que ocupan la superficie restante de la microcuenca definida.

## Fauna

La composición faunística con incidencia dentro de la microcuenca, se describen en los apartados subsecuentes.

## **5.2. 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**

### **VEGETACIÓN**

### Delimitación del área de estudio

Par poder estimar los índices de diversidad de la flora y fauna, y con la intención de obtener resultados confiables y característicos del ecosistema que se analiza, se procedió a buscar dentro de la microcuenca un predio cercano al terreno forestar de interés, cuya característica principal fuera la total presencia de vegetación de Selva mediana subperennifolia (ecosistema similar al que será afectado). Con fines prácticos y metodológicos, se seleccionó un polígono cuya superficie corresponde a 3.1 hectáreas y cuyos vértices se citan en la siguiente tabla:

COORDENADAS UTM		
SITIO	X	Y
1	507725.851	2307265.242
2	507671.551	2307169.301
3	507395.955	2307282.492
4	507445.851	2307372.943

Dentro del polígono antes referido, se llevó a cabo un inventario forestal en 10 sitios de muestreo, equivalentes al mismo número de sitios de muestreo realizados en la superficie de cambio de uso de suelo; con la finalidad de poder obtener un análisis comparativo entre la superficie que será afectada con el proyecto y aquella que se conserva dentro de la microcuenca.



Predio restigo y sitios de monitoreo

» 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 equidistantes 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 de los sitios de muestreo del polígono estudiado en la microcuenca.

COORDENADAS UTM		
SITIO	X	Y
1	507458.70273	2307339.66272
2	507513.16564	2307316.87800
3	507574.59821	2307296.67402
4	507636.92912	2307269.46802
5	507689.61365	2307246.44293
6	507669.83955	2307208.31667
7	507617.15502	2307231.34176
8	507554.82411	2307258.54776
9	507493.39154	2307278.75174
10	507438.92863	2307302.53646

#### » 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 10 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 225 m<sup>2</sup> .
- ✓ -Estrato arbustivo: cuadrantes fijos de 25 m<sup>2</sup>.
- ✓ -Estrato herbáceo: cuadrantes fijos de 1 m<sup>2</sup>

#### » Resultados del inventario (composición de la vegetación)

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

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

#### COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1.	Fabaceae	<i>Acacia cornigera</i>	Subin
2.	Fabaceae	<i>Acacia dolichostachya</i>	Tzalam verde
3.	Fabaceae	<i>Acacia glauveri</i>	Catzin
4.	Fabaceae	<i>Acacia glomerosa</i>	Sakpich
5.	Anacardeaceae	<i>Astronium graveolens</i>	Jobillo
6.	Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
7.	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón
8.	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
9.	Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamché
10.	Fabaceae	<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	Tak'in che'
11.	Salicaceae	<i>Casearia corymbosa</i>	ixii' mche'
12.	Bombacaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>	Pochote
13.	Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba
14.	Arecaceae	<i>Chamaedora seifrizii</i>	Xyaat
15.	Fabaceae	<i>Chloroleucon mangense</i>	Verde lucero
16.	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito
17.	Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Sac boob
18.	Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
19.	Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i>	Nacax
20.	Bojom	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae
21.	Susuyuk	<i>Croton icche</i>	Euphorbiaceae
22.	Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i>	Sakpom
23.	Ebenaceae	<i>Diospyros yucatanensis</i>	Silil
24.	Ebenaceae	<i>Diospyrus tetrasperma</i>	Silil
25.	Putranjivaceae	<i>Drypetes lateriflora</i>	Ek'ulub
26.	Rutaceae	<i>Esembeckia pentaphylla</i>	Yayte
27.	Moraceae	<i>Ficus continifolia</i>	Amatillo (hoja menuda)
28.	Moraceae	<i>Ficus máxima</i>	Higuera
29.	Moraceae	<i>Ficus obtusifolia</i>	Higo copó
30.	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cacaoché
31.	Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	Tastab
32.	Euphorbiaceae	<i>Guettarda elliptica</i>	Ekulub o cascarillo
33.	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes lucida</i>	Yayté
34.	Polygonaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Tzizilché
35.	Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Majahua
36.	Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canazin
37.	Fabaceae	<i>Lonchocarpus xuul</i>	Xuul
38.	Fabaceae	<i>Lonchocarpus yucatanensis</i>	Yaax xuul
39.	Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
40.	Malpighiaceae	<i>Malpighia glabra</i>	Guayacte
41.	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote
42.	Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechem
43.	Myrtaceae	<i>Myrcianthes fragrans</i>	Koj kaan'
44.	Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
45.	Nyctaginaceae	<i>Neea psychotrioides</i>	Xta'tsi
46.	Icacinaeae	<i>Ottoschulzia pallida</i>	uvas che
47.	Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín

COMPOSICIÓN FLORÍSTICA			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
48.	Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i>	Kaniste o mante
49.	Sapotaceae	<i>Pouteria reticulata</i>	Zapote
50.	Sapotaceae	<i>Pouteria unilocularis</i>	Zapote
51.	Rubiaceae	<i>Randia longiloba</i>	Cruceta
52.	Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Huano
53.	Sapotaceae	<i>Sideroxylom foetidissimum</i>	Sibul
54.	Sapotaceae	<i>Sideroxylom salicifolium</i>	Zapote faisán
55.	Simaroubaceae	<i>Simarouba glauca</i>	Pa'sak'
56.	Fabaceae	<i>Swartzia cubensis</i>	Catalox
57.	Fabaceae	<i>Sweetia panamensis</i>	Huesillo
58.	Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i>	Mak'ulis
59.	Sapindaceae	<i>Talisia olivaeformis</i>	Huaya de monte
60.	Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akits
61.	Sapindaceae	<i>Thouinia paucidentata</i>	K'anchunub
62.	Bromeliaceae	<i>Tillandsia festuoides</i>	Xanab
63.	Meliaceae	<i>Trichilia minutiflora</i>	tsiimin che
64.	Meliaceae	<i>Trichilia hirta</i>	Cabo de hacha
65.	Arecaceae	<i>Trinax radiata</i>	Chit
66.	Verbenaceae	<i>Vitex graumeri</i>	Ya'a xnik
67.	Flacourtiaceae	<i>Zuelania guidonia</i>	Palo volador
68.	Leguminosae	<i>Zygia stevensonii</i>	Zygia

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

De acuerdo con los listados presentados en las tablas anteriores, se tiene que la vegetación del polígono de estudio dentro de la microcuenca, se encuentra compuesta por 68 especies, de las cuales las familias mejor representadas son la Fabaceae y Sapotaceae.

En la siguiente tabla se presentan las especies registradas para cada estrato.

COMPOSICIÓN FLORÍSTICA POR ESTRATO			
REGISTRO	ARBÓREO	ARBUSTIVO	HERBÁCEO
1.	<i>Acacia comigera</i>	<i>Acacia dolichostachya</i>	<i>Astronium graveolens</i>
2.	<i>Acacia dolichostachya</i>	<i>Acacia glauveri</i>	<i>Ceiba pentandra</i>
3.	<i>Acacia glauveri</i>	<i>Acacia glomerosa</i>	<i>Chamaedora seifrizii</i>
4.	<i>Acacia glomerosa</i>	<i>Bauhinia divaricata</i>	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>
5.	<i>Astronium graveolens</i>	<i>Bursera simaruba</i>	<i>Coccoloba diversifolia</i>
6.	<i>Bauhinia divaricata</i>	<i>Casearia corymbosa</i>	<i>Coccoloba spicata</i>
7.	<i>Brosimum alicastrum</i>	<i>Ceiba aesculifolia</i>	<i>Coccothrinax readii</i>

COMPOSICIÓN FLORÍSTICA POR ESTRATO			
REGISTRO	ARBÓREO	ARBUSTIVO	HERBÁCEO
8.	<i>Bursera simaruba</i>	<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Cupania dentata</i>
9.	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	<i>Ficus cotinifolia</i>
10.	<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	<i>Coccoloba spicata</i>	<i>Guettarda elliptica</i>
11.	<i>Casearia corymbosa</i>	<i>Coccothrinax readii</i>	<i>Gymnanthes lucida</i>
12.	<i>Ceiba aesculifolia</i>	<i>Croton icche</i>	<i>Gymnopodium floribundum</i>
13.	<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Cupania dentata</i>	<i>Hampea trilobata</i>
14.	<i>Chloroleucon mangense</i>	<i>Diospyros yucatanensis</i>	<i>Malpighia glabra</i>
15.	<i>Coccoloba diversifolia</i>	<i>Drypetes lateriflora</i>	<i>Myrciantes fragrans</i>
16.	<i>Coccoloba spicata</i>	<i>Esembeckia pentaphylla</i>	<i>Pouteria reticulata</i>
17.	<i>Cordia alliodora</i>	<i>Ficus cotinifolia</i>	<i>Pouteria unilocularis</i>
18.	<i>Cupania dentata</i>	<i>Guettarda elliptica</i>	<i>Randia longiloba</i>
19.	<i>Diospyros yucatanensis</i>	<i>Guetterda combsii</i>	<i>Sweetia panamensis</i>
20.	<i>Diospyrus tetrasperma</i>	<i>Gymnopodium floribundum</i>	<i>Tillandsia festucoides</i>
21.	<i>Drypetes lateriflora</i>	<i>Hampea trilobata</i>	<i>Trichilia minutiflora</i>
22.	<i>Ficus cotinifolia</i>	<i>Manilkara zapota</i>	<i>Trinax radiata</i>
23.	<i>Ficus maxima</i>	<i>Metopium brownei</i>	<i>Zygia stevensonii</i>
24.	<i>Ficus obtusifolia</i>	<i>Nectandra coriacea</i>	
25.	<i>Gliricidia sepium</i>	<i>Neea psychotioides</i>	
26.	<i>Guettarda elliptica</i>	<i>Ottoschulzia pallida</i>	
27.	<i>Gymnopodium floribundum</i>	<i>Piscidia piscipula</i>	
28.	<i>Hampea trilobata</i>	<i>Randia longiloba</i>	
29.	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	<i>Sideroxylom foetidissimum</i>	
30.	<i>Lonchocarpus xuul</i>	<i>Simarouba glauca</i>	
31.	<i>Lonchocarpus yucatanensis</i>	<i>Sweetia panamensis</i>	
32.	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	<i>Thevetia gaumeri</i>	
33.	<i>Manilkara zapota</i>	<i>Thouinia paucidentata</i>	
34.	<i>Metopium brownei</i>	<i>Trichilia hirta</i>	
35.	<i>Neea psychotioides</i>	<i>Trinax radiata</i>	
36.	<i>Piscidia piscipula</i>	<i>Vitex gaumeri</i>	
37.	<i>Pouteria campechiana</i>		
38.	<i>Randia longiloba</i>		
39.	<i>Sabal yapa</i>		
40.	<i>Sideroxylom foetidissimum</i>		
41.	<i>Sideroxylom salicifolium</i>		
42.	<i>Swartzia cubensis</i>		
43.	<i>Sweetia panamensis</i>		
44.	<i>Tabebuia rosea</i>		
45.	<i>Talisia olivaeformis</i>		
46.	<i>Thevetia gaumeri</i>		
47.	<i>Thouinia paucidentata</i>		
48.	<i>Trichilia hirta</i>		
49.	<i>Vitex gaumeri</i>		
50.	<i>Zuelania guidonia</i>		

## » Análisis de abundancia

A continuación, a manera de tablas, 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.

- ✓ Abundancia absoluta (Aa) se define como el número total de individuos por unidad de superficie pertenecientes a una determinada especie.
- ✓ Abundancia relativa se define como la participación de cada especie, en porcentaje, en relación al número total de individuos y se considera como el 100 %.

ESTRATO ARBÓREO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# de inddel inventario	Abundancia absoluta (ind/ha)	Abundancia relativa
<i>Acacia cornigera</i>	5	22	0.012
<i>Acacia dolichostachya</i>	24	107	0.055
<i>Acacia glauveri</i>	1	4	0.002
<i>Acacia glomerosa</i>	1	4	0.002
<i>Astronium graveolens</i>	4	18	0.009
<i>Bauhinia divaricata</i>	6	27	0.014
<i>Brosimum alicastrum</i>	3	13	0.007
<i>Bursera simaruba</i>	23	102	0.053
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	7	31	0.016
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	3	13	0.007
<i>Casearia corymbosa</i>	2	9	0.005
<i>Ceiba aesculifolia</i>	4	18	0.009
<i>Ceiba pentandra</i>	1	4	0.002
<i>Chloroleucon mangense</i>	7	31	0.016
<i>Coccoloba diversifolia</i>	4	18	0.009
<i>Coccoloba spicata</i>	8	36	0.018
<i>Cordia alliodora</i>	3	13	0.007
<i>Cupania dentata</i>	2	9	0.005
<i>Diospyros yucatanensis</i>	3	13	0.007
<i>Diospyrus tetrasperma</i>	3	13	0.007
<i>Drypetes lateriflora</i>	5	22	0.012
<i>Ficus cotinifolia</i>	35	156	0.081
<i>Ficus maxima</i>	8	36	0.018
<i>Ficus obtusifolia</i>	17	76	0.039
<i>Gliricia sepium</i>	7	31	0.016
<i>Guettarda elliptica</i>	3	13	0.007
<i>Gymnopodium floribundum</i>	2	9	0.005
<i>Hampea trilobata</i>	6	27	0.014
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	7	31	0.016
<i>Lonchocarpus xuul</i>	4	18	0.009
<i>Lonchocarpus yucatanensis</i>	2	9	0.005
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	16	71	0.037
<i>Manilkara zapota</i>	22	98	0.051
<i>Metopium brownei</i>	37	164	0.085
<i>Neea psychotoides</i>	4	18	0.009

ESTRATO ARBÓREO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# de ind del inventario	Abundancia absoluta (ind/ha)	Abundancia relativa
<i>Piscidia piscipula</i>	42	187	0.097
<i>Pouteria campechiana</i>	2	9	0.005
<i>Randia longiloba</i>	3	13	0.007
<i>Sabal yapa</i>	2	9	0.005
<i>Sideroxylom foetidissimum</i>	2	9	0.005
<i>Sideroxylom salicifolium</i>	3	13	0.007
<i>Swartzia cubensis</i>	1	4	0.002
<i>Sweetia panamensis</i>	1	4	0.002
<i>Tabebuia rosea</i>	1	4	0.002
<i>Talisia olivaeformis</i>	4	18	0.009
<i>Thevetia gaumeri</i>	31	138	0.071
<i>Thouinia paucidentata</i>	4	18	0.009
<i>Trichillia hirta</i>	5	22	0.012
<i>Vitex gaumeri</i>	43	191	0.099
<i>Zuelania guidonia</i>	1	4	0.002
<b>total</b>	<b>434</b>	<b>1927</b>	<b>1</b>

ESTRATO ARBUSTIVO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# de ind del inventario	Abundancia absoluta (ind/ha)	Abundancia relativa
<i>Acacia dolichostachya</i>	3	120	0.015
<i>Acacia glauveri</i>	5	200	0.025
<i>Acacia glomerosa</i>	2	80	0.010
<i>Bauhinia divaricata</i>	14	560	0.071
<i>Bursera simaruba</i>	4	160	0.020
<i>Casearia corymbosa</i>	3	120	0.015
<i>Ceiba aesculifolia</i>	4	160	0.020
<i>Ceiba pentandra</i>	3	120	0.015
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	2	80	0.010
<i>Coccoloba spicata</i>	4	160	0.020
<i>Coccothrinax readii</i>	5	200	0.025
<i>Croton icche</i>	2	80	0.010
<i>Cupania dentata</i>	6	240	0.030
<i>Diospyros yucatanensis</i>	2	80	0.010
<i>Drypetes lateriflora</i>	2	80	0.010
<i>Esembeckia pentaphylla</i>	3	120	0.015
<i>Ficus cotinifolia</i>	5	200	0.025
<i>Guettarda elliptica</i>	4	160	0.020
<i>Guettarda combsii</i>	3	120	0.015
<i>Gymnopodium floribundum</i>	4	160	0.020
<i>Hampea trilobata</i>	3	120	0.015
<i>Manilkara zapota</i>	8	320	0.041
<i>Metopium brownei</i>	21	840	0.107
<i>Nectandra coriacea</i>	3	120	0.015
<i>Neea psychotioides</i>	5	200	0.025



ESTRATO ARBUSTIVO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# de ind del inventario	Abundancia absoluta (ind/ha)	Abundancia relativa
<i>Ottoschulzia pallida</i>	3	120	0.015
<i>Piscidia piscipula</i>	9	360	0.046
<i>Randia longiloba</i>	1	40	0.005
<i>Sideroxylum foetidissimum</i>	2	80	0.010
<i>Simarouba glauca</i>	5	200	0.025
<i>Sweetia panamensis</i>	3	120	0.015
<i>Thevetia gaumeri</i>	14	560	0.071
<i>Thouinia paucidentata</i>	2	80	0.010
<i>Trichilia hirta</i>	1	40	0.005
<i>Trinax radiata</i>	12	480	0.061
<i>Vitex gaumeri</i>	25	1000	0.127
<b>Total</b>	<b>197</b>	<b>7880</b>	<b>1</b>

ESTRATO HERBÁCEO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# de ind del inventario	Abundancia absoluta (ind/ha)	Abundancia relativa
<i>Astronium graveolens</i>	4	4,000	0.054
<i>Ceiba pentandra</i>	1	1,000	0.014
<i>Chamaedora seifrizii</i>	2	2,000	0.027
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	1	1,000	0.014
<i>Coccoloba diversifolia</i>	3	3,000	0.041
<i>Coccoloba spicata</i>	1	1,000	0.014
<i>Coccothrinax readii</i>	2	2,000	0.027
<i>Cupania dentata</i>	2	2,000	0.027
<i>Ficus cotinifolia</i>	9	9,000	0.122
<i>Guettarda elliptica</i>	3	3,000	0.041
<i>Gymnanthes lucida</i>	4	4,000	0.054
<i>Gymnopodium floribundum</i>	2	2,000	0.027
<i>Hampea trilobata</i>	4	4,000	0.054
<i>Malpighia glabra</i>	6	6,000	0.081
<i>Myrciastes fragrans</i>	1	1,000	0.014
<i>Pouteria reticulata</i>	2	2,000	0.027
<i>Pouteria unilocularis</i>	3	3,000	0.041
<i>Randia longiloba</i>	6	6,000	0.081
<i>Sweetia panamensis</i>	4	4,000	0.054
<i>Tillandsia festucoides</i>	3	3,000	0.041
<i>Trichilia minutiflora</i>	2	2,000	0.027
<i>Trinax radiata</i>	7	7,000	0.095
<i>Zygia stevensonii</i>	2	2,000	0.027
<b>Total</b>	<b>74</b>	<b>74000</b>	<b>1</b>

» Métodos de muestreo aplicados al estudio de la fauna

Aves

Este grupo faunístico fue estudiado bajo el método de transecto, 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 aproximadamente 13.5 metros a cada lado (radio definido del punto).

En la aplicación de este 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 11 puntos de conteo. Cada punto fue revisado cuatro días consecutivos: los primeros dos días se revisaron por la tarde y en los dos días siguientes por la mañana en sentido contrario (Este-Oeste).

En cada punto se registraron las especies y el número de individuos de cada especie observada. Asimismo, se anotó si fueron vistas, escuchadas o vistas y escuchadas; 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. 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 m<sup>2</sup> (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 5.5 m por un largo de 293 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 la herpetofauna 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 herpetofauna podría demandar un inmenso trabajo de campo que depende fundamentalmente de la época del año en que el trabajo se ejecute. Por lo anterior, se optó por la metodológica denominada 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 en un sendero de 5.5 (longitud de la brecha = 293 m).

### **» Resultados obtenidos**

AVES			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1.	Trochilidae	<i>Amazilia yucatanensis</i>	Colibrí yucateco
2.	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita
3.	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	Sac pacal
4.	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca
5.	Cardinalidae	<i>Saltator coerulescens</i>	Saltador ajicero
6.	Corvidae	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara yucateca
7.	Corvidae	<i>Cyanocorax morio</i>	Chara papán
8.	Corvidae	<i>Cyanocorax yncas</i>	Chara verde
9.	Icteridae	<i>Dives dives</i>	Tordo cantor
10.	Icteridae	<i>Icterus auratus</i>	Bolsero yucateco
11.	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate
12.	Icteridae	<i>Icterus chrysater</i>	Bolsero dorso
13.	Icteridae	<i>Icterus gularis</i>	Bolsero
14.	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle
15.	Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero
16.	Troglodytidae	<i>Thryothorus maculipectus</i>	Chivirín moteado
17.	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario
18.	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	X'takay
19.	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical
20.	Vireonidae	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Vireón cejirrufo
21.	Sylviidae	<i>Polioptila caerulea</i>	Tacuarita azul
REPTILES			
1.	Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa

2.	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana rayada
3.	Polychridae	<i>Norops sagrei</i>	Lagartija común
4.	Polychridae	<i>Anolis cristatellus</i>	Anolis café
5.	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	Lagartija espinosa
<b>MAMÍFEROS</b>			
1.	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Coatí
2.	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache
3.	Heteromyidae	<i>Heteromys gaumeri</i>	Ratón semillero
4.	Sciuridae	<i>Sciurus yucatanensis</i>	Ardilla gris
<b>ANFIBIOS</b>			
1.	Bufoidae	<i>Bufo marinus</i>	Sapo

Asimismo, se revisaron los estudios de 2 proyectos distintos ubicados en la misma microcuenca y con la misma vegetación, encontrándose que además de algunas de las especies arriba listadas, se tienen reportes para las siguientes:

OTRAS ESPECIES REGISTRADAS EN LA MICROCUENCA			
GRUPO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Mamíferos	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	Mapache
Aves	Corvidae	<i>Tachycineta bicolor</i>	Golondrina
Aves	Icteridae	<i>Icterus prosthemelas</i>	Bolsero
Aves	Parulidae	<i>Setophaga ruticilla</i>	Chipe
Aves	Picidae	<i>Piculus rubiginosus</i>	Carpintero
Aves	Turdidae	<i>Turdus grayi</i>	Mirlo
Aves	Cardinalidae	<i>Passerina cyanea</i>	Azulejo
Aves	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero
Aves	Trochilidae	<i>Amazilia rutilia</i>	Colibrí canela
Anfibios	Bufoidae	<i>Bufo valliceps</i>	Sapo común
Reptiles	Viperidae	<i>Bothrops asper</i>	Nauyaca

De acuerdo con los datos presentados en las tablas anteriores se cuenta con un registro de 42 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 29 especies distribuidas en 17 familias. Seguido en orden de importancia está el grupo de los reptiles representados por 6 especies distribuidas en 5 familias; los mamíferos con 5 especies en 4 familias; y por último tenemos al grupo de los anfibios con 2 especies de la misma familia.

Por lo que toca a las especies listadas bajo alguna categoría de riesgo, encontramos las siguientes como reportadas dentro de la microcuenca de estudio.

ESPECIES EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010				
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTATUS
1	Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa	Amenazada
2	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana rayada	Amenazada

#### » 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. 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	ABUNDANCIA RELATIVA
<i>Amazilia yucatanensis</i>	2	3	0.035
<i>Columbina talpacoti</i>	5	8	0.087
<i>Zenaida asiatica</i>	2	3	0.035
<i>Ortalis vetula</i>	2	3	0.035
<i>Saltator coerulescens</i>	3	5	0.052
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	2	3	0.035
<i>Cyanocorax morio</i>	4	6	0.070
<i>Cyanocorax yncas</i>	2	3	0.035
<i>Dives dives</i>	3	5	0.052
<i>Icterus auratus</i>	5	8	0.087
<i>Quiscalus mexicanus</i>	3	5	0.052
<i>Icterus chrysater</i>	2	3	0.035
<i>Icterus gularis</i>	4	6	0.070
<i>Mimus gilvus</i>	1	2	0.017
<i>Melanerpes aurifrons</i>	3	5	0.052
<i>Thryothorus maculipectus</i>	2	3	0.035
<i>Myiozetetes similis</i>	4	6	0.070
<i>Pitangus sulphuratus</i>	2	3	0.035
<i>Tyrannus melancholicus</i>	2	3	0.035
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	1	2	0.017
<i>Polioptila caerulea</i>	3	5	0.052
<b>TOTAL</b>	<b>57</b>	<b>91</b>	<b>1</b>

HERPETOFAUNA REGISTRADA 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>	1	6	0.017
<i>Ctenosaura similis</i>	8	50	0.133
<i>Norops sagrei</i>	16	99	0.267
<i>Anolis cristatellus</i>	12	74	0.200
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	20	124	0.334
<i>Bufo marinus</i>	3	19	0.050
<b>TOTAL</b>	<b>60</b>	<b>372</b>	<b>1</b>
MAMÍFEROS REGISTRADOS EN EL POLÍGONO DE ESTUDIO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO	Aa = # DE IND POR HECTÁREA	ABUNDANCIA RELATIVA
<i>Nasua narica</i>	8	50	0.365
<i>Didelphis virginiana</i>	3	19	0.137
<i>Heteromys gaureri</i>	5	31	0.228
<i>Sciurus yucatanensis</i>	6	37	0.274
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	<b>136</b>	<b>1</b>

**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), El índice de biodiversidad de Shannon-Weaner ( $H'$ ) (Spellerberg y Fedor, 2003), asume que todas las especies están representadas en las muestras e indica qué tan uniformes están representadas las especies (en abundancia) teniendo en cuenta todas las especies muestreadas (Instituto De Investigación De Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, año anónimo), de igual forma cabe señalar que este índice es uno de los índices más utilizados para determinar la diversidad de especies de plantas de un determinado hábitat (Mostacedo, 2000). Este índice se calcula mediante la siguiente fórmula:

Índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ):

$$\text{Donde: } H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \times \log_2 p_i) \quad \text{o} \quad H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

S = número total de especies.

$\sum_{i=1}^S =$  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  $i$ .

$H'$  = índice de Shannon-Wiener que en un contexto ecológico, como índice de diversidad, mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar provenientes de una comunidad 'extensa' de la que se conoce el número total de especies  $S$ ;  $p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$ , lo cual implica obtener el número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra. Asume que todas las especies están representadas en las muestras y que todos los individuos fueron muestreados al azar. Puede adquirir valores entre cero (0) cuando hay una sola especie y el logaritmo de  $S$  (5), cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos, es decir que la comunidad tenga una distribución de abundancias perfectamente equitativa ( $H'_{max}$ ). Puede verse fuertemente influenciado por las especies más abundantes o cuando la muestra es pequeña se subestima la diversidad específica. En la ecuación original se utilizan logaritmos en base 2, las unidades se expresan como bits/ind., pero pueden emplearse otras bases como  $e$  (nits/ind.) o 10 (decits/ind.).

## » 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).

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 <sub>2</sub> Pi	Pi * LOG <sub>2</sub> Pi
<i>Acacia cornigera</i>	0.012	-6.440	-0.074
<i>Acacia dolichostachya</i>	0.055	-4.177	-0.231
<i>Acacia glauveri</i>	0.002	-8.762	-0.020
<i>Acacia glomerosa</i>	0.002	-8.762	-0.020
<i>Astronium graveolens</i>	0.009	-6.762	-0.062

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO ARBÓREO			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG <sub>2</sub> Pi	Pi * LOG <sub>2</sub> Pi
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.014	-6.177	-0.085
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.007	-7.177	-0.050
<i>Bursera simaruba</i>	0.053	-4.238	-0.225
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	0.016	-5.954	-0.096
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	0.007	-7.177	-0.050
<i>Casearia corymbosa</i>	0.005	-7.762	-0.036
<i>Ceiba aesculifolia</i>	0.009	-6.762	-0.062
<i>Ceiba pentandra</i>	0.002	-8.762	-0.020
<i>Chloroleucon mangense</i>	0.016	-5.954	-0.096
<i>Coccoloba diversifolia</i>	0.009	-6.762	-0.062
<i>Coccoloba spicata</i>	0.018	-5.762	-0.106
<i>Cordia alliodora</i>	0.007	-7.177	-0.050
<i>Cupania dentata</i>	0.005	-7.762	-0.036
<i>Diospyros yucatanensis</i>	0.007	-7.177	-0.050
<i>Diospyrus tetrasperma</i>	0.007	-7.177	-0.050
<i>Drypetes lateriflora</i>	0.012	-6.440	-0.074
<i>Ficus cotinifolia</i>	0.081	-3.632	-0.293
<i>Ficus maxima</i>	0.018	-5.762	-0.106
<i>Ficus obtusifolia</i>	0.039	-4.674	-0.183
<i>Gliricidia sepium</i>	0.016	-5.954	-0.096
<i>Guettarda elliptica</i>	0.007	-7.177	-0.050
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.005	-7.762	-0.036
<i>Hampea trilobata</i>	0.014	-6.177	-0.085
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	0.016	-5.954	-0.096
<i>Lonchocarpus xuul</i>	0.009	-6.762	-0.062
<i>Lonchocarpus yucatanensis</i>	0.005	-7.762	-0.036
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0.037	-4.762	-0.176
<i>Manilkara zapota</i>	0.051	-4.302	-0.218
<i>Metopium brownei</i>	0.085	-3.552	-0.303
<i>Neea psychotioides</i>	0.009	-6.762	-0.062
<i>Piscidia piscipula</i>	0.097	-3.369	-0.326
<i>Pouteria campechiana</i>	0.005	-7.762	-0.036
<i>Randia longiloba</i>	0.007	-7.177	-0.050
<i>Sabal yapa</i>	0.005	-7.762	-0.036
<i>Sideroxylom foetidissimum</i>	0.005	-7.762	-0.036
<i>Sideroxylom salicifolium</i>	0.007	-7.177	-0.050
<i>Swartzia cubensis</i>	0.002	-8.762	-0.020
<i>Sweetia panamensis</i>	0.002	-8.762	-0.020
<i>Tabebuia rosea</i>	0.002	-8.762	-0.020
<i>Talisia olivaeformis</i>	0.009	-6.762	-0.062
<i>Thevetia gaumeri</i>	0.071	-3.807	-0.272
<i>Thouinia paucidentata</i>	0.009	-6.762	-0.062
<i>Trichilia hirta</i>	0.012	-6.440	-0.074
<i>Vitex gaumeri</i>	0.099	-3.335	-0.330
<i>Zuelania guidonia</i>	0.002	-8.762	-0.020

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO ARBÓREO			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG <sub>2</sub> Pi	Pi * LOG <sub>2</sub> Pi
$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$			<b>4.77</b>

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO ARBUSTIVO			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG <sub>2</sub> Pi	Pi * LOG <sub>2</sub> Pi
<i>Acacia dolichostachya</i>	0.015	-6.037	-0.092
<i>Acacia glauveri</i>	0.025	-5.300	-0.135
<i>Acacia glomerosa</i>	0.010	-6.622	-0.067
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.071	-3.815	-0.271
<i>Bursera simaruba</i>	0.020	-5.622	-0.114
<i>Casearia corymbosa</i>	0.015	-6.037	-0.092
<i>Ceiba aesculifolia</i>	0.020	-5.622	-0.114
<i>Ceiba pentandra</i>	0.015	-6.037	-0.092
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	0.010	-6.622	-0.067
<i>Coccoloba spicata</i>	0.020	-5.622	-0.114
<i>Coccothrinax readii</i>	0.025	-5.300	-0.135
<i>Croton icche</i>	0.010	-6.622	-0.067
<i>Cupania dentata</i>	0.030	-5.037	-0.153
<i>Diospyros yucatanensis</i>	0.010	-6.622	-0.067
<i>Drypetes lateriflora</i>	0.010	-6.622	-0.067
<i>Esembeckia pentaphylla</i>	0.015	-6.037	-0.092
<i>Ficus cotinifolia</i>	0.025	-5.300	-0.135
<i>Guettarda elliptica</i>	0.020	-5.622	-0.114
<i>Guetterda combsii</i>	0.015	-6.037	-0.092
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.020	-5.622	-0.114
<i>Hampea trilobata</i>	0.015	-6.037	-0.092
<i>Manilkara zapota</i>	0.041	-4.622	-0.188
<i>Metopium brownei</i>	0.107	-3.230	-0.344
<i>Nectandra coriacea</i>	0.015	-6.037	-0.092
<i>Neea psychotioides</i>	0.025	-5.300	-0.135
<i>Ottoschulzia pallida</i>	0.015	-6.037	-0.092
<i>Piscidia piscipula</i>	0.046	-4.452	-0.203
<i>Randia longiloba</i>	0.005	-7.622	-0.039
<i>Sideroxylom foetidissimum</i>	0.010	-6.622	-0.067
<i>Simarouba glauca</i>	0.025	-5.300	-0.135
<i>Sweetia panamensis</i>	0.015	-6.037	-0.092
<i>Thevetia gaumeri</i>	0.071	-3.815	-0.271
<i>Thouinia paucidentata</i>	0.010	-6.622	-0.067
<i>Trichillia hirta</i>	0.005	-7.622	-0.039
<i>Trinax radiata</i>	0.061	-4.037	-0.246
<i>Vitex gaumeri</i>	0.127	-2.978	-0.378
$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$			<b>4.67</b>

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO HERBÁCEO			
--	--	--	--



ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG <sub>2</sub> Pi	Pi * LOG <sub>2</sub> Pi
<i>Astronium graveolens</i>	0.054	-4.209	-0.228
<i>Ceiba pentandra</i>	0.014	-6.209	-0.084
<i>Chamaedora seifrizii</i>	0.027	-5.209	-0.141
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	0.014	-6.209	-0.084
<i>Coccoloba diversifolia</i>	0.041	-4.624	-0.187
<i>Coccoloba spicata</i>	0.014	-6.209	-0.084
<i>Coccothrinax readii</i>	0.027	-5.209	-0.141
<i>Cupania dentata</i>	0.027	-5.209	-0.141
<i>Ficus cotinifolia</i>	0.122	-3.040	-0.370
<i>Guettarda elliptica</i>	0.041	-4.624	-0.187
<i>Gymnanthes lucida</i>	0.054	-4.209	-0.228
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.027	-5.209	-0.141
<i>Hampea trilobata</i>	0.054	-4.209	-0.228
<i>Malpighia glabra</i>	0.081	-3.624	-0.294
<i>Myrciantes fragrans</i>	0.014	-6.209	-0.084
<i>Pouteria reticulata</i>	0.027	-5.209	-0.141
<i>Pouteria unilocularis</i>	0.041	-4.624	-0.187
<i>Randia longiloba</i>	0.081	-3.624	-0.294
<i>Sweetia panamensis</i>	0.054	-4.209	-0.228
<i>Tillandsia festucoides</i>	0.041	-4.624	-0.187
<i>Trichilia minutiflora</i>	0.027	-5.209	-0.141
<i>Trinax radiata</i>	0.095	-3.402	-0.322
<i>Zygia stevensonii</i>	0.027	-5.209	-0.141
$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$			<b>4.26</b>

Como se puede observar en los datos de las tablas anteriores, la vegetación de Selva mediana subperennifolia que existe en la microcuenca, considerando el polígono estudiado, ostenta una elevada biodiversidad en cuanto a especies de flora se refiere, ya que en todos los estratos de la vegetación supera los 4 puntos (estrato arboreo **H= 4.77**, arbustivo **H= 4.64**, herbáceo **H= 4.26**); 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 <sub>2</sub> Pi	Pi * LOG <sub>2</sub> Pi
<i>Amazilia yucatanensis</i>	0.035	-4.837	-0.169
<i>Columbina talpacoti</i>	0.087	-3.515	-0.307
<i>Zenaida asiatica</i>	0.035	-4.837	-0.169
<i>Ortalis vetula</i>	0.035	-4.837	-0.169
<i>Saltator coerulescens</i>	0.052	-4.252	-0.223
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	0.035	-4.837	-0.169
<i>Cyanocorax morio</i>	0.070	-3.837	-0.268
<i>Cyanocorax yncas</i>	0.035	-4.837	-0.169
<i>Dives dives</i>	0.052	-4.252	-0.223
<i>Icterus auratus</i>	0.087	-3.515	-0.307

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE AVES			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG <sub>2</sub> Pi	Pi * LOG <sub>2</sub> Pi
<i>Quiscalus mexicanus</i>	0.052	-4.252	-0.223
<i>Icterus chrysater</i>	0.035	-4.837	-0.169
<i>Icterus gularis</i>	0.070	-3.837	-0.268
<i>Mimus gilvus</i>	0.017	-5.837	-0.102
<i>Melanerpes aurifrons</i>	0.052	-4.252	-0.223
<i>Thryothorus maculipectus</i>	0.035	-4.837	-0.169
<i>Myiozetetes similis</i>	0.070	-3.837	-0.268
<i>Pitangus sulphuratus</i>	0.035	-4.837	-0.169
<i>Tyrannus melancholicus</i>	0.035	-4.837	-0.169
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	0.017	-5.837	-0.102
<i>Polioptila caerulea</i>	0.052	-4.252	-0.223
$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$			<b>4.263</b>

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE HERPETOFAUNA			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG <sub>2</sub> Pi	Pi * LOG <sub>2</sub> Pi
<i>Boa constrictor</i>	0.016676005	-5.906	-0.098
<i>Ctenosaura similis</i>	0.133408042	-2.906	-0.388
<i>Norops sagrei</i>	0.266816084	-1.906	-0.509
<i>Anolis cristatellus</i>	0.200112063	-2.321	-0.464
<i>Sceloporus chrysostrictus</i>	0.333520105	-1.584	-0.528
<i>Bufo marinus</i>	0.050028016	-4.321	-0.216
$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$			<b>2.204</b>

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE MAMÍFEROS			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG <sub>2</sub> Pi	Pi * LOG <sub>2</sub> Pi
<i>Nasua narica</i>	0.364910232	-1.454	-0.531
<i>Didelphis virginiana</i>	0.136841337	-2.869	-0.393
<i>Heteromys gaumeri</i>	0.228068895	-2.132	-0.486
<i>Sciurus yucatanensis</i>	0.27368267	-1.869	-0.512
$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$			<b>1.921</b>

Como se puede observar en los datos de las tablas anteriores, la fauna asociada al ecosistema de Selva mediana subperennifolia que existe en la microcuenca, considerando el polígono estudiado, ostenta biodiversidad considerable en cuanto a especies de **aves** se refiere, ya que el índice de Shannon – Wiener (1949) alcanza un valor de **H= 4.26**; 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 la herpetofauna (**H= 2.20**) y mamíferos (**H= 1.92**), en donde el índice no supero los 2.3 puntos, lo que indica que su biodiversidad en el ecosistema es de moderada a baja.

#### » Valor de importancia

El IVI es uno de los índices más utilizados en el análisis de ecosistemas forestales tropicales (Lamprecht, 1990; Plonczak, 1993; Kammesheidt, 1994; Dezzio et al., 2000). Una especie tiene su lugar asegurado en la estructura y composición del bosque y/o selva cuando se encuentra representada en todos los substratos,

por el contrario, será dudosa su presencia en la etapa climática si se encuentran solamente en el sub-estrato superior o superior y/o medio, a excepción de aquellas que por sus características propias no pasan del piso inferior. El análisis de la estructura horizontal cuantifica la participación de cada especie con relación a las demás y muestra cómo se distribuyen espacialmente. Este aspecto puede ser determinado por los índices de densidad, dominancia y frecuencia. Para una determinación más objetiva se necesitan mediciones y definir índices que expresen la cantidad de árboles, su tamaño y su distribución espacial (Acosta et al., 2006). Además de lo anterior este índice indica la relevancia y nivel de ocupación del sitio de una especie con respecto a los demás, en función de su cuantía, frecuencia, distribución y dimensión de los individuos de dicha especie (Krebs, 1985). Las especies que obtienen más altos valores son las especies más importantes en el ecosistema (área de estudio) es decir, que tienen más abundancia, dominancia (cobertura, área basal, biomasa, etc.) y frecuencia.

El índice de valor de importancia relativa nos permite identificar el porcentaje de contribución de las especies registradas en los tres estratos muestreados a un corte del 70%, considerando entonces aquellas especies menores al 240% como las especies que contribuyen a la dominancia y estructura de cada estrato identificado dentro del predio del proyecto.

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 de forma individual, 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<sub>i</sub> = 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

$\Sigma AB_i$  = Sumatoria de las áreas basales de la especie i

$\Sigma AB$  = 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 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>.

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

$\Sigma F$  = Sumatoria total de ocurrencias de todas las especies en todos los sitios.

La principal ventaja del IVI, es que es cuantitativo y preciso; no se presta a interpretaciones subjetivas. Además, suministra una gran cantidad de información en un tiempo relativamente corto. Soporta análisis estadísticos y es exigente en el conocimiento de la flora. El método no sólo proporciona un índice de importancia de cada especie, también aporta elementos cuantitativos fundamentales en el análisis ecológico, como la densidad y la biomasa (por especie y por parcela o sitios), este último, es un carácter básico para interpretar la productividad de un sitio, lo cual depende en gran medida del bio-clima y de los recursos edáficos. En el IVI, la dominancia se evalúa por la cobertura o el área basal (Lozada-Dávila, 2010). Se debe mencionar que en la estimación del estrato herbáceo dentro de la fórmula que antecede solo se toman en cuenta dos variables como son: número de individuos y/o cobertura según sea la forma de obtención de tales variables y la frecuencia.

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:

## Flora

A continuación se presentan los cálculos de IVI de las especies de flora presentes en el ecosistema estudiado:

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO ARBÓREO				
ESPECIE	DEN%= NI/N * 100	FR%= FI/FT * 100	D%= GI / $\Sigma GI$ * 100	IVI
<i>Acacia cornigera</i>	1.15	2.06	0.43	3.64
<i>Acacia dolichostachya</i>	5.53	4.12	0.18	9.82
<i>Acacia glauveri</i>	0.23	0.41	0.12	0.77
<i>Acacia glomerosa</i>	0.23	0.41	0.58	1.22
<i>Astronium graveolens</i>	0.92	1.65	8.94	11.50
<i>Bauhinia divaricata</i>	1.38	2.47	0.23	4.08
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.69	1.23	0.35	2.28
<i>Bursera simaruba</i>	5.30	4.12	1.47	10.88
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	1.61	2.88	0.08	4.58

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO ARBÓREO				
ESPECIE	DEN%= NI/N * 100	FR%= FI/FT * 100	D%= GI / $\sum$ GI * 100	IVI
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	0.69	1.23	0.55	2.48
<i>Casearia corymbosa</i>	0.46	0.82	1.91	3.19
<i>Ceiba aesculifolia</i>	0.92	1.65	4.02	6.58
<i>Ceiba pentandra</i>	0.23	0.41	0.37	1.01
<i>Chloroleucon mangense</i>	1.61	2.88	0.08	4.58
<i>Coccoloba diversifolia</i>	0.92	1.65	2.54	5.11
<i>Coccoloba spicata</i>	1.84	3.29	0.47	5.61
<i>Cordia alliadora</i>	0.69	1.23	0.65	2.57
<i>Cupania dentata</i>	0.46	0.82	0.58	1.86
<i>Diospyros yucatanensis</i>	0.69	1.23	4.61	6.54
<i>Diospyrus tetrasperma</i>	0.69	1.23	5.81	7.73
<i>Drypetes lateriflora</i>	1.15	2.06	4.64	7.85
<i>Ficus cotinifolia</i>	8.06	4.12	8.52	20.70
<i>Ficus maxima</i>	1.84	3.29	0.08	5.22
<i>Ficus obtusifolia</i>	3.92	4.12	2.61	10.64
<i>Gliricidia sepium</i>	1.61	2.88	0.45	4.95
<i>Guettarda elliptica</i>	0.69	1.23	9.18	11.11
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.46	0.82	0.18	1.46
<i>Hampea trilobata</i>	1.38	2.47	0.22	4.07
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	1.61	2.88	0.81	5.30
<i>Lonchocarpus xuul</i>	0.92	1.65	0.27	2.83
<i>Lonchocarpus yucatanensis</i>	0.46	0.41	0.37	1.24
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	3.69	4.12	0.25	8.05
<i>Manilkara zapota</i>	5.07	4.12	8.05	17.24
<i>Metopium brownei</i>	8.53	4.12	0.12	12.76
<i>Neea psychotrioides</i>	0.92	1.65	0.25	2.82
<i>Piscidia piscipula</i>	9.68	4.12	9.66	23.46
<i>Pouteria campechiana</i>	0.46	0.82	0.89	2.17
<i>Randia longiloba</i>	0.69	1.23	0.33	2.25
<i>Sabal yapa</i>	0.46	0.82	0.40	1.68
<i>Sideroxylom foetidissimum</i>	0.46	0.82	0.77	2.05
<i>Sideroxylom salicifolium</i>	0.69	1.23	3.45	5.38
<i>Swartzia cubensis</i>	0.23	0.41	0.11	0.75
<i>Sweetia panamensis</i>	0.23	0.41	1.31	1.95
<i>Tabebuia rosea</i>	0.23	0.41	1.76	2.40
<i>Talisia olivaeformis</i>	0.92	1.65	0.94	3.51
<i>Thevetia gaumeri</i>	7.14	4.12	0.06	11.32
<i>Thouinia paucidentata</i>	0.92	1.65	0.86	3.43
<i>Trichilia hirta</i>	1.15	2.06	0.70	3.91
<i>Vitex gaumeri</i>	9.91	4.12	8.48	22.51
<i>Zuelania guidonia</i>	0.23	0.41	0.31	0.95
				<b>300</b>

## ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO ARBUSTIVO

ESPECIE	DEN%= NI/N * 100	FR%= FI/FT * 100	D%= GI / $\sum$ GI * 100	IVI
<i>Acacia dolichostachya</i>	1.52	1.88	2.18	5.58
<i>Acacia glauveri</i>	2.54	3.13	2.58	8.24
<i>Acacia glomerosa</i>	1.02	1.25	2.38	4.65
<i>Bauhinia divaricata</i>	7.11	6.25	2.98	16.33
<i>Bursera simaruba</i>	2.03	2.50	2.58	7.11
<i>Casearia corymbosa</i>	1.52	1.88	2.58	5.98
<i>Ceiba aesculifolia</i>	2.03	2.50	2.78	7.31
<i>Ceiba pentandra</i>	1.52	1.88	2.58	5.98
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	1.02	1.25	2.78	5.04
<i>Coccoloba spicata</i>	2.03	2.50	2.38	6.91
<i>Coccothrinax readii</i>	2.54	3.13	1.79	7.45
<i>Croton icche</i>	1.02	1.25	3.17	5.44
<i>Cupania dentata</i>	3.05	3.75	4.17	10.96
<i>Diospyros yucatanensis</i>	1.02	1.25	2.98	5.24
<i>Drypetes lateriflora</i>	1.02	1.25	3.37	5.64
<i>Esembeckia pentaphylla</i>	1.52	1.88	2.18	5.58
<i>Ficus cotinifolia</i>	2.54	3.13	1.59	7.25
<i>Guettarda elliptica</i>	2.03	2.50	1.79	6.32
<i>Guettarda combsii</i>	1.52	1.88	2.58	5.98
<i>Gymnopodium floribundum</i>	2.03	2.50	1.79	6.32
<i>Hampea trilobata</i>	1.52	1.88	4.37	7.76
<i>Manilkara zapota</i>	4.06	5.00	2.78	11.84
<i>Metopium brownei</i>	10.66	6.25	3.17	20.08
<i>Nectandra coriacea</i>	1.52	1.88	1.79	5.18
<i>Neea psychotiodes</i>	2.54	3.13	3.17	8.84
<i>Ottoschulzia pallida</i>	1.52	1.88	4.17	7.56
<i>Piscidia piscipula</i>	4.57	5.63	2.98	13.17
<i>Randia longiloba</i>	0.51	0.63	3.37	4.51
<i>Sideroxylom foetidissimum</i>	1.02	1.25	2.18	4.45
<i>Simarouba glauca</i>	2.54	3.13	1.59	7.25
<i>Sweetia panamensis</i>	1.52	1.88	1.79	5.18
<i>Thevetia gaumeri</i>	7.11	6.25	2.58	15.94
<i>Thouinia paucidentata</i>	1.02	1.25	1.79	4.05
<i>Trichilia hirta</i>	0.51	0.63	4.37	5.50
<i>Trinax radiata</i>	6.09	5.63	6.35	18.07
<i>Vitex gaumeri</i>	12.69	6.25	2.38	21.32
				<b>300</b>

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO HERBÁCEO				
ESPECIE	DEN%= NI/N * 100	FR%= FI/FT * 100	D%= GI / $\sum$ GI * 100	IVI
<i>Astronium graveolens</i>	5.41	5.41	6.31	17.12
<i>Ceiba pentandra</i>	1.35	1.35	4.80	7.50
<i>Chamaedora seifrizii</i>	2.70	2.70	3.94	9.35
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	1.35	1.35	3.15	5.86
<i>Coccoloba diversifolia</i>	4.05	4.05	6.24	14.35
<i>Coccoloba spicata</i>	1.35	1.35	5.85	8.55
<i>Coccothrinax readii</i>	2.70	2.70	2.96	8.36

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO HERBÁCEO				
ESPECIE	DEN%= NI/N * 100	FR%= FI/FT * 100	D%= GI / $\sum$ GI * 100	IVI
<i>Cupania dentata</i>	2.70	2.70	6.37	11.78
<i>Ficus cotinifolia</i>	12.16	12.16	5.58	29.91
<i>Guettarda elliptica</i>	4.05	4.05	4.66	12.77
<i>Gymnanthes lucida</i>	5.41	5.41	6.46	17.27
<i>Gymnopodium floribundum</i>	2.70	2.70	3.42	8.82
<i>Hampea trilobata</i>	5.41	5.41	4.40	15.21
<i>Malpighia glabra</i>	8.11	8.11	2.83	19.04
<i>Myrciantes fragrans</i>	1.35	1.35	3.15	5.86
<i>Pouteria reticulata</i>	2.70	2.70	3.94	9.35
<i>Pouteria unilocularis</i>	4.05	4.05	3.15	11.26
<i>Randia longiloba</i>	8.11	8.11	2.30	18.52
<i>Sweetia panamensis</i>	5.41	5.41	5.85	16.66
<i>Tillandsia festuoides</i>	4.05	4.05	2.96	11.06
<i>Trichillia minutiflora</i>	2.70	2.70	6.48	11.89
<i>Trinax radiata</i>	9.46	9.46	3.61	22.53
<i>Zygia stevensonii</i>	2.70	2.70	1.58	6.98
				<b>300</b>

En lo que respecta al estrato arbóreo, la estructura y composición se observa relativamente homogénea; no obstante las especies que destacan son *Piscidia piscipula*, *Vitex gaumeri* y *Ficus cotinifolia*. Por lo que toca al estrato arbustivo, se aprecia un comportamiento de homogeneidad similar al arbóreo, aunque en menor proporción; sin embargo *Metopium brownei* junto con *Vitex gaumeri* y *Thrinax radiata*, fueron las especies que lograron los valores relativamente más elevados.

Asimismo, para el caso del estrato herbáceo, las especies que alcanzaron un IVI considerable fueron *Ficus cotinifolia* y *Trinax radiata*, mostrando en lo general de dicho estrato un comportamiento homogéneo.

En virtud de lo anterior, se puede afirmar que la vegetación del predio testigo de la microcuenca se comporta de forma similar toda vez que la mayor parte de las especies que componen cada estrato provocan una estructura cuasi homogénea del ecosistema.

**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**

# LOTE 41-02



## 1. 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 ubicado Supermanzana. 25, Manzana. 09, lote 41-02 de la reserva territorial del IPAE, localidad de Puerto Morelos, municipio de Benito Juárez, Estado de Quintana Roo. De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez aplicable al predio del predio, éste encuentra ubicado dentro de la Unidad de Gestión Ambiental 28 denominada “Centro de Población de Puerto Morelos”, la cual tiene como usos compatibles aquellos que establece el PDU vigente; que para el predio del proyecto corresponde al Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Puerto Morelos mismo que incluye al predio del proyecto bajo los usos de suelo Mixto Comercial y Servicios; por lo que el proyecto de CUSTF ha sido previamente previsto para destinarlo al aprovechamiento urbano.

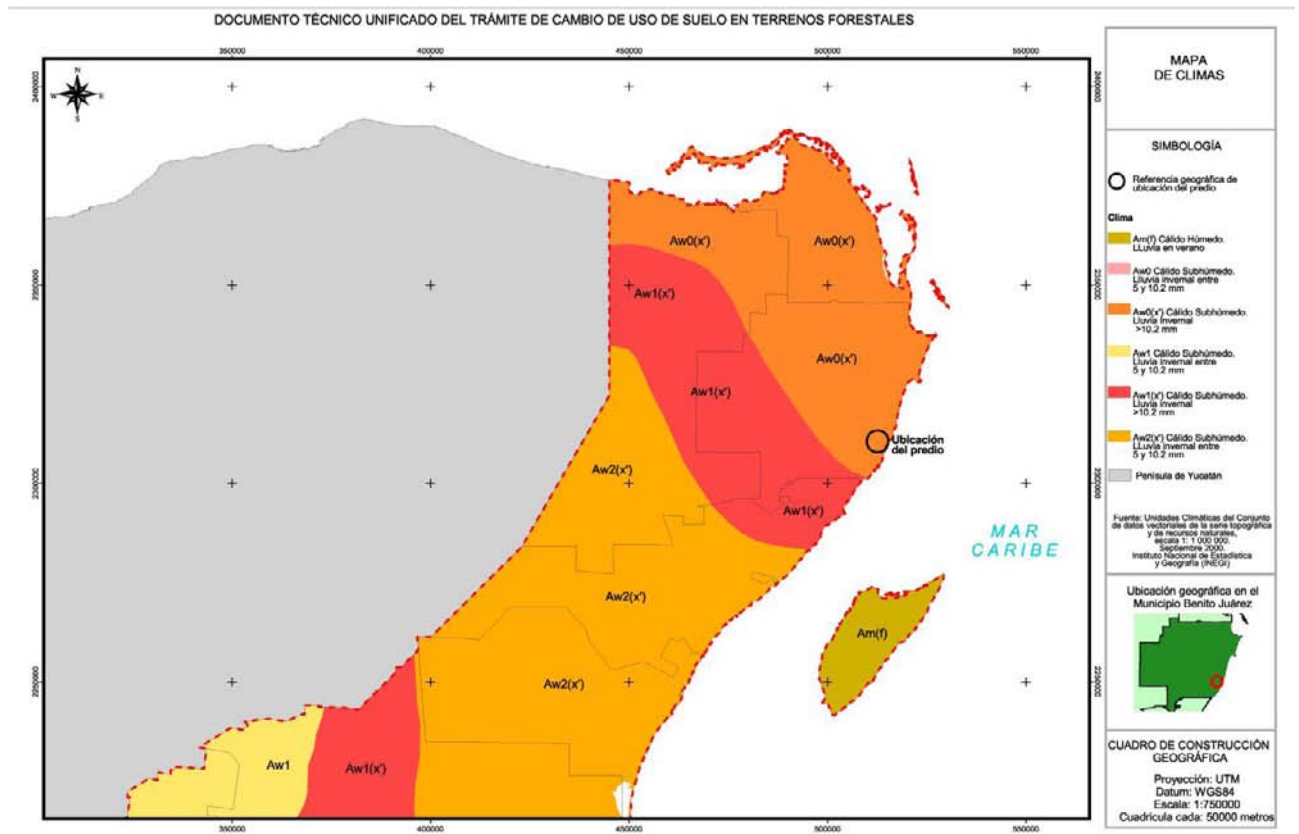
## 2. ELEMENTOS ABIÓTICOS

### 2.1. Clima

El Municipio Benito Juárez, donde se localiza el predio del proyecto, está localizado en el Trópico de Cáncer, por debajo de los 23° de Latitud Norte, en la zona térmica denominada Zona Tropical Norte. Debido al mayor calentamiento que ocurre en el Ecuador por la incidencia de los rayos solares, la superficie donde se localiza el Municipio tiene elevada temperatura y baja presión atmosférica.

En cuanto a la altitud, el Municipio se encuentra al nivel del mar, y recibe la influencia de corrientes marinas calientes, principalmente la Corriente del Golfo de México que propicia un clima cálido y lluvioso. Se sitúa dentro de la franja de circulación de los vientos alisios del Norte, los cuales atraviesan el mar y por ello están cargados de humedad.

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1983), el predio del proyecto se ubica en una zona que presenta el subtipo climático cálido subhúmedo Aw0(x'), que es el más seco de los cálidos subhúmedos con lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal menor del 5 % del total anual, tal como se muestra en el plano que a continuación se expone



## 2.2. Temperaturas y precipitación

De acuerdo con los registros de la estación meteorológica de Cancún a cargo de la Comisión Nacional del Agua, la temperatura promedio anual en la zona donde se ubica el predio, es de 27.2°C, siendo agosto el mes más caluroso con una temperatura promedio de 29.7°C, con una máxima de 34.9°C. Asimismo, enero es el mes más frío con una temperatura promedio anual de 24.0°C y mínima de 19.7°C.

El régimen de lluvias es afectado por los ciclones que se generan en los puntos de presión del Océano Atlántico y Mar Caribe; motivo por el cual, la zona en la que se ubica el predio, 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 mensuales y anuales promedio obtenidos de la estación meteorológica se tiene que los meses de menor precipitación media anual alcanzan entre 45.7 y 40.6 mm. La precipitación media anual es de 1,309.2 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. De acuerdo con el plano siguiente, el predio del proyecto se encuentra ubicado en una zona bien definida en donde la precipitación promedio a lo largo del año fluctúa entre los 1,100 mm, de acuerdo con los datos aportados en la carta de precipitación media anual del INEGI (escala 1:1000000 (ver plano capítulo anterior)

### 2.3. Vientos

En la zona donde se ubica el predio, los vientos alisios predominan durante todo el año, debido a la influencia de las corrientes descendentes subtropicales que emigran de las zonas de alta presión hacia las zonas de baja presión ecuatorial, manifestando cambios en su dirección y velocidad en el transcurso del año. En los primeros meses del año (enero-mayo), los vientos tienen una dirección Este-Sureste y mantienen velocidad promedio de 3.2 m/seg. Para el lapso de junio a septiembre, los vientos circulan en dirección Este, incrementando su velocidad promedio hasta 3.5 m/seg. Finalizando el año, en noviembre y diciembre, la dirección del viento cambia hacia el Norte y presenta velocidades de 2 m/seg., lo que coincide con el inicio de la temporada de “Nortes”.

### 2.4. 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

Año	Mes	Nombre	Categoría	Vel prom.(km/h)
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 embestia 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

## 2.5. Intemperismos no severos

En la zona de interés, con periodicidad anual 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 de interés, 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.

## 2.6. Fisiografía

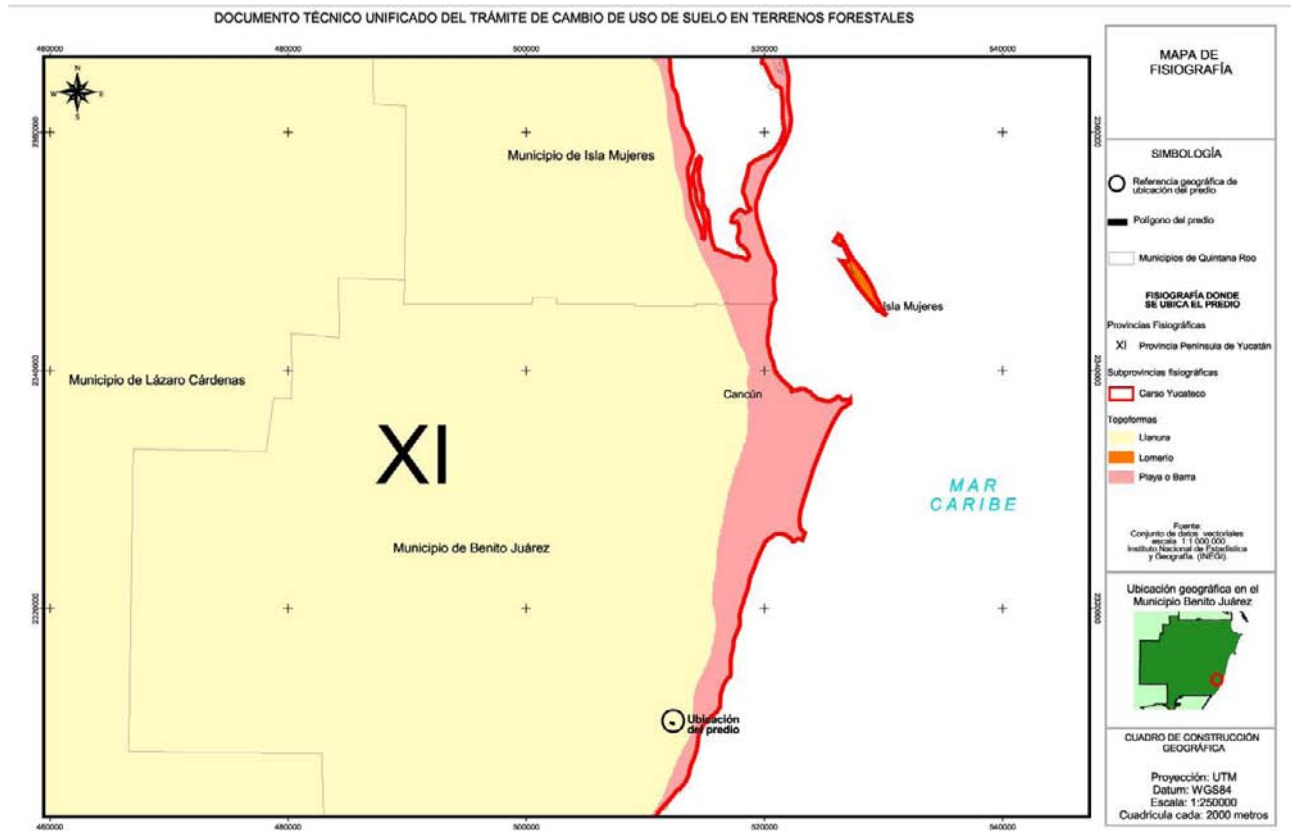
El sitio del proyecto y su área de influencia, se albergan dentro de una gran provincia fisiográfica denominada Península de Yucatán. La mayor parte de esta provincia está constituida por estratos calizos más o menos horizontales que hacen de ella una región relativamente plana, cuyas mayores alturas 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 dentro de la topoforma llanura (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 Tulúm 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.



*Ubicación del predio dentro de la carta de fisiografía.*

## 2.7. 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.

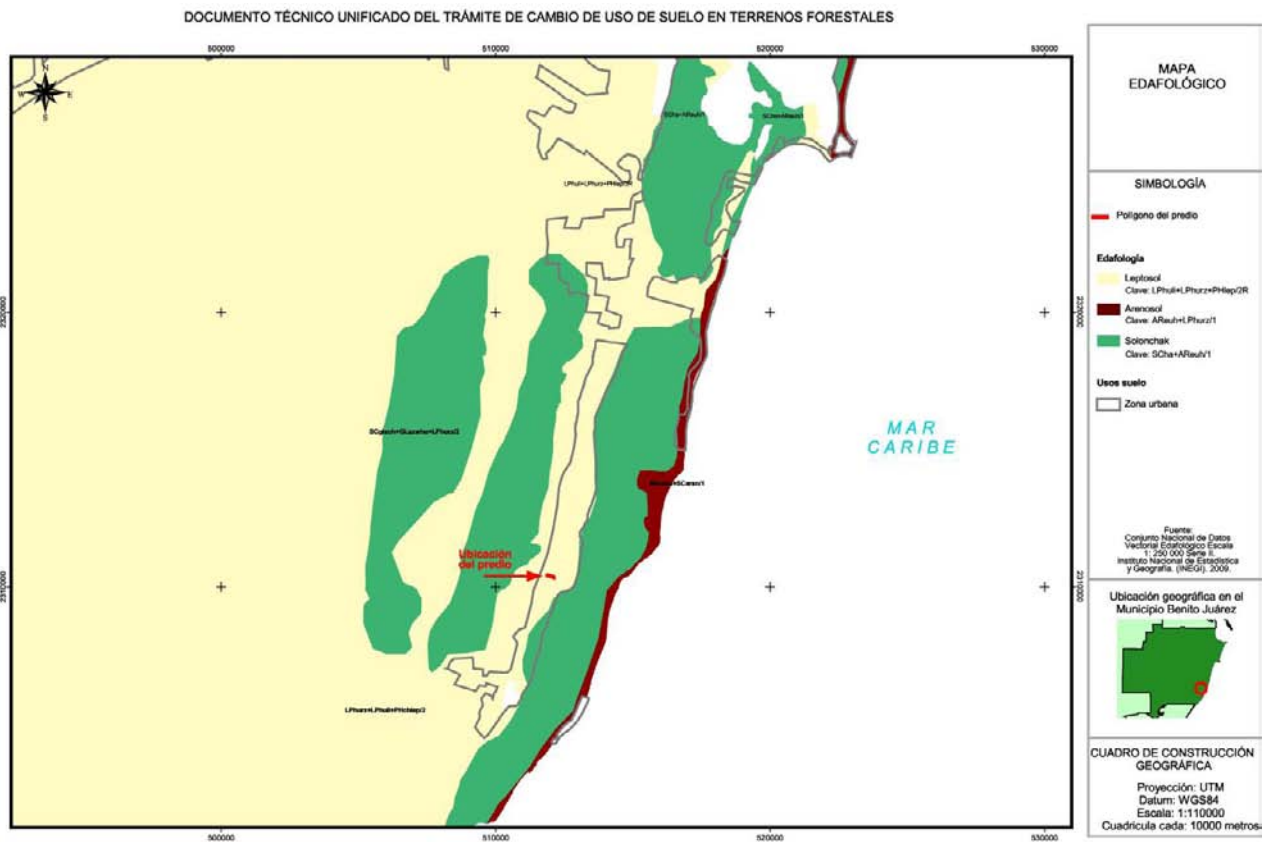
El subtipo geológico en el que se inserta el predio del proyecto es el Tpl (cz), cuya característica es que Roca La parte inferior de lo expuesto está formada por un cuerpo masivo coquinífero, poco compactado, cubierto por calizas laminares con estratificación cruzada que presenta buzamientos diferentes con ángulos distintos de inclinación. Estas calizas de texturas oespatíticas, bioespatíticas y bioesparrudíticas, están formadas por fragmentos de conchas de pelecípodos y gasterópodos y por algunos restos de corales y esponjas. Su parte superior está conformada por calizas de textura oespatita, bioespatita y biomicrita, dispuesta en capas delgadas y medianas de color blanco, con un echado horizontal.

## 2.8. 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 Serie II de INEGI, se advierte que el predio de estudio se encuentra dentro de la Unidad Edafológica Leptosol, cuyas características son las siguientes:

**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



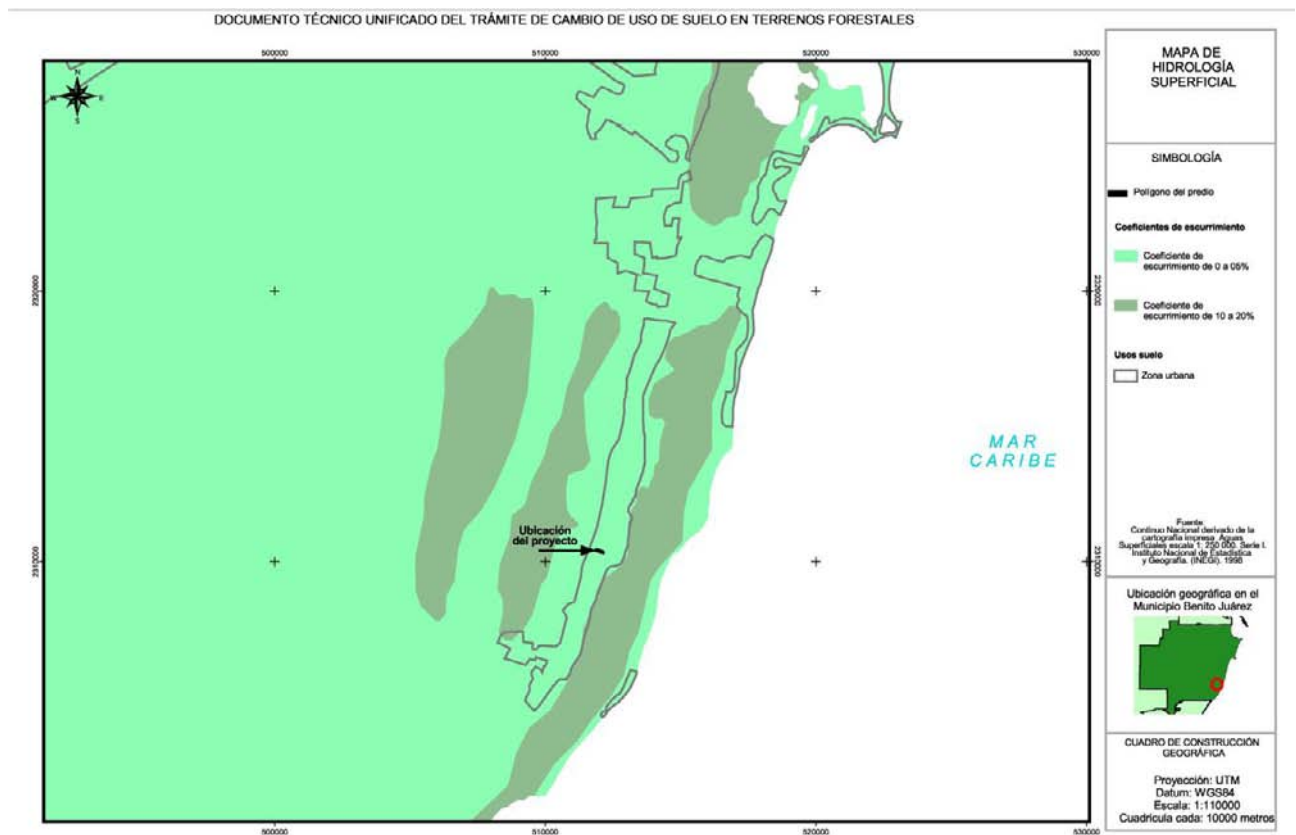
Ubicación del predio dentro de la carta edafológica

## 2.9. Hidrología superficial y subterránea

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.

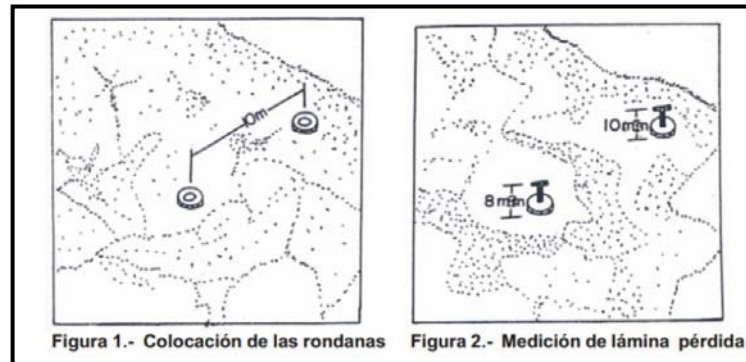
No obstante lo anterior, en el predio del proyecto no existen cuerpos de agua ni afloraciones del manto freático. En imágenes de las páginas siguientes se presentan los planos de hidrología superficial y subterránea del predio de interés; según los cuales, éste se ubica dentro de una zona con material consolidado y posibilidades altas de funcionar como acuífero (hidrología subterránea); y en una zona con coeficiente de escurrimiento de 0 a 5%, lo cual indica que el relieve es plano (hidrología superficial).



## 2.10. 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 marca 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 usó 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 5.08 cm o 2 pulgadas de diámetro, que permitió recolectar un volumen de  $81 \text{ cm}^3$  ( $V=\pi*r^2*h$ ), 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 en día 6 durante el cual se recabaron los datos en campo.

El estrato considerado en el muestreo corresponde al tipo de suelo identificado en el predio, que de acuerdo con la carta edafológica del INEGI (escala 1:250000), corresponde a leptosol.

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 ( $81 \text{ cm}^3$  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  $105 \text{ }^\circ\text{C}$  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*”.

REGISTRO DE PÉRDIDA Y DEPOSICIÓN DE SUELO EN EL ESTRATO: E+I/2/L											Σ Promedio
PARÁMETRO	SITIOS O PUNTOS DE MUESTREO										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Pérdida (mm)	0	0	0	0	0	-1	-1	0	-1	-1	-0.4 mm
Deposición (mm)	0	+1	+1	0	+1	0	0	0	0	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/cm<sup>3</sup>) 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 (ESTRATO: E+I/2/L)			
SITIO/MUESTRA	PESO SECO (gr)	TARA DEL CILINDRO (gr)	VOLUMEN DE SUELO (cm <sup>3</sup> )
1	513	10	405
2	696	10	405
3	721	10	405
4	418	10	405
5	754	10	405
6	354	10	405
7	436	10	405
8	419	10	405
9	402	10	405
10	387	10	405
Acumulación (Σ)	5,100 gr	100 gr	4,050 cm <sup>3</sup>
Acumulación (Σ)	5.100 kg	0.1 kg	0.00405 m <sup>3</sup>
DENSIDAD APARENTE = 1,234.5 kg/cm <sup>3</sup> (5.100 kg - 0.1 kg/0.00405 m <sup>3</sup> )			

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 cm<sup>3</sup> para todas las muestras (0.00405 m<sup>3</sup>). Los resultados obtenidos expresados en milímetros, fueron transformados a toneladas por metro cúbico (Ton/m<sup>3</sup>), lo que nos arroja un resultado de 1.23 Ton/m<sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup>)

Sustituyendo los valores de la fórmula para el **Estrato Leptosol**, se obtienen los siguientes resultados:

$$X = Y * Da * 10$$

$$P = 0.4 * 1.23 * 10$$

$$P = 4.92 \text{ Ton/ha/año}$$

- 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:

$$X = Y * Da * 10$$

$$P = 0.3 * 1.23 * 10$$

$$P = 3.69 \text{ Ton/ha/año}$$

- 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:

$$En = E - S$$

Donde:

En = Erosión neta (ton/ha).

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

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

Sustituyendo los valores de la fórmula para el **Estrato Leptosol**, se obtienen lo siguiente:

$$En = 4.92 \text{ Ton/ha/año} - 3.69 \text{ Ton/ha/año}$$

$$En = 1.23 \text{ Ton/ha/año}$$

En virtud de lo anterior, la erosión neta para el predio del proyecto es de 1.23 Tons/ha/año, lo que significa que se pierde una lámina de suelo de 0.12 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.

## 2.11. 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<sub>p</sub>** = Erosión potencial

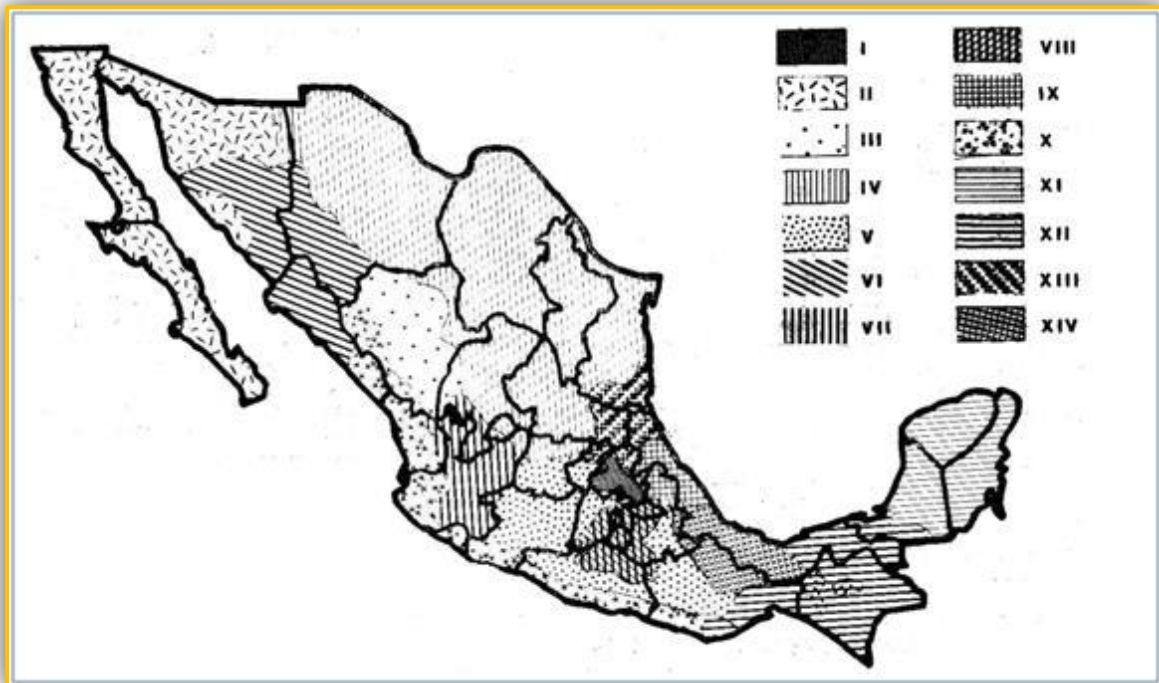
**R** = Erosividad

**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 1309.2 mm de precipitación media anual conforme lo señala el INEGI, este valor, será el valor de (P) en la fórmula, quedando.

$$R = 3.7745P + 0.004540P^2$$

$$R = 3.7745 (1309.2) + 0.004540 (1309.2)^2$$

$$R = 4941.57 + 7781.58$$

$$\text{Entonces } R = 12,723.15 \text{Mj/ha mm/hr}$$

### 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 leptosoles réndzicos 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.

<b>Erosionabilidad de los Suelos (K) en Función de Textura y Contenido de Materia Orgánica</b>			
<b>Textura</b>	<b>Porcentaje (%) de Materia Orgánica</b>		
	<b>0.0 – 0.5</b>	<b>0.5 – 2.0</b>	<b>2.0 – 4.0</b>
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 Migajosa	0.012	0.010	0.008
Arena Fina Migajosa	0.024	0.020	0.016
Arena muy Fina Migajosa	0.044	0.038	0.030
Migajón Arenosa	0.027	0.024	0.019
Migajón Arenosa Fina	0.035	0.030	0.024
Migajón Arenosa muy Fina	0.047	0.041	0.033
Migajón	0.038	0.034	0.029
Migajón Limoso	0.048	0.042	0.033
Limo	0.060	0.052	0.042
Migajón Arcillo Arenosa	0.027	0.025	0.021
Migajón Arcillosa	0.028	0.025	0.021
Migajón 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	<b>0.013 – 0.029</b>		

### 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 Sur a Norte y en orientación Este Oeste del área de influencia del predio; en los resultados de ambos ejercicios se obtuvo que la parte más alta del terreno es de 14 metros y la parte más baja es de 12 metros. Aunado a lo anterior para la obtención del valor denominado

longitud del terreno, se tomó como medida la longitud más larga y continua entre dos vértices del terreno siendo esta de 306 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:

$$S = \frac{14 - 12}{306} = 0.0065 \times 100 = 0.65 \%$$

Una vez obtenido el valor de la pendiente del terreno (0.65 %) en un longitud de 358 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.

**$\lambda$**  = 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

$$LS = (306)^{0.5} [0.0138 + 0.00965 (0.65) + 0.00138 (0.65)^2]$$

$$LS = 0.36$$

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** = 12,723.15

**K** = 0.029

**LS** = 0.36

$$Ep = (12,723.15) (0.029) (0.36)$$

**Erosión potencial = 132.8 toneladas/ hectárea / año**

La cifra anterior, equivale al valor de la erosión potencial obtenido para el predio donde se desarrollará el proyecto, considerando el proceso de erosión sin la presencia de la cobertura vegetal durante un año y sin prácticas de conservación del suelo y del agua; lo que significa que anualmente se perdería una lámina de suelo de 13.2 mm, si consideramos que 1 mm de suelo es igual a 10 ton/ha de suelo (Martínez, M., 2005).

**2.12. Estimación de la calidad y niveles de captación de agua en el área sujeta a CUSTF antes y posterior a la realización del proyecto.**

### 2.12.1. Cantidad de agua captada en la superficie de CUSTF sin proyecto

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 m<sup>3</sup>/ha son bosques con más del 75% de cobertura; los que se encuentran entre 100-190 m<sup>3</sup>/ha son bosques con 50-75% de cobertura; los que varían entre 35-100 m<sup>3</sup>/ha son bosques con 25-50% de cobertura y finalmente los que presentan volúmenes menores a 35 m<sup>3</sup>/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 tipo C (Torres y Guevara, 2002).

Considerando lo señalado anteriormente, tenemos que el valor de  $P$  (precipitación media anual) es de 1309.2 mm y el valor de  $K$  es de 0.28, 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 85.852 m<sup>3</sup> (cobertura mayor al 25-50%).

Valores de K para diferentes tipos de suelo y diferentes coberturas arboladas			
Cobertura del bosque	Tipo de suelo		
	A	B	C
Entre 25-50 %	0.17	0.26	0.28

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

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

$$C_e = (0.28) (1309.2 - 250) / 2000 + (0.28-0.15) / 1.5$$

$$C_e = 0.2342$$

Entonces tenemos que el coeficiente de escurrimiento (**C<sub>e</sub>**) en la superficie de cambio de uso de suelo, con cobertura vegetal, es decir, sin el proyecto, es de 0.2342

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<sub>e</sub> = Volumen medio anual de escurrimiento (m<sup>3</sup>)

A = Área total sujeta a cambio de uso de suelo (m<sup>2</sup>)

C = Coeficiente de escurrimiento anual

P = Precipitación media anual (m<sup>3</sup>)

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 1309.2 mm de precipitación media anual, equivalen a 1309.2 litros de agua por metro cuadrado. Así mismo, tenemos que 1000 litros de agua equivalen a 1 m<sup>3</sup>, por lo tanto, tenemos que 1,309.2 litros equivalen a 1.3 m<sup>3</sup> de agua.

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

$$V_e = P * A_t * C_e$$

$$V_e = 1.3 \text{ m}^3 * 11,933.44 \text{ m}^2 * 0.2342$$

$$V_e = 3633.25 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

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 (m<sup>3</sup>)

P: Precipitación media anual en el área de interés (m<sup>3</sup>) \* superficie de cambio de uso de suelo (m<sup>2</sup>)

E: Volumen estimado de escurrimiento en el área de interés ( $m^3/m^2$ )

Sustituyendo los valores en la ecuación, obtenemos lo siguiente:

$$I = P - Ve$$

$$I = (1.3 \text{ m}^3) (11,933.44 \text{ m}^2) - 3633.25 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = 11880.22 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

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  $11880.22 \text{ m}^3/\text{m}^2$  anuales, y se pierden  $3633.25 \text{ m}^3/\text{m}^2$  anuales por escurrimiento.

### 2.12.2. Cantidad de agua captada en la superficie de CUSTF con proyecto

Para calcular la cantidad de agua que será captada en la superficie de cambio de uso de suelo con la implementación del proyecto, se calculó nuevamente el coeficiente de escurrimiento, considerando que ahora el predio sólo cuenta con un volumen de masa forestal de  $49.05 \text{ m}^3/\text{ha}$  ( $85.852 \text{ m}^3 * 0.68 \text{ ha} / 1.19 \text{ ha}$ ) que corresponde a la superficie que se conservará en estado natural ( $0.68 \text{ ha}$ ), esto considerando que en la superficie de CUSTF ( $1.19 \text{ ha}$ ) se estimó un volumen de  $85.852 \text{ m}^3$ . Por lo tanto se trata de un "bosque" (selva) con 25-50% de cobertura (los que varían entre 35-100  $\text{m}^3/\text{ha}$  son bosques con 25-50% de cobertura, de acuerdo con el modelo utilizado). En ese sentido el valor de **K** es de 0.28, considerando que la superficie de CUSTF se ubica en una zona tropical y por ende, los suelos tropicales son de tipo C (Torres y Guevara, 2002).

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.

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

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

$$Ce = (0.28) (1309.2-250) / 2000 + (0.28-0.15) / 1.5$$

$$Ce = (0.28) (1059.2 / 2000) + (0.13 / 1.5)$$

$$Ce = (0.28) (0.5296) + 0.086$$

$$Ce = 0.2342$$

Entonces tenemos que el coeficiente de escurrimiento (**Ce**) en la superficie de cambio de uso de suelo, sin cobertura vegetal, es decir, con el proyecto, es de 0.2342

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

Volumen de escurrimiento medio anual:  $Ve = P * At * Ce$

$$Ve = P * At * Ce$$

$$Ve = 1.3 \text{ m}^3 * 6,844.606 \text{ m}^2 * 0.2342$$

$$Ve = 2,083.90 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Volumen de infiltración anual:  $I = P - Ve$

$$I = P - Ve$$

$$I = (1.3 \text{ m}^3) (6,844.606 \text{ m}^2) - 2,083.90 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

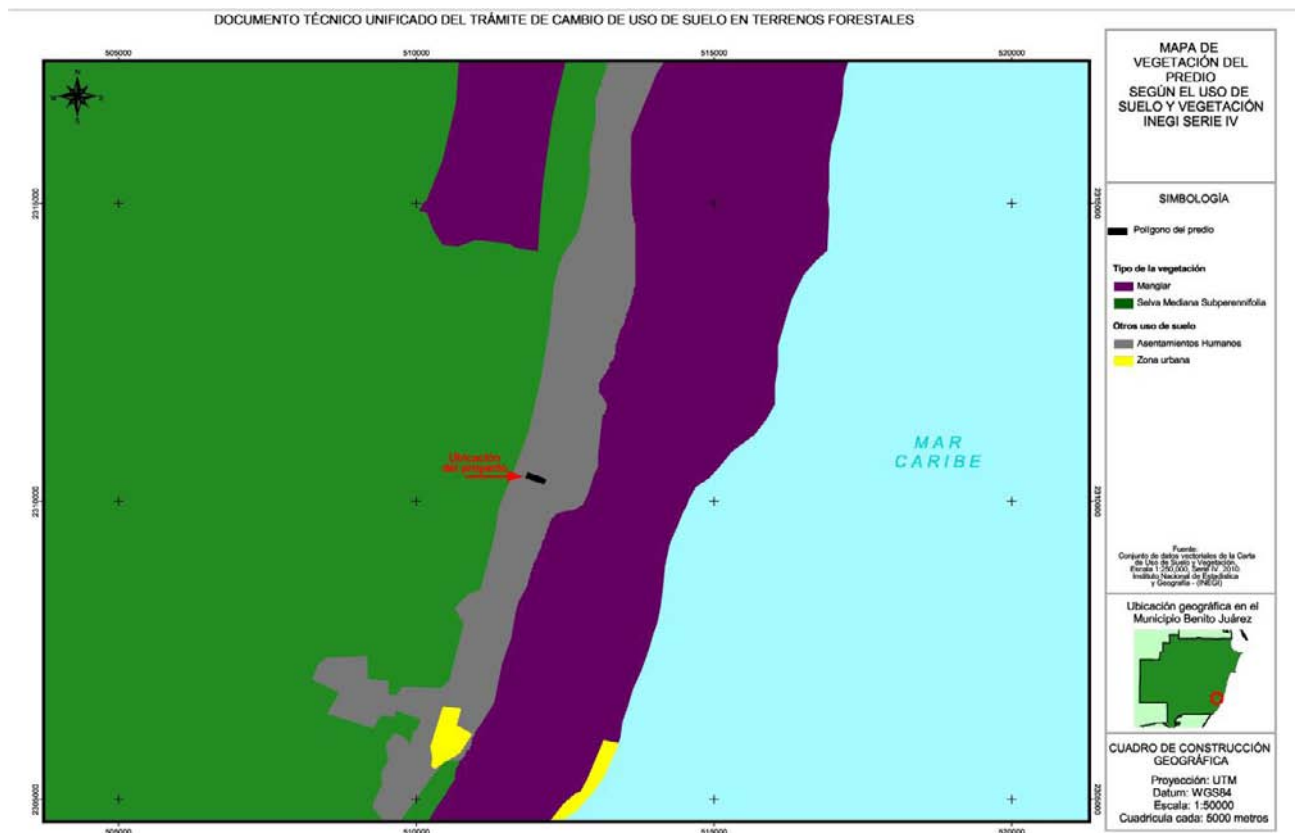
$$I = 6,814.07 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Considerando los cálculos realizados, podemos concluir que en la superficie de cambio de uso de suelo con el proyecto, se captaría un volumen de  $6,814.07 \text{ m}^3/\text{m}^2$  anuales, y se perderían  $2,083.90 \text{ m}^3/\text{m}^2$  anuales por escurrimiento.

### 3. ELEMENTOS BIÓTICOS

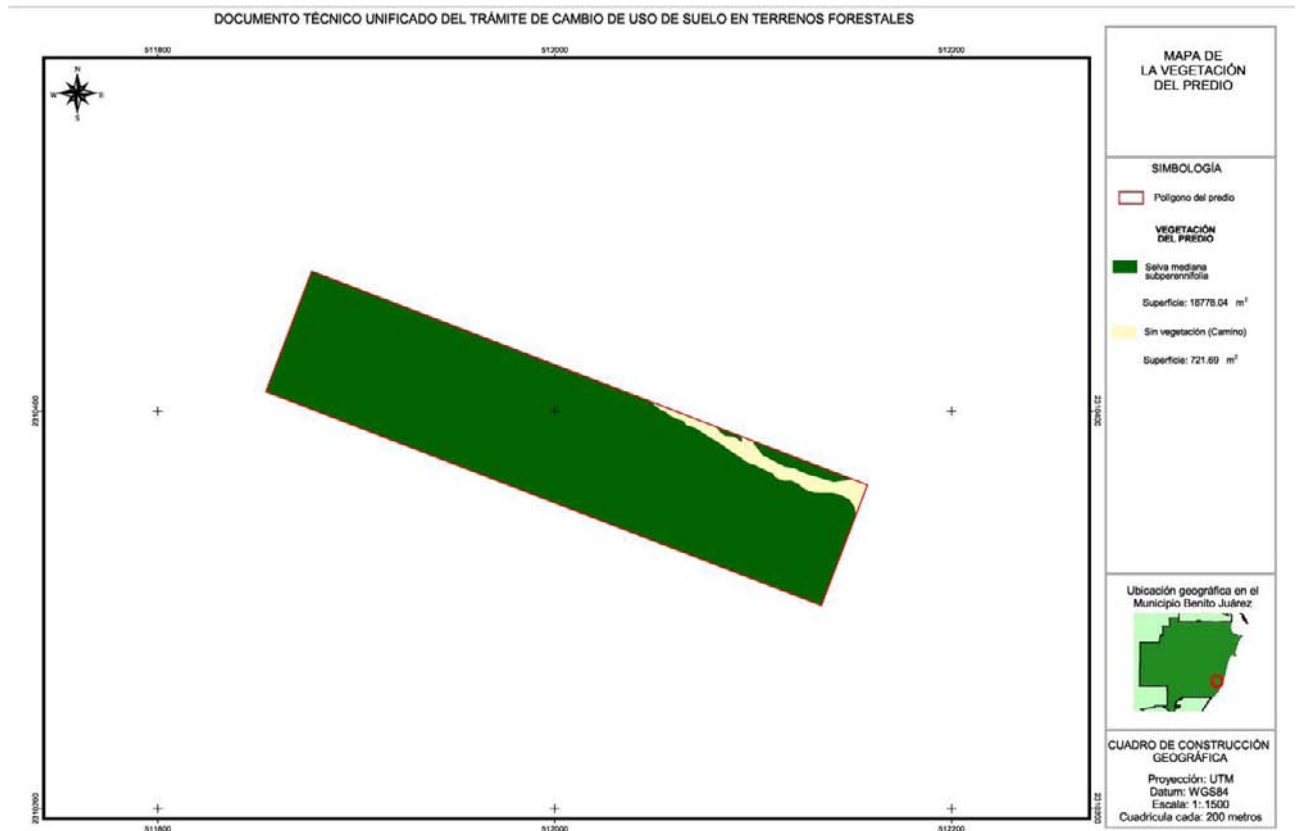
#### 3.1. Vegetación

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 bajo el uso de asentamiento humano tal como se muestra en el siguiente plano.



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

No obstante lo anterior, se procedió a realizar un estudio sobre la composición y estructura de la vegetación que se desarrolla en el predio del proyecto, encontrando la presencia de vegetación correspondiente a Selva mediana subperennifolia (SMQ) (ver plano siguiente). Cabe señalar que se encontraron evidencias de perturbaciones antropogénicas (camino), pero no de incendios forestales; asimismo se notó la existencia de árboles muertos en pie o derribados, aunque muy escasos; y otros más caídos vivos, lo cual es señal de perturbaciones ocurridas por fuertes vientos, derivados principalmente por la incidencia de huracanes en la zona.



La comunidad que integra la cobertura vegetal del predio, presenta una composición florística madura. A nivel del suelo es evidente la materia orgánica en descomposición, originada por el proceso de regeneración vegetativa (ramas, hojas, etc.) de las distintas especies que se encuentran presentes; así mismo, se pueden observar bejucos y lianas creciendo en el follaje de la vegetación. Los individuos arbóreos generalmente presentan contrafuertes en la base de los troncos, siendo esta, una característica peculiar de las selvas en la Península de Yucatán, ya que les permite alcanzar grandes alturas en suelos poco profundos.

### 3.1.1. Estratificación de la vegetación

**Estrato arbóreo.** Los resultados obtenidos durante el análisis de los datos tomados del inventario forestal al interior del predio; arrojan un diámetro promedio de 12 cm para las especies que componen éste estrato, siendo el diámetro mayor registrado de más de 60 cm correspondiente a la especie *Vitex gaumeri*, en tanto que diámetro menor fue de 7.5 cm correspondiente a un individuos de la especie *Ficus cotinifolia*, *Thevetia*

*gaumeri* y *Astronium graveolens*. La altura promedio del arbolado es de 8.25 metros, siendo 12.5 m la altura máxima registrada en el sitio de muestreo 2 para un individuo de la especie *Vitex gaumeri*; mientras que la altura menor registrada fue de 2 metros correspondiente a un individuo de la especie *Ficus maxima*. Entre las especies más representativas de éste estrato destacan *Ficus cotinifolia*, *Piscidia piscipula*, *Thevetia gaumeri* y *Vitex gaumeri*.

**Estrato arbustivo.** Éste estrato se encuentra compuesto por individuos jóvenes de las distintas especies que componen la vegetación, donde la mayoría presentan diámetros menores a 7 cm. La vegetación se trata de individuos jóvenes delgados que se encuentran entremezclados con los individuos arbóreos distribuidos de manera dispersa de tal manera que no conforman masas continuas; por lo que éste estrato no se encuentra bien definido. La altura promedio fluctúa entre 3.66 metros y entre las especies más representativas se encuentran *Casearia corymbosa*, *Melicocus oliviformis* y *Trichilia minutiflora*.

**Estrato herbáceo.** Siendo estrato con menor representación, la altura promedio de éste estrato no va más allá de un metro. Entre las especies más representativas se encuentran *Trichilia minutiflora*.

### 3.1.2. Composición de la vegetación

En las tablas siguientes 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	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Anacardeaceae	<i>Metopium brownei</i>	Cheche
2	Anacardeaceae	<i>Astronium graveolens</i>	Jobillo
3	Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Ak'it
4	Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Huano
5	Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i>	Mak'ulis
6	Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	Bojom
7	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chaca
8	Ebenaceae	<i>Diospyros tetrasperma</i>	Silil
9	Ebenaceae	<i>Diospyros yucatanensis</i>	Silil
10	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Sak ya'ab
11	Fabaceae	<i>Acacia dolichostachya</i>	Yaax tzalam
12	Fabaceae	<i>Swartzia cubensis</i>	K'atalosh
13	Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	K'anasim
14	Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitanche
15	Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabin
16	Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
17	Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
18	Fabaceae	<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	Tak'in che'
19	Fabaceae	<i>Chloroleucon mangense</i>	Verde lucero
20	Fabaceae	<i>Lonchocarpus xuul</i>	Xuul
21	Fabaceae	<i>Lonchocarpus yucatanensis</i>	Yaax xuul
22	Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	Huashim
23	Lamiaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Yaax nik
24	Meliaceae	<i>Trichillia hirta</i>	Cabo de hacha

ESTRATO ARBÓREO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
25	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramon
26	Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	Kopó
27	Moraceae	<i>Ficus maxima</i>	Kopomax
28	Nyctaginaceae	<i>Neea psychotoides</i>	Ta'tsi
29	Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Ch'iich boob
30	Putranjivaceae	<i>Drypetes lateriflora</i>	EK'ulub
31	Rubiaceae	<i>Randia longiloba</i>	Cruz k'iix
32	Salicaceae	<i>Zuelania guidonia</i>	Ta'may
33	Salicaceae	<i>Casearia corymbosa</i>	ixii'mche'
34	Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i>	Cola de pava
35	Sapindaceae	<i>Thouinia paucidentata</i>	K'anchunub
36	Sapindaceae	<i>Melicocus oliviformis</i>	Hualla
37	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote
38	Sapotaceae	<i>Sideroxylom salicifolium</i>	Zapote faisán
39	Sapotaceae	<i>Sideroxylom foetidissimum</i>	Sibul
40	Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i>	K'aniste'

ESTRATO ARBUSTIVO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Fabaceae	<i>Acacia dolichostachya</i>	Yaax tzalam
2	Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
3	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chaca
4	Salicaceae	<i>Casearia corymbosa</i>	ixii'mche'
5	Euphorbiaceae	<i>Croton icche</i>	Susuyuk
6	Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i>	Cola de pava
7	Ebenaceae	<i>Diospyros yucatanensis</i>	Silil
8	Putranjivaceae	<i>Drypetes lateriflora</i>	EK'ulub
9	Rutaceae	<i>Esembeckia pentaphylla</i>	Yayte
10	Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	Kopó
11	Rubiaceae	<i>Guetterda combsii</i>	Pailuch
12	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote
13	Sapindaceae	<i>Melicocus oliviformis</i>	Hualla
14	Anacardeaceae	<i>Metopium brownei</i>	Cheche
15	Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
16	Nyctaginaceae	<i>Neea psychotoides</i>	Ta'tsi
17	Icacinaceae	<i>Ottoschulzia pallida</i>	uvas che
18	Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabin
19	Rubiaceae	<i>Randia longiloba</i>	Cruz k'iix
20	Sapotaceae	<i>Sideroxylom foetidissimum</i>	Sibul
21	Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Ak'iit
22	Sapindaceae	<i>Thouinia paucidentata</i>	K'anchunub
23	Meliaceae	<i>Trichila minutiflora</i>	tsiimin che
24	Meliaceae	<i>Trichilia hirta</i>	Cabo de hacha
25	Lamiaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Yaax nik

ESTRATO HERBÁCO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Anacardeaceae	<i>Astronium graveolens</i>	Jobillo
2	Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Ch'iich boob
3	Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i>	Cola de pava
4	Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	Kopó
5	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes lucida</i>	Yai ti
6	Myrtaceae	<i>Myrciantes fragrans</i>	Guayabillo
7	Sapotaceae	<i>Pouteria reticulata</i>	sapote
8	Rubiaceae	<i>Randia longiloba</i>	Cruz k'iix
9	Meliaceae	<i>Trichilia minutiflora</i>	tsiimin che
10	Leguminosae	<i>Zygia stevensonii</i>	Zygia

De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior, la vegetación del predio se encuentra compuesta por 51 especies distribuidas en 25 familias, de las cuales Fabaceae, Sapotaceae y Sapindaceae fueron las más abundantes, representadas por 13, 4, 3 especies respectivamente; en tanto que el resto de las familias sólo estuvieron representadas por menos de 3 especies.

Es importante resaltar que dentro del inventario sólo se registró la especie *Astronium graveolens* listadas 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, bajo la categoría de Amenazada.

» Especies epifitas:

Las epifitas vasculares son componentes significativos de los bosques tropicales, tanto por el número de especies como por la biomasa que acumulan (Gentry & Dodson 1987, Benzing 1990, Nieder et al. 2001). Las especies epifitas pueden llegar a contribuir con un importante porcentaje del total de especies de plantas vasculares de un bosque tropical húmedo (Wolf 1994). Para conocer el número de individuos presentes dentro del predio del proyecto, se utilizaron los mismos sitios de muestreo; resultando en que de los 250 ejemplares arbóreos registrados, ninguno de ellos presentaron especies de éste tipo. No obstante lo anterior, en caso de que durante las actividades de CUSTF llegase a avistarse algún ejemplar epífita, será primordial su rescate para reubicarlo en las áreas de conservación.

### 3.1.3. 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	# de individuos del inventario	ABUNDANCIA ABSOLUTA (Ind/ha)	ABUNDANCIA RELATIVA (Pi)	LOG Pi	LOG Pi * Pi
<i>Acacia dolichostachya</i>	10	40	0.040	-4.644	-0.186
<i>Astronium graveolens</i>	19	76	0.076	-3.718	-0.283
<i>Bauhinia divaricata</i>	1	4	0.004	-7.966	-0.032
<i>Brosimum alicastrum</i>	1	4	0.004	-7.966	-0.032
<i>Bursera simaruba</i>	18	72	0.072	-3.796	-0.273
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	6	24	0.024	-5.381	-0.129
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	1	4	0.004	-7.966	-0.032
<i>Casearia corymbosa</i>	2	8	0.008	-6.966	-0.056
<i>Chloroleucon mangense</i>	6	24	0.024	-5.381	-0.129
<i>Coccoloba diversifolia</i>	1	4	0.004	-7.966	-0.032
<i>Cordia alliodora</i>	1	4	0.004	-7.966	-0.032
<i>Cupania dentata</i>	4	16	0.016	-5.966	-0.095
<i>Diospyros yucatanensis</i>	1	4	0.004	-7.966	-0.032
<i>Diospyrus tetrasperma</i>	2	8	0.008	-6.966	-0.056
<i>Drypetes lateriflora</i>	3	12	0.012	-6.381	-0.077
<i>Ficus cotinifolia</i>	40	160	0.160	-2.644	-0.423
<i>Ficus maxima</i>	4	16	0.016	-5.966	-0.095
<i>Gliricidia sepium</i>	5	20	0.020	-5.644	-0.113
<i>Leucaena leucocephala</i>	5	20	0.020	-5.644	-0.113
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	1	4	0.004	-7.966	-0.032
<i>Lonchocarpus xuul</i>	5	20	0.020	-5.644	-0.113
<i>Lonchocarpus yucatanensis</i>	1	4	0.004	-7.966	-0.032
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	1	4	0.004	-7.966	-0.032
<i>Manilkara zapota</i>	1	4	0.004	-7.966	-0.032
<i>Melicocus oliviformis</i>	3	12	0.012	-6.381	-0.077
<i>Metopium brownei</i>	3	12	0.012	-6.381	-0.077
<i>Neea psychotrioides</i>	3	12	0.012	-6.381	-0.077
<i>Piscidia piscipula</i>	34	136	0.136	-2.878	-0.391
<i>Pouteria campechiana</i>	1	4	0.004	-7.966	-0.032
<i>Randia longiloba</i>	1	4	0.004	-7.966	-0.032
<i>Sabal yapa</i>	3	12	0.012	-6.381	-0.077
<i>Sideroxylum foetidissimum</i>	1	4	0.004	-7.966	-0.032
<i>Sideroxylum salicifolium</i>	1	4	0.004	-7.966	-0.032
<i>Swartzia cubensis</i>	1	4	0.004	-7.966	-0.032
<i>Tabebuia rosea</i>	1	4	0.004	-7.966	-0.032
<i>Thevetia gaumeri</i>	20	80	0.080	-3.644	-0.292
<i>Thouinia paucidentata</i>	3	12	0.012	-6.381	-0.077
<i>Trichilia hirta</i>	6	24	0.024	-5.381	-0.129
<i>Vitex gaumeri</i>	27	108	0.108	-3.211	-0.347
<i>Zuelania guidonia</i>	3	12	0.012	-6.381	-0.077
$\sum i =$	<b>250</b>	<b>1000</b>		$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$	<b>4.26</b>



ESTRATO ARBUSTIVO					
ESPECIES	# de individuos del inventario	ABUNDANCIA ABSOLUTA (Ind/ha)	ABUNDANCIA RELATIVA (Pi)	LOG Pi	LOG Pi * Pi
<i>Acacia dolichostachya</i>	2	80	0.020	-5.644	-0.113
<i>Bauhinia divaricata</i>	7	280	0.070	-3.837	-0.269
<i>Bursera simaruba</i>	1	40	0.010	-6.644	-0.066
<i>Casearia corymbosa</i>	23	920	0.230	-2.120	-0.488
<i>Croton icche</i>	3	120	0.030	-5.059	-0.152
<i>Cupania dentata</i>	2	80	0.020	-5.644	-0.113
<i>Diospyros yucatanensis</i>	4	160	0.040	-4.644	-0.186
<i>Drypetes lateriflora</i>	1	40	0.010	-6.644	-0.066
<i>Esembeckia pentaphylla</i>	3	120	0.030	-5.059	-0.152
<i>Ficus cotinifolia</i>	4	160	0.040	-4.644	-0.186
<i>Guetterda combsii</i>	1	40	0.010	-6.644	-0.066
<i>Manilkara zapota</i>	3	120	0.030	-5.059	-0.152
<i>Melicococus oliviformis</i>	10	400	0.100	-3.322	-0.332
<i>Metopium brownei</i>	1	40	0.010	-6.644	-0.066
<i>Nectandra coriacea</i>	3	120	0.030	-5.059	-0.152
<i>Neea psychotioides</i>	2	80	0.020	-5.644	-0.113
<i>Ottoschulzia pallida</i>	1	40	0.010	-6.644	-0.066
<i>Piscidia piscipula</i>	3	120	0.030	-5.059	-0.152
<i>Randia longiloba</i>	1	40	0.010	-6.644	-0.066
<i>Sideroxylum foetidissimum</i>	3	120	0.030	-5.059	-0.152
<i>Thevetia gaumeri</i>	3	120	0.030	-5.059	-0.152
<i>Thouinia paucidentata</i>	2	80	0.020	-5.644	-0.113
<i>Trichilia minutiflora</i>	15	600	0.150	-2.737	-0.411
<i>Trichilia hirta</i>	1	40	0.010	-6.644	-0.066
<i>Vitex gaumeri</i>	1	40	0.010	-6.644	-0.066
$\sum i =$	<b>100</b>	<b>4000</b>		$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$	<b>3.91</b>

ESTRATO HERBÁCEO					
ESPECIES	# de individuos del inventario	ABUNDANCIA ABSOLUTA (Ind/ha)	ABUNDANCIA RELATIVA (Pi)	LOG Pi	LOG Pi * Pi
<i>Astronium graveolens</i>	4	4,000	0.148	-2.755	-0.408
<i>Coccoloba diversifolia</i>	1	1,000	0.037	-4.755	-0.176
<i>Cupania dentata</i>	2	2,000	0.074	-3.755	-0.278
<i>Ficus cotinifolia</i>	1	1,000	0.037	-4.755	-0.176
<i>Gymnanthes lucida</i>	3	3,000	0.111	-3.170	-0.352
<i>Myrciantes fragrans</i>	1	1,000	0.037	-4.755	-0.176
<i>Pauteria reticulata</i>	2	2,000	0.074	-3.755	-0.278
<i>Randia longiloba</i>	2	2,000	0.074	-3.755	-0.278
<i>Trichilia minutiflora</i>	9	9,000	0.333	-1.585	-0.528
<i>Zygia stevensonii</i>	2	2,000	0.074	-3.755	-0.278
$\sum i =$	<b>27</b>	<b>27000</b>		$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$	<b>2.93</b>

Como se puede observar en los resultados anteriores, la vegetación de Selva mediana subperennifolia que existe en la superficie de CUSTF, ostenta una biodiversidad moderada en cuanto a especies del estrato arbóreo ( $H=4.26$ ); mientras que para los estratos arbustivo y herbáceo es menos relevante toda vez que alcanzaron valores de  $H=3.91$  y  $H=2.93$  respectivamente. Por lo anterior, de acuerdo con el índice de Shannon – Wiener (1949), el valor del estrato arbóreo es el de mayor biodiversidad.

### 3.1.4. 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	<p>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 (agua “dulce”) y se acompañan de fuertes vientos, siendo este último factor, la principal causa de deterioro en la vegetación.</p> <p>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 <i>et al.</i>, 2009).</p> <p>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 <i>et al.</i> (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 <i>Platymiscium yucatanum</i>, <i>Lysiloma latisiliquum</i>, <i>Metopium brownei</i>, <i>Lonchocarpus rugosus</i>, <i>Coccoloba sp.</i>, <i>Psidium sartorianum</i> y <i>Neea choriophylla</i>. El 26% de los árboles fue cortado en la parte media del tronco, especialmente <i>Metopium brownei</i> y <i>Caesalpinia mollis</i>. Cerca del 80% de las especies fueron cortadas en la parte media del tronco, siendo las especies</p>

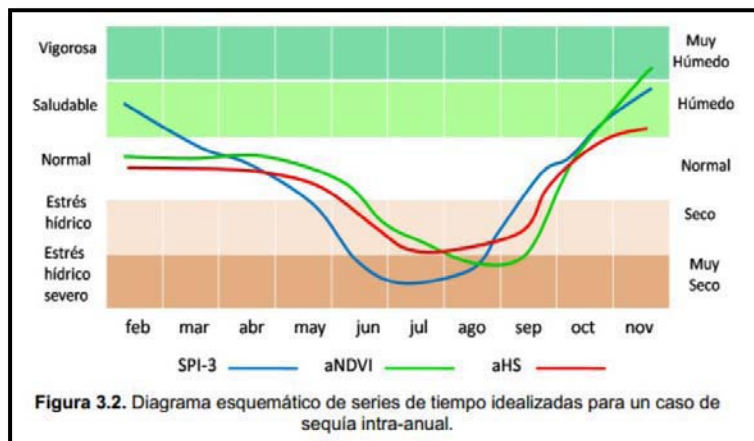
más dañadas *M. brownei*, *L. rugosus*, *L. latisiliquum*, entre otras.

## Sequía

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 aún, 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 periodos de precipitación deficientes que afectan la disponibilidad de agua superficial o del subsuelo. La frecuencia y severidad de este tipo de sequía se 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

### Crecimiento de la mancha urbana

Este es quizá una de las causas más importantes que han ocasionado el deterioro de la vegetación en la zona donde se ubica el predio del proyecto, principalmente porque se trata de una zona destinada al desarrollo urbano de la ciudad de Cancún. El establecimiento y crecimiento de centros urbanos tiene consecuencias ambientales profundas, tanto en el sitio en donde se desarrollan como en otros lugares, algunos circundantes y otros más lejanos. Las ciudades tienen una huella ecológica que con frecuencia rebasa sus límites. La concentración de la población ejerce una fuerte presión sobre los bienes y servicios que brindan los ecosistemas de los que depende, pero también puede optimizar su uso cuando la planificación del desarrollo es adecuada. El cambio de uso del suelo que subyace al desarrollo urbano merma muchos servicios ambientales, incluyendo la biodiversidad. Hoy día, mantener la mayor representación de la riqueza biótica y preservar los servicios ambientales que ello implica es un reto fundamental de las ciudades que aspiran a un

desarrollo urbano sustentable (Pisanty, I., M. Mazari, E. Ezcurra *et al.* 2009).

Cambios de uso de suelo

En muchas áreas dentro de la zona de influencia del proyecto, se ha llevado a cabo la remoción total de la vegetación, que va ligado al incremento de la mancha urbana en la zona Sur del centro de población; 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). La creciente mancha urbana de la zona, 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. Así mismo, 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).

## 3.2. Fauna

### 3.2.1. 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. Por 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.

AVES			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1.	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita
2.	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	Sac pacal
3.	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca
4.	Icteridae	<i>Dives dives</i>	Tordo cantor
5.	Icteridae	<i>Icterus cucullatus</i>	Bolsero
6.	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate
7.	Icteridae	<i>Icterus gularis</i>	Bolsero
8.	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle
9.	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario

REPTILES			
1.	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana rayada
2.	Polychridae	<i>Norops sagrei</i>	Lagartija común
3.	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	Lagartija espinosa
MAMÍFEROS			
1.	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache
2.	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Coatí

De acuerdo con la tabla anterior, encontramos que para el sitio del proyecto se registraron 13 especies faunísticas de las cuales el grupo mejor representado es el de las aves con 9 especies distribuidas entre 5 familias, siendo la familia Icteridae la mejor representada con 4 especies.

Por lo que toca a la herpetofauna, se registraron 3 especies de reptiles, encontrándose que las lagartijas son los organismos que representan a este grupo. Cabe señalar que durante el monitoreo no se percató la presencia de anfibios. En relación a los mamíferos, sólo se registró de la presencia de tlacuache.

Respecto a las especies listadas bajo alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, el estudio arrojó el la porción del límite noreste el registro de (*Ctenosaura similis*), especie incluida en la misma bajo la categoría de Amenazada; no obstante, es de señalarse que dada la distribución de dicha especie y su capacidad adaptativa, es común encontrarla en sitios perturbados a lo largo de todo el Estado.

### 3.2.2. 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			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO	Aa = # DE IND POR HECTÁREA	ABUNDANCIA RELATIVA
<i>Columbina talpacoti</i>	4	6	0.133
<i>Zenaida asiatica</i>	2	3	0.067
<i>Ortalis vetula</i>	3	4	0.089
<i>Dives dives</i>	3	4	0.089
<i>Icterus cucullatus</i>	4	7	0.156
<i>Quiscalus mexicanus</i>	4	6	0.133
<i>Icterus gularis</i>	3	5	0.111
<i>Mimus gilvus</i>	2	3	0.067
<i>Myiozetetes similis</i>	4	7	0.156
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>	<b>45</b>	<b>1</b>

ANFIBIOS Y REPTILES			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO	Aa = # DE IND POR HECTÁREA	ABUNDANCIA RELATIVA
<i>Ctenosaura similis</i>	5	28	0.185
<i>Norops sagrei</i>	7	45	0.298

ANFIBIOS Y REPTILES			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO	Aa = # DE IND POR HECTÁREA	ABUNDANCIA RELATIVA
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	13	78	0.517
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>	<b>151</b>	<b>1</b>
MAMÍFEROS			
<i>Didelphis virginiana</i>	2	14	0.438
<i>Nasua narica</i>	3	18	0.563
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>32</b>	<b>1</b>

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 <sub>2</sub> Pi	Pi * LOG <sub>2</sub> Pi
<i>Columbina talpacoti</i>	0.133	-2.907	-0.388
<i>Zenaida asiatica</i>	0.067	-3.907	-0.260
<i>Ortalis vetula</i>	0.089	-3.492	-0.310
<i>Dives dives</i>	0.089	-3.492	-0.310
<i>Icterus cucullatus</i>	0.156	-2.684	-0.418
<i>Quiscalus mexicanus</i>	0.133	-2.907	-0.388
<i>Icterus gularis</i>	0.111	-3.170	-0.352
<i>Mimus gilvus</i>	0.067	-3.907	-0.260
<i>Myiozetetes similis</i>	0.156	-2.684	-0.418
$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$			<b>3.10</b>

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD HERPETOFAUNA			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG <sub>2</sub> Pi	Pi * LOG <sub>2</sub> Pi
<i>Ctenosaura similis</i>	0.185	-2.431	-0.451
<i>Norops sagrei</i>	0.298	-1.747	-0.520
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	0.517	-0.953	-0.492
$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$			<b>1.46</b>

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE MAMÍFEROS			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG <sub>2</sub> Pi	Pi * LOG <sub>2</sub> Pi
<i>Didelphis virginiana</i>	0.438	-1.193	-0.522
<i>Nasua narica</i>	0.563	-0.830	-0.467
$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$			<b>0.98</b>

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 a baja en cuanto a especies de aves se refiere, ya que el índice de Shannon – Wiener (1949) alcanza un valor de  $H= 3.10$  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 ( $H= 1.46$ ) y mamíferos ( $H= 0.98$ ), en donde el índice alcanzó un valor menor a 1.5, lo que indica que su biodiversidad en el ecosistema es baja.

### 3.2.3. Valor de importancia

## ✓ Flora

A continuación se presentan los cálculos de IVI de las especies de flora presentes en el predio de interés:

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO ARBÓREO				
ESPECIE	DEN%= NI/N * 100	FR%= FI/FT * 100	D%= GI / $\sum$ GI * 100	IVI
<i>Acacia dolichostachya</i>	4.00	3.00	2.64	9.64
<i>Astronium graveolens</i>	7.60	7.00	6.64	21.24
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.40	1.00	0.26	1.66
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.40	1.00	0.23	1.63
<i>Bursera simaruba</i>	7.20	6.00	4.33	17.53
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	2.40	2.00	0.78	5.18
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	0.40	1.00	0.12	1.52
<i>Casearia corymbosa</i>	0.80	1.00	0.27	2.07
<i>Chloroleucon mangense</i>	2.40	2.00	2.79	7.19
<i>Coccoloba diversifolia</i>	0.40	1.00	0.15	1.55
<i>Cordia alliodora</i>	0.40	1.00	0.51	1.91
<i>Cupania dentata</i>	1.60	2.00	1.06	4.66
<i>Diospyros yucatanensis</i>	0.40	1.00	0.16	1.56
<i>Diospyrus tetrasperma</i>	0.80	2.00	0.32	3.12
<i>Drypetes lateriflora</i>	1.20	2.00	1.01	4.21
<i>Ficus cotinifolia</i>	16.00	10.00	22.05	48.05
<i>Ficus maxima</i>	1.60	2.00	3.27	6.87
<i>Gliricidia sepium</i>	2.00	3.00	2.64	7.64
<i>Leucaena leucocephala</i>	2.00	2.00	1.23	5.23
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	0.40	1.00	0.12	1.52
<i>Lonchocarpus xuul</i>	2.00	2.00	0.83	4.83
<i>Lonchocarpus yucatanensis</i>	0.40	1.00	0.39	1.79
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0.40	1.00	0.19	1.59
<i>Manilkara zapota</i>	0.40	1.00	0.14	1.54
<i>Melicocus oliviformis</i>	1.20	2.00	0.39	3.59
<i>Metopium brownei</i>	1.20	3.00	0.60	4.80
<i>Neea psychotoides</i>	1.20	3.00	0.53	4.73
<i>Piscidia piscipula</i>	13.60	6.00	13.78	33.38
<i>Pouteria campechiana</i>	0.40	1.00	1.34	2.74
<i>Randia longiloba</i>	0.40	1.00	0.22	1.62
<i>Sabal yapa</i>	1.20	3.00	2.16	6.36
<i>Sideroxylom foetidissimum</i>	0.40	2.00	0.23	2.63
<i>Sideroxylom salicifolium</i>	0.40	1.00	0.17	1.57
<i>Swartzia cubensis</i>	0.40	1.00	0.12	1.52
<i>Tabebuia rosea</i>	0.40	1.00	0.12	1.52
<i>Thevetia gaumeri</i>	8.00	6.00	4.48	18.48
<i>Thouinia paucidentata</i>	1.20	3.00	0.52	4.72
<i>Trichilia hirta</i>	2.40	2.00	2.49	6.89
<i>Vitex gaumeri</i>	10.80	7.00	20.09	37.89
<i>Zuelania guidonia</i>	1.20	2.00	0.63	3.83
				<b>300</b>

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO ARBUSTIVO				
ESPECIE	DEN%= NI/N * 100	FR%= FI/FT * 100	D%= GI / $\sum$ GI * 100	IVI
<i>Acacia dolichostachya</i>	2.00	1.82	4.36	8.18
<i>Bauhinia divaricata</i>	7.00	3.64	2.72	13.36
<i>Bursera simaruba</i>	1.00	1.82	6.15	8.96
<i>Casearia corymbosa</i>	23.00	10.91	6.05	39.96
<i>Croton icche</i>	3.00	1.82	4.71	9.52
<i>Cupania dentata</i>	2.00	3.64	3.15	8.79
<i>Diospyros yucatanensis</i>	4.00	5.45	3.33	12.79
<i>Drypetes lateriflora</i>	1.00	1.82	3.43	6.25
<i>Esembeckia pentaphylla</i>	3.00	1.82	4.76	9.58
<i>Ficus cotinifolia</i>	4.00	3.64	5.10	12.74
<i>Guetterda combsii</i>	1.00	1.82	4.36	7.18
<i>Manilkara zapota</i>	3.00	3.64	3.40	10.04
<i>Melicococus oliviformis</i>	10.00	9.09	3.43	22.52
<i>Metopium brownei</i>	1.00	1.82	3.64	6.46
<i>Nectandra coriacea</i>	3.00	3.64	1.31	7.94
<i>Neea psychotoides</i>	2.00	3.64	3.15	8.79
<i>Ottoschulzia pallida</i>	1.00	1.82	2.65	5.47
<i>Piscidia piscipula</i>	3.00	3.64	4.11	10.74
<i>Randia longiloba</i>	1.00	1.82	1.43	4.25
<i>Sideroxylum foetidissimum</i>	3.00	1.82	4.38	9.20
<i>Thevetia gaumeri</i>	3.00	1.82	2.28	7.10
<i>Thouinia paucidentata</i>	2.00	14.55	6.94	23.49
<i>Trichilia minutiflora</i>	15.00	10.91	5.24	31.14
<i>Trichilia hirta</i>	1.00	1.82	4.56	7.37
<i>Vitex gaumeri</i>	1.00	1.82	5.37	8.19
				<b>300</b>

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO HERBÁCEO				
ESPECIE	DEN%= NI/N * 100	FR%= FI/FT * 100	D%= GI / $\sum$ GI * 100	IVI
<i>Astronium graveolens</i>	14.81	8.33	11.50	34.65
<i>Coccoloba diversifolia</i>	3.70	8.33	12.92	24.96
<i>Cupania dentata</i>	7.41	8.33	8.50	24.24
<i>Ficus cotinifolia</i>	3.70	8.33	11.86	23.90
<i>Gymnanthes lucida</i>	11.11	8.33	8.14	27.59
<i>Myrciastes fragrans</i>	3.70	8.33	10.62	22.66
<i>Pouteria reticulata</i>	7.41	8.33	6.90	22.64
<i>Randia longiloba</i>	7.41	8.33	6.02	21.76
<i>Trichilia minutiflora</i>	33.33	25.00	16.28	74.62
<i>Zygia stevensonii</i>	7.41	8.33	7.26	23.00
				<b>300</b>

En lo que respecta al estrato arbóreo, la estructura y composición se observa relativamente homogénea; no obstante las especies que destacan son *Ficus cotinifolia*, *Vitex gaumeri* y *Piscidia piscipula*; siendo éstas las que presentan una ligera dominancia entre el resto de las especies del estrato arbóreo. Por lo que toca al estrato arbustivo, se aprecia un comportamiento de homogeneidad similar al arbóreo; sin embargo *Casearia corymbosa*, *Trichilia minutiflora* y *Thouinia paucidentata* fueron las más representativa con el mayor valor de



importancia obtuvo en dicho estrato; no obstante con dicha representatividad se observa una nula dominancia ya que la composición estructural horizontal indica una distribución homogénea además se corrobora con el valor de diversidad obtenido. Asimismo, para el caso del estrato herbáceo, la homogeneidad se presenta, pues todas las especies alcanzaron un IVI promedio de 25.0 a excepción de *Trichilia minutiflora* que fue la especie más representativa y que por tanto se podría considerar como una relativa dominancia; situación que se presenta de forma similar en el estrato arbustivo.

En virtud de los resultados arrojados por los IVI, se puede afirmar que la vegetación del predio en sus tres estratos se comporta de forma similar toda vez que la mayor parte de las especies que componen cada uno de ellos mantienen valores similares provocando una estructura homogénea dentro del predio del proyecto Lote 41-02, por lo que se puede decir que el predio concuerda con lo reportado por el INEGI serie IV en cuanto al tipo de vegetación existente de selva mediana subperennifolia conformada de acuerdo al muestreo realizado para el predio del proyecto.

**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**

**LOTE 41-02**

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.

## 1. INVENTARIO FORESTAL

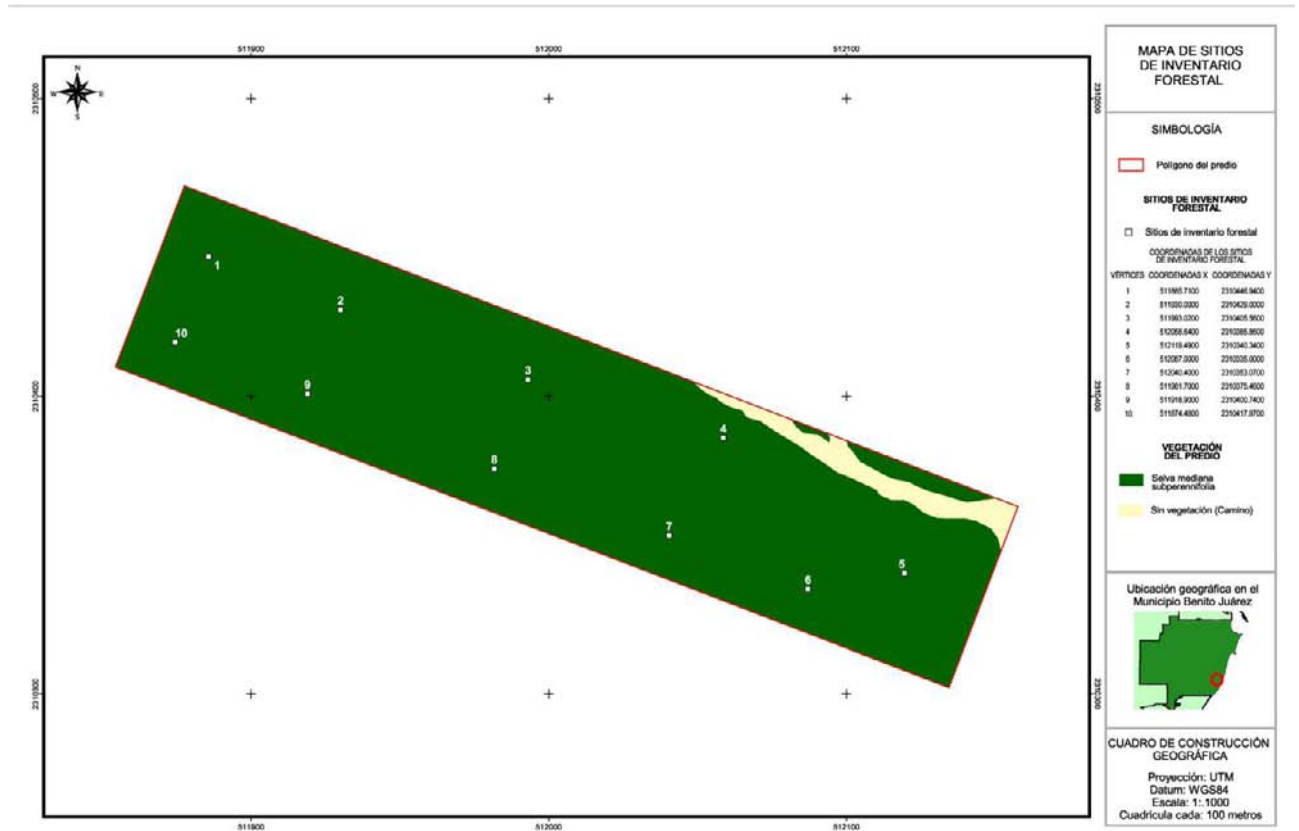
Las primeras actividades consistieron en identificar los límites del predio mediante el GPS, una vez corroborados dichos datos se procedió a identificar el tipo de vegetación (Selva mediana subperennifolia) así como las condiciones en las que ésta se encontraba, la cual fue verificada mediante imágenes satelitales 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 con 10 sitios de muestreo. Cada sitio de muestreo consistió en una serie de tres cuadrantes anidados, cuyas características se describen a continuación:

- » **Primer cuadrante:** de 225 m<sup>2</sup> de superficie, 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.
- » **Segundo cuadrante:** de 25 m<sup>2</sup> de superficie, 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.
- » **Tercer cuadrante:** de 1 m<sup>2</sup> de superficie, 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 2,250 m<sup>2</sup> (0.22 hectáreas), las cuales considerando que la superficie solicitada para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales corresponde a 1.19 ha, representa una intensidad de muestreo del 18.8%. En la siguiente tabla e imagen siguientes se presentan las coordenadas (UTM Datum WGS84) de los sitios de muestreo así como la distribución espacial que ocupan en el predio del proyecto.

SITIO	X	Y
1	511885.71	2310446.94
2	511930.00	2310429.00
3	511993.02	2310405.56
4	512058.64	2310385.86
5	512119.49	2310340.34
6	512087.00	2310335.0
7	512040.40	2310353.07
8	511981.70	2310375.46
9	511918.90	2310400.74
10	511874.48	2310417.97



Ubicación georreferenciada de los sitios de muestreo utilizados para el inventario forestal.

## 1.1. Registro de variables

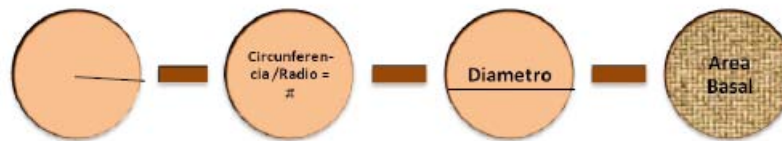
Las variables dasométricas registradas en el censo forestal fueron: número de registro (árbol), nombre común, nombre científico, altura total en metros, diámetro normal (DAP) en centímetros, altura comercial en metros y condición (vivo, derribado, muerto, etc.).

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.

## 2. ESTIMACIÓN DE VOLUMEN DE MATERIAS PRIMAS FORESTALES

Una vez recabados los datos mediante el censo forestal, se procedió a realizar los cálculos del Área Basal y Volumen Rollo Total Árbol (mediante coeficientes móricos). Las formulas empleadas para ello fueron las siguientes:

» **Área Basal:**



$$AB = \pi \times R^2$$

$$AB = 3.1416 \times (D/2)^2$$

$$AB = \frac{3.1416 \times D^2}{4}$$

4

De donde viene la fórmula

$$AB = 0.7854 \times D^2$$

Fórmula para el cálculo del área basal de un árbol.

$$g = 0.7854 \times \text{dap}^2$$

### » Volumen Rollo Total Árbol

En este caso se utilizó la fórmula para el cálculo de volumen de un árbol en pie mediante un coeficiente mórfico o de forma, esta fórmula se obtuvo de la publicación denominada DENDROMETRÍA, de Ulises Dieguez Aranda et al. 2003. Mundiprensa- Fundación Conde Valle de Salazar, páginas 179 y 180.

$$v = g \cdot h \cdot f = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h \cdot f$$

Dónde: V= Volumen (m<sup>3</sup>) siendo esta la que se apega a la definición de volumen rollo total árbol, g= Área Basal (m<sup>2</sup>) ((3.1416/4)(d<sup>2</sup>)), h= Altura (m) y f= coeficiente mórfico o de forma (para este caso se utilizó 0.5 en todas las especies).

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 prola superficie de CUSTF y por hectárea.

ESTIMACIONES Nombre científico	POR HECTÁREA			CUSTF		
	Número de Ind	AB (m <sup>2</sup> )	Vol.T.A (m <sup>3</sup> )	Número de Ind	AB (m <sup>2</sup> )	Vol.T.A (m <sup>3</sup> )
<i>Acacia dolichostachya</i>	40	0.4198	1.7124	48	0.5010	2.0435
<i>Astronium graveolens</i>	76	1.0550	4.8424	91	1.2590	5.7787
<i>Bauhinia divaricata</i>	4	0.0408	0.2144	5	0.0487	0.2558
<i>Brosimum alicastrum</i>	4	0.0360	0.1259	5	0.0430	0.1502

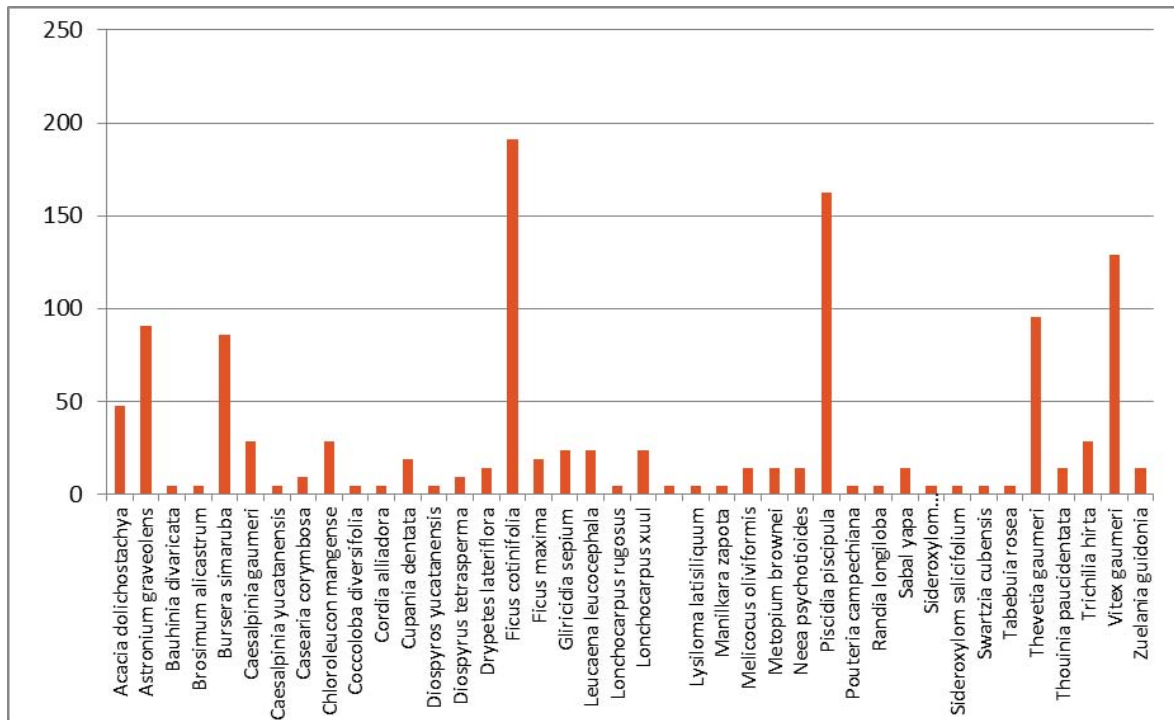
ESTIMACIONES Nombre científico	POR HECTÁREA			CUSTF		
	Número de Ind	AB (m <sup>2</sup> )	Vol.T.A (m <sup>3</sup> )	Número de Ind	AB (m <sup>2</sup> )	Vol.T.A (m <sup>3</sup> )
<i>Bursera simaruba</i>	72	0.6887	2.8054	86	0.8219	3.3478
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	24	0.1242	0.4664	29	0.1482	0.5565
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	4	0.0186	0.0652	5	0.0222	0.0778
<i>Casearia corymbosa</i>	8	0.0436	0.1526	10	0.0520	0.1821
<i>Chloroleucon mangense</i>	24	0.4436	1.8178	29	0.5294	2.1693
<i>Coccoloba diversifolia</i>	4	0.0243	0.0912	5	0.0290	0.1089
<i>Cordia alliodora</i>	4	0.0804	0.3619	5	0.0959	0.4319
<i>Cupania dentata</i>	16	0.1680	0.7582	19	0.2005	0.9048
<i>Diospyros yucatanensis</i>	4	0.0249	0.1058	5	0.0297	0.1262
<i>Diospyros tetrasperma</i>	8	0.0505	0.2088	10	0.0603	0.2491
<i>Drypetes lateriflora</i>	12	0.1604	0.6244	14	0.1914	0.7451
<i>Ficus cotinifolia</i>	160	3.5046	14.8939	191	4.1822	17.7735
<i>Ficus maxima</i>	16	0.5203	2.0822	19	0.6209	2.4848
<i>Gliricidia sepium</i>	20	0.4188	1.9278	24	0.4998	2.3005
<i>Leucaena leucocephala</i>	20	0.1961	0.8173	24	0.2340	0.9753
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	4	0.0186	0.0838	5	0.0222	0.1000
<i>Lonchocarpus xuul</i>	20	0.1327	0.5715	24	0.1584	0.6820
<i>Lonchocarpus yucatanensis</i>	4	0.0625	0.2811	5	0.0746	0.3354
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	4	0.0296	0.1035	5	0.0353	0.1235
<i>Manilkara zapota</i>	4	0.0216	0.0758	5	0.0258	0.0904
<i>Melicococus oliviformis</i>	12	0.0625	0.2724	14	0.0746	0.3250
<i>Metopium brownei</i>	12	0.0953	0.4171	14	0.1137	0.4977
<i>Neea psychotoides</i>	12	0.0841	0.3250	14	0.1004	0.3878
<i>Piscidia piscipula</i>	136	2.1903	10.2949	162	2.6138	12.2853
<i>Pouteria campechiana</i>	4	0.2124	0.9026	5	0.2535	1.0771
<i>Randia longiloba</i>	4	0.0353	0.1059	5	0.0421	0.1264
<i>Sabal yapa</i>	12	0.3428	1.5218	14	0.4091	1.8160
<i>Sideroxylum foetidissimum</i>	4	0.0373	0.1586	5	0.0445	0.1893
<i>Sideroxylum salicifolium</i>	4	0.0278	0.1180	5	0.0332	0.1408
<i>Swartzia cubensis</i>	4	0.0191	0.0860	5	0.0228	0.1026
<i>Tabebuia rosea</i>	4	0.0196	0.0784	5	0.0234	0.0936
<i>Thevetia gaumeri</i>	80	0.7115	2.8051	95	0.8491	3.3475
<i>Thouinia paucidentata</i>	12	0.0834	0.3722	14	0.0995	0.4442
<i>Trichilia hirta</i>	24	0.3958	1.7467	29	0.4723	2.0844
<i>Vitex gaumeri</i>	108	3.1923	17.0719	129	3.8095	20.3726
<i>Zuelania guidonia</i>	12	0.1003	0.4771	14	0.1197	0.5694
<b>Total</b>	<b>1000</b>	<b>15.8934</b>	<b>71.9430</b>	<b>1193</b>	<b>18.9663</b>	<b>85.8528</b>

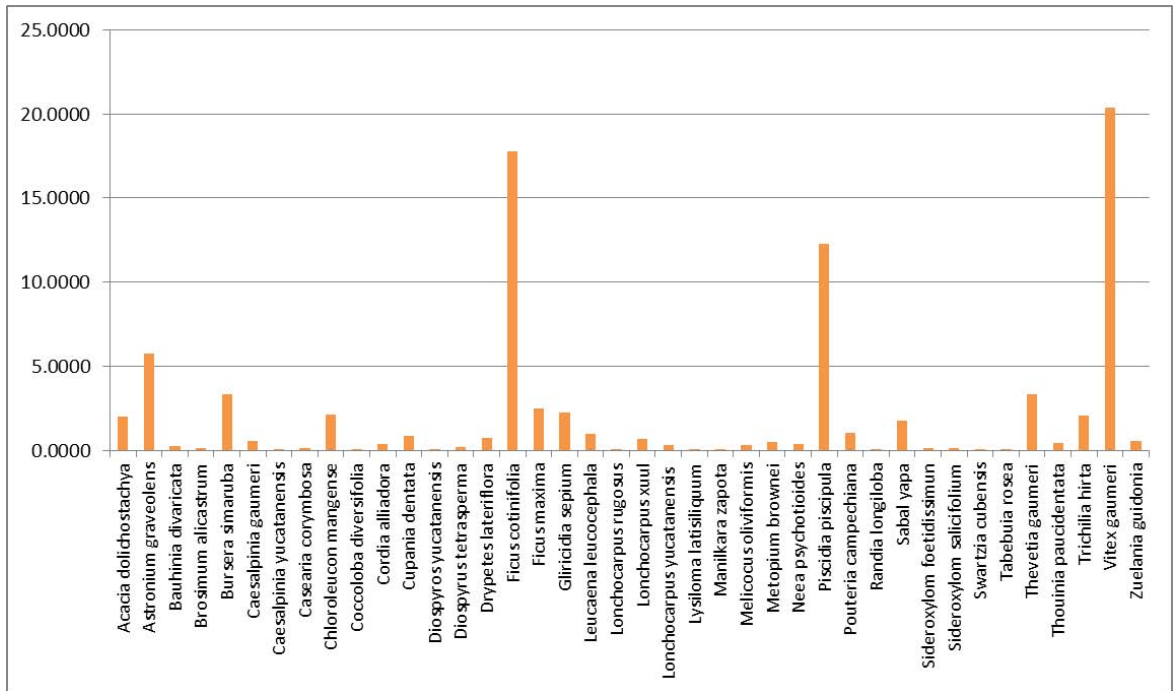
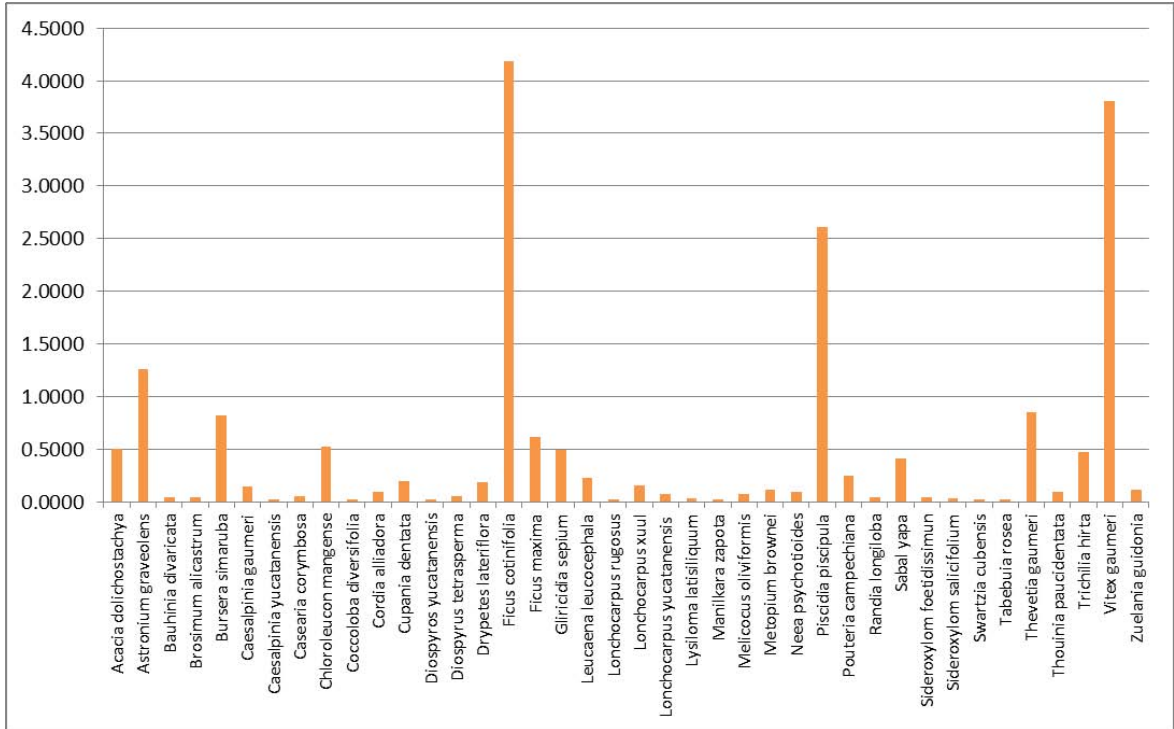
Los resultados obtenidos durante el análisis de los datos tomados del inventario forestal del predio; estiman que al interior del área sujeta al cambio de uso de suelo existe un total de **1193 individuos** (valor absoluto), con un **área basal de 18.9663 m<sup>2</sup> (AB)**, un **volumen total árbol 85.8528 m<sup>3</sup> (Vol.T.A.)**, en un tipo de vegetación de Selva mediana subperennifolia.

De los datos referidos en el párrafo anterior, las especies más importantes dentro del área de estudio, de acuerdo con su densidad, área basal, así como de su volumen total, son:

- » Por densidad: *Vitex gaumeri*, *Ficus cotinifolia*, y *Piscidia piscipula*, lo cual puede apreciarse en las gráfica de las páginas siguientes.
- » Por área basal: *Ficus cotinifolia*, *Vitex gaumeri* y *Piscidia piscipula*.
- » Por volumen total árbol: *Vitex gaumeri*, *Ficus cotinifolia* y *Piscidia piscipula*.

Lo anterior se ejemplifica en las siguientes gráficas.







**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**

**LOTE 41-02**

## 1. 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	»												
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		»	»	»	»	»	»	»	»	»	»		
Desmante 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													»

## 2. 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 a 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. 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.

Desmante y despálme 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 despálme 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 despálme se acopiarán para su posterior utilización en las áreas verdes del proyecto.

Rescate de tierra vegetal proveniente del despálme así como aprovechamiento y/o trituración del material vegetal acopiado  
Posterior al desmante, 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**

# LOTE 41-02

## 1. 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](http://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](http://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 1,100 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 de tipo leptosoles (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.

## 2. 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 la zona norte del estado de Quintana Roo (Wilma y Emily), y su zona de influencia ha sido relativamente modificada por actividades antropogénicas que están proliferando en las inmediaciones, sobre todo por tratarse de una zona destinada al desarrollo urbano de la zona, 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.

### 2.1. 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.

## 2.2. 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.

## 2.3. 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 en capítulos posteriores:

## 2.4. 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.

## 2.5. Pedregosidad del terreno (Superficie de CUSTF)

En el terreno forestal son evidentes los leptosoles, 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.

## 2.6. 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 leptosoles (Rendzinas y litosoles), 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. 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

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.

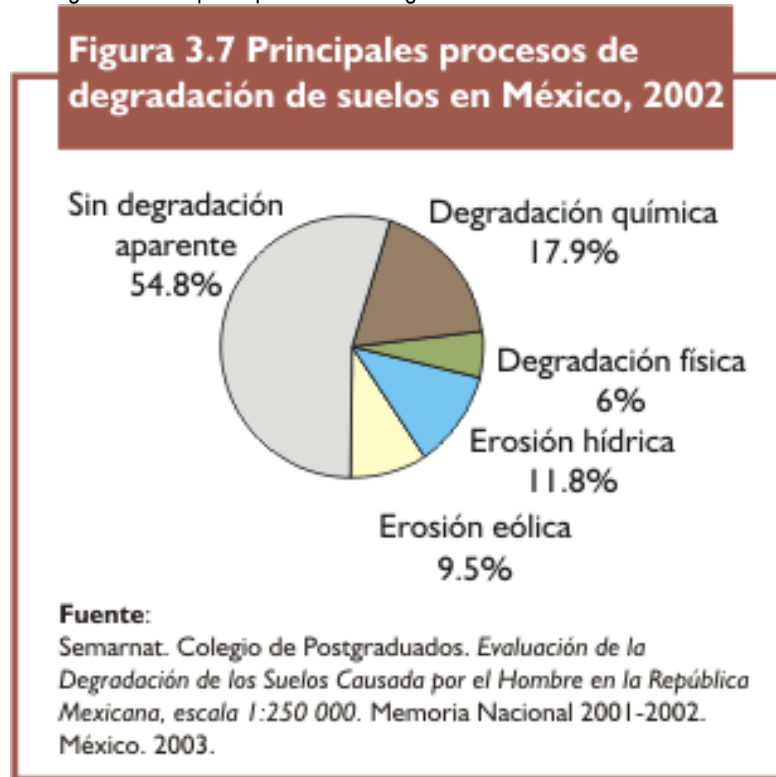


Figura 2. Erosión hídrica de suelos según nivel en México.

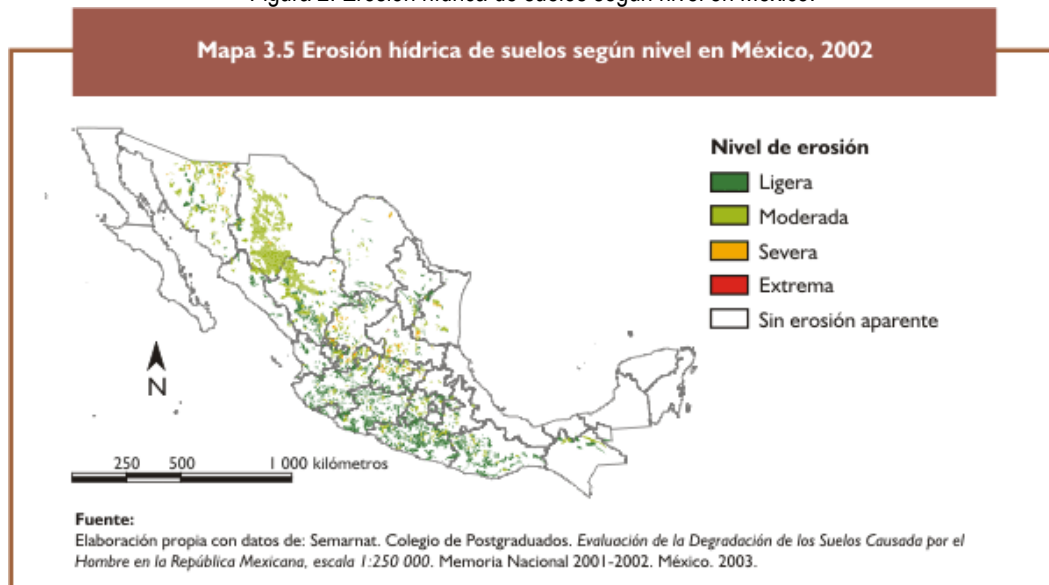


Figura 3. Erosión hídrica en México.

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
<b>Nacional</b>	<b>2 676 622</b>	<b>1.38</b>	<b>20 115 562</b>	<b>10.38</b>	<b>22 792 184</b>	<b>11.77</b>

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.

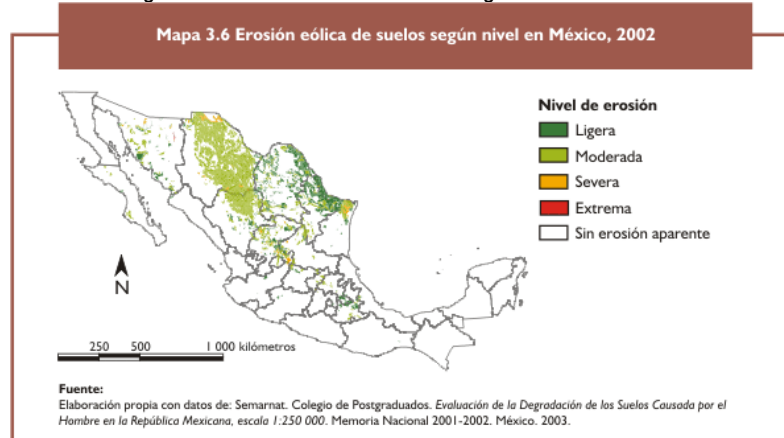
Figura 4. Erosión eólica actual por entidad federativa.

**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
<b>Nacional</b>	<b>84 507</b>	<b>0.04</b>	<b>17 493 587</b>	<b>9.03</b>	<b>17 578 094</b>	<b>9.07</b>

**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.

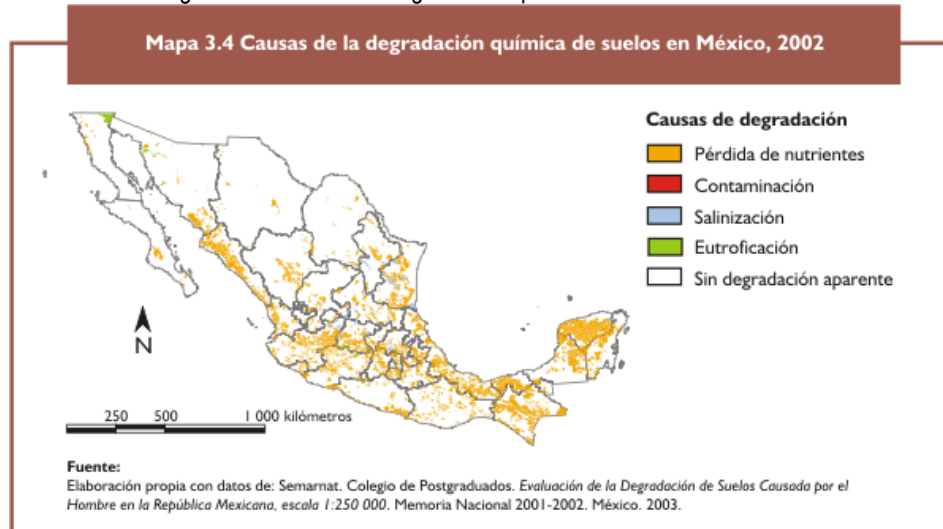
Figura 7. Erosión eólica de suelos según nivel en México.



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.

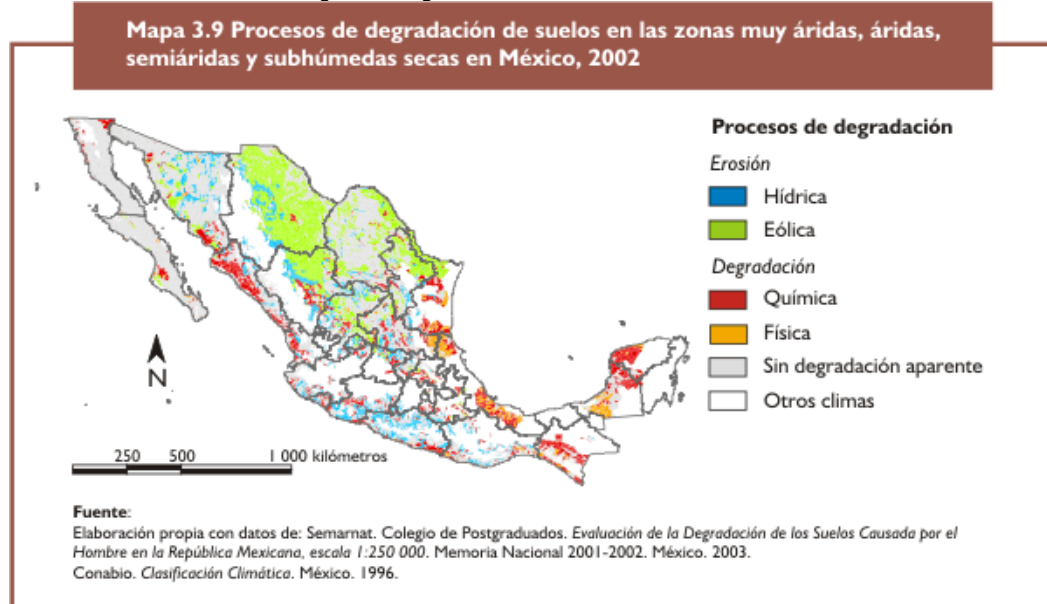


En el estado de Quintana Roo, sin embargo solo esta reportada este tipo de degradación principalmente en las zonas agropecuarias de la parte centro sur del estado. Por último, la degradación física se refiere principalmente a la pérdida de la capacidad del sustrato para absorber y almacenar agua. Esto 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 pretende el proyecto, las características de los suelos se han deteriorado debido al resultado de los impactos que se han generado por los huracanes que azotan la zona del Caribe, aun así se observa que aunque la mancha urbana va en aumento el sitio del proyecto se mantiene conservado y con alteraciones mínimas ya que la vegetación del predio mantiene condiciones favorables en los tres estratos. Debido a las características del proyecto que se pretende implementar, 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 y sellado de las áreas a construir a futuro, principalmente en el desplante de las obras inherentes al proyecto, no obstante se puede decir que esta pérdida ya está considerada dentro de los criterios que se tomaron en cuenta para la elaboración de los mecanismos de ordenamiento ecológico que rigen la zona y el PDU, cabe aclarar, que si bien el proyecto 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, el mismo también implica la conservación y enriquecimiento de áreas con vegetación natural. Respecto a las áreas de conservación, se pretende mantener una superficie de 6844.606 m<sup>2</sup> (0.68 ha) con vegetación en estado 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.

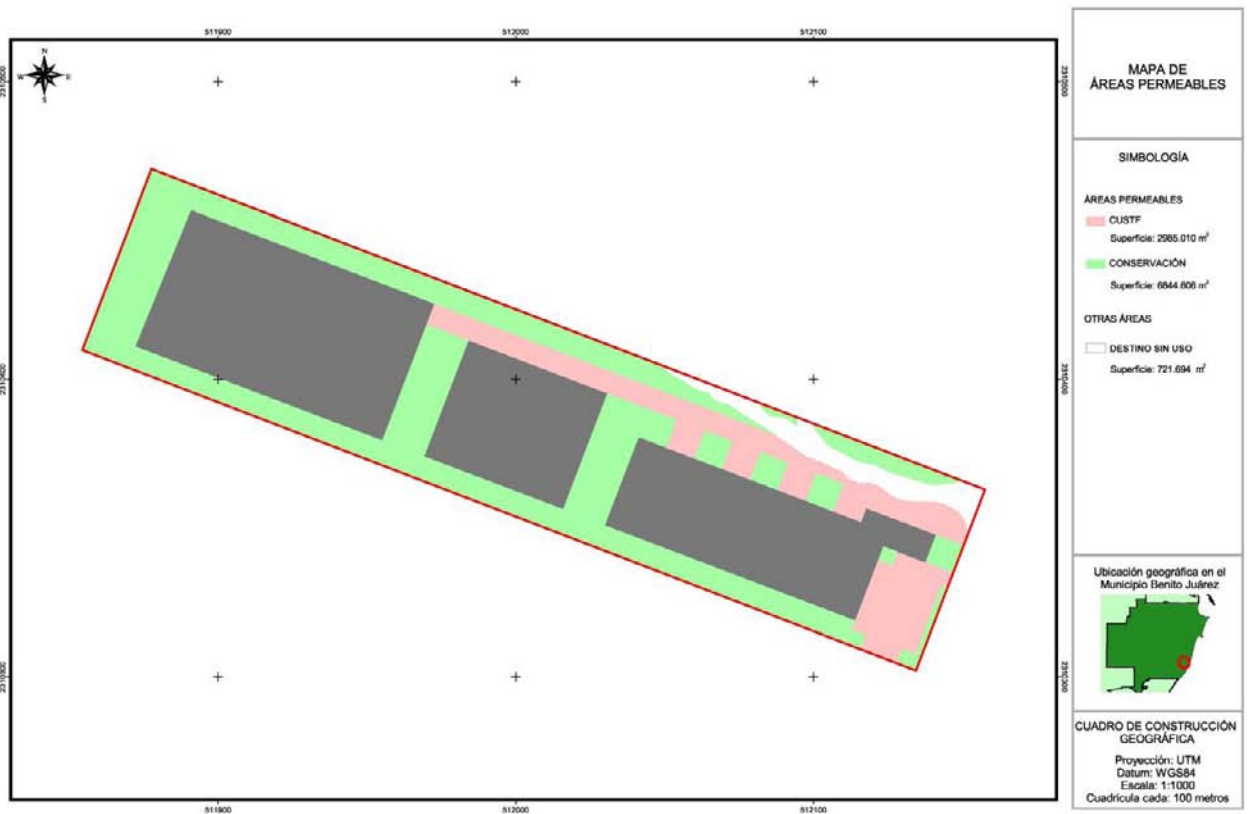


Por lo anterior podemos determinar que las tierras donde se realizará el proyecto no están catalogadas como zonas frágiles, no obstante que en una parte del predio se va eliminar la vegetación, pero no existe una degradación hídrica o eólica y no presentan pendientes, ni condiciones climáticas extremas (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, en donde se establece que corresponde a suelo poco profundos (10 cm) que sobreyacen directamente a material carbonatado (ejemplo roca caliza).

### 3. VEGETACIÓN QUE DEBE ESTABLECERSE O RESPETARSE

El desarrollo del proyecto necesariamente involucra que se realice la remoción de vegetación forestal en una superficie de **11933.44 m<sup>2</sup> (1.19 ha) equivalentes al 61.2 %** de la superficie total del terreno, lo cual está previsto dentro de la actividad para la cual está destinado el predio en los ordenamientos e instrumentos reguladores que le aplican.

No obstante lo anterior, se mantendrá en estado natural una superficie de **6,844.606 m<sup>2</sup> (0.68 ha)** lo que sumado a aquellas áreas de aprovechamiento que permanecerán permeables (2,985.01 m<sup>2</sup>), representará el **50.4 % de la totalidad del predio**; con lo que se concluye que no se afectará la infiltración de agua al acuífero.



Áreas permeables del proyecto: En color verde se indican las superficies en las que no se llevará a cabo el CUSTF (áreas verdes naturales) y en color rosa las modificadas que permanecerán permeables (implican CUSTF).

Cabe señalar 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 reintroducidas al predio en las áreas verdes.

Aunado a lo anterior, es importante también mencionar que dadas las condiciones totalmente homogéneas que mantiene la vegetación en la superficie total del predio del proyecto, la remoción de las áreas sujetas al cambio de uso de suelo no afectará en gran parte la abundancia y distribución de las especies toda vez que dichos atributos se conservarán en las áreas que se mantendrán con vegetación natural

**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**

**LOTE 41-02**



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.

## 1. 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).

### 1.1. 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.

### 1.2. 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.

### 1.3. 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 despalme
	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

#### 1.4. 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									

#### 1.5. 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.

### 1.5.1. 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:

#### 1.5.1.1. Carácter (+ ó -).

Quando 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.

#### 1.5.1.2. 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 ocasione 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.

#### 1.5.1.3. *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.

#### 1.5.1.4. *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.

#### 1.5.1.5. *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.

#### 1.5.1.6. *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.

#### 1.5.1.7. *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.

#### 1.5.1.8. *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.

#### 1.5.1.9. 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.

#### 1.5.2. 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

CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS		
CRITERIO	RANGO	VALOR
Persistencia (Pe)	Largo plazo	3
	Fugaz	1
	Temporal	2
	Permanente	3
Periodicidad (Pr)	Irregular	1
	Periódico	2
	Continuo	3
Reversibilidad (Rv)	Reversible	1
	Irreversible	2
Recuperabilidad (Rc)	Preventivo	0
	Recuperable	1
	Mitigable	2
	Irrecuperable	3

### 1.5.3. 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.

### 1.5.4. Impactos que se producirán en la etapa de preparación del sitio

#### 1.5.4.1. 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	Media	Se aprovechará el 61.2 % del predio	2
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
<b>VALOR DE IMPORTANCIA</b>		<b>VIM = +/- (3(2) + 2(1) + 2 + 1 + 3 + 1 + 2 + 2)</b>	<b>VIM = -19</b>

#### 1.5.4.2. 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	Media	Se perderá el hábitat en el 61.2% de la superficie total del predio.	2
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
Momento	Corto plazo	El desmonte 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 desmonte 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 conservará una superficie de 6,844.606 m <sup>2</sup> con vegetación en estado natural la cual podrá fungir como hábitat para la flora y la fauna.	2
<b>Valor de importancia</b>		<b>VIM = +/- (3(2) + 2(1) + 2 + 1 + 3 + 1 + 2 + 2)</b>	<b>VIM = -19</b>

#### 1.5.4.3. 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	Media	Se aprovechará el 61.2 % de la superficie total del predio.	2
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

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
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
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, y en las áreas verdes ajardinadas.	2
<b>Valor de importancia</b>		<b>VIM = +/- (3(2) + 2(1) + 2 + 1 + 3 + 1 + 2 + 2)</b>	<b>VIM = -19</b>

#### 1.5.4.4. 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

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
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
<b>Valor de importancia</b>		<b>VIM = +/- (3(1) + 2(2) + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 0)</b>	<b>VIM = -12</b>

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

##### ◆ Elemento del medio impactado: Paisaje

◆ **Descripción del impacto:** Éste 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.	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. Sin embargo se reitera que dicha zona constituye un área de ampliación de la zona urbana.	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

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Recuperabilidad	Mitigable	Se conservará una superficie de 6,844.606 m <sup>2</sup> con vegetación en estado natural, con lo que se contribuirá en parte a la permanencia de la calidad visual al paisaje. No obstante, es de señalarse que el paisaje dentro del área de estudio comienza a verse alterado debido a que la zona donde se sitúa el predio del proyecto corresponde a una superficie para la ampliación de la mancha urbana.	2
<b>Valor de importancia</b>		<b>VIM = +/- (3(1) + 2(2) + 2 + 1 + 3 + 3 + 2 + 2)</b>	<b>VIM = -20</b>

#### 1.5.4.6. 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	Media	Se conservará una superficie de 6,844.606m <sup>2</sup> con vegetación en estado natural. Dicha superficie podrá fungir como zona de refugio, anidación, reproducción y alimentación para la fauna del sitio.	2
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 (desmonte y despalme) serán los factores causantes de la perturbación del hábitat.	2
Momento	Corto plazo	El desmonte 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

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Recuperabilidad	Mitigable	Se conservará una superficie de 6,844.606 m <sup>2</sup> con vegetación en estado, por lo que se advierte que dicha superficie podrá fungir como zona de refugio, anidación, reproducción y alimentación para la fauna del sitio.	2
<b>Valor de importancia</b>		<b>VIM = +/- (3(2) + 2(2) + 2 + 1 + 2 + 2 + 1 + 2)</b>	<b>VIM = -20</b>

#### 1.5.4.7. 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

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Recuperabilidad	Preventivo	Se aplicarán medidas preventivas específicas para evitar que el impacto se manifieste.	0
<b>Valor de importancia</b>		<b>VIM = +/- (3(1) + 2(2) + 1 + 2 + 2 + 2 + 1 + 0)</b>	<b>VIM = -15</b>

#### 1.5.4.8. 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 a cabo los trabajos de preparación del sitio, no son significativos, por lo que la intensidad el impacto se considera baja.	1
Extensión	Extenso	La renta y adquisición de maquinaria y equipo se hará en la localidad de Puerto Morelos y/o en la ciudad de Cancún. En tanto al pago de permisos, se beneficiará al Municipio de Benito Juárez, 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 activara en forma impredecible pero no será continua, ya que cesará al término del proyecto.	1
Reversibilidad	Reversible	No aplica (ver apartado 1.5.1.8 del presente capítulo)	0
Recuperabilidad	Mitigable	No aplica (ver apartado 1.5.1.9 del presente capítulo)	0
<b>Valor de importancia</b>		<b>VIM = +/- (3(1) + 2(3) + 2 + 1 + 1 + 1 + 0 + 0)</b>	<b>VIM = +14</b>

#### 1.5.4.9. 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 Cancún, 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
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 (ver apartado 1.5.1.8 del presente capítulo)	0
Recuperabilidad	Mitigable	No aplica (ver apartado 1.5.1.9 del presente capítulo)	0
<b>Valor de importancia</b>		<b>VIM = +/- (3(1) + 2(3) + 2 + 1 + 1 + 1 + 0 + 0)</b>	<b>VIM = +14</b>

### 1.5.5. 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 con 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 irreparable). 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**

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

$$Vim = +/- (3 (2) + 2 (2) + 1 + 2 + 2 + 2 + 1 + 2)$$

$$Vim = +/- 20$$

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**

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

$$Vim = +/- (3 (1) + 2 (1) + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 0)$$

$$Vim = +/- 10$$

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:

#### 1.5.5.1. 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.

#### 1.5.5.2. 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.

#### 1.5.5.3. 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	-19	Bajo
2	Reducción del hábitat	Flora y fauna	-19	Bajo
3	Reducción del suelo	Suelo	-19	Bajo
4	Suspensión de sedimentos	Aire	-12	Bajo
5	Reducción de la calidad visual	Paisaje	-20	Moderado
6	Perturbación del hábitat	Fauna	-20	Moderado
7	Contaminación del medio	Agua del subsuelo, Suelo, y flora	-15	Bajo
8	Generación de ingresos económicos	Sector económico y comercial	+14	Bajo
9	Generación de empleos	Sector laboral	+14	Bajo

## 1.6. 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 (5 de categoría baja o nula y 2 moderado) y 2 positivos de categoría baja. 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 ocupada por caminos 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 ni para la ciudad en la que se pretende, 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 urbano por lo que los efectos sobre ecosistemas naturales, entendidos estos como un conjunto de elementos que interaccionan, 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

## 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**

# LOTE 41-02

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.

## **1. 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 determinarán 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 contratarán dos brigadas para el rescate de la flora, que estarán integradas cada una 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 ha propuesto la conservación pura de 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.

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 en las áreas verdes modificadas y el volumen del material utilizado en la reforestación; asimismo, 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.

## 2. 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 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; asimismo 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 ésta 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 con malla y cubierta de plástico 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 verdes y 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.

### **3. 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 despalme 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 verdes del proyecto.

Se establecerá un sitio específico para que los trabajadores tomen sus alimentos, las aguas generadas en este comedor, serán almacenadas en contenedores de plástico tipo Rotoplas y deberán ser desalojadas de la obra a través de pipas, en la etapa de preparación y construcción del sitio. Para la etapa de operación las aguas jabonosas y residuales, serán canalizadas al drenaje público a cargo del municipio.

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 diariamente, 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 atiende 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 en su caso 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. Asimismo, 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.

#### **4. 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 afectar a los trabajadores en el sitio y la biota en general. 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 las actividades. 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. El material de relleno deberá ser transportado húmedo y en camiones cubiertos con lona, evitando llenar excesivamente los mismos para evitar el desborde por malas condiciones en el camino o maniobras bruscas.

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. Durante la etapa de construcción, los caminos se deberán mantener húmedos para disminuir la suspensión de partículas.

Se colocarán 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 construidos 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.

## 5. PRONOSTICOS AMBIENTALES

#### ❖ **Descripción y análisis del escenario sin proyecto.**

Cuando se desarrollan proyectos sin la aplicación de medidas de prevención y mitigación, viene una seria 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 determinó 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 del CUSTF de interés del presente DTU-A pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo en con el fin de poder desarrollar un proyecto futuro. 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 a la construcción del 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, tomando en cuenta que el área que circunda al proyecto ya se encuentra urbanizada.
- 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 en el capítulo X, 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 su posterior utilización.
- Se delimitarán las zonas de cambio de uso de suelo, con malla ciclónica 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 H. ayuntamiento de Benito Juárez, 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 y construcción 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 (ver anexo), 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 más del 70% de sobrevivencia de las plantas rescatadas y reincorporarlas en las áreas verdes del proyecto, ubicándolas de acuerdo a su hábitat natural.
- Se acondicionará un vivero temporal para el resguardo de las especies producto del rescate, mismas que serán reubicadas en el predio del proyecto.
- 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 destinada para el aprovechamiento urbano del centro de población de Puerto Morelos; mismas que se encuentra en desarrollo y que ha sido parcialmente impactada por los proyectos y vialidades que se desarrollan y existen en las inmediaciones.

**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**

# LOTE 41-02

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.

## 1. 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*<sup>1</sup>).

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 suelo<sup>2</sup>.

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 humana<sup>3</sup>.

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

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

<sup>2</sup> [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeial/informe\\_resumen/03\\_suelos/cap3.html](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeial/informe_resumen/03_suelos/cap3.html)

<sup>3</sup> [http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Documents/pdf/cap\\_3\\_suelos.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Documents/pdf/cap_3_suelos.pdf)

cual se presenta en cinco tipos específicos: compactación, encostramiento, anegamiento, disminución de la 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 suelo<sup>4</sup>, mientras que en el caso particular del proyecto, estará asociado al desplante del futuro desarrollo comercial; el cual ocasionará 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 61.2% de la superficie total del predio donde se desplantarán las obras permanentes, mientras que el 35.1 % restante, 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 XII, se concluye que la pérdida de suelo con la implementación del proyecto será de medio milímetro sin considerar medidas de prevención y mitigación; por lo que se sustenta la no existencia de riesgo.

## 2. LA PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD, LOS ECOSISTEMAS Y FORMAS DE VIDA

Como se verá en el Capítulo 12 del presente estudio, 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 los mismos a través de su reubicación parcial y total respectivamente.

No obstante lo anterior, se considera que el cambio de uso de suelo propuesto, no afecta ni compromete la prestación del servicio ambiental relacionado con la protección de la biodiversidad existente en la superficie de cambio de uso de suelo, considerando que sólo en 11,933.44 m<sup>2</sup> se llevará a cabo la remoción total de la vegetación; no obstante se reitera que con las medidas de mitigación consistentes en la conservación de áreas naturales en una superficie de 6,844.606 m<sup>2</sup> se estará promoviendo la conservación del acervo genético de las especies que se encuentran presentes, las cuales serán afectadas con el cambio de uso de suelo; esto también se ve beneficiado con el rescate de la flora y la fauna que se tiene proyectado de manera previa al cambio de uso de suelo. Así también es necesario considerar que la superficie donde se removerá totalmente la vegetación sólo representa el 0.001 % de la superficie que ocupa el mismo ecosistema dentro de la microcuenca establecida en el capítulo IV, con lo que se refuerza el pronóstico de que el proyecto no compromete la biodiversidad.

Ahora bien, de acuerdo con la CONABIO<sup>5</sup> la biodiversidad o diversidad biológica es la variedad de la vida. Este reciente 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.

<sup>4</sup> bidem

<sup>5</sup> [http://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que\\_es.html](http://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es.html)



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 de lo anterior, a continuación se presenta un 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.

## 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.

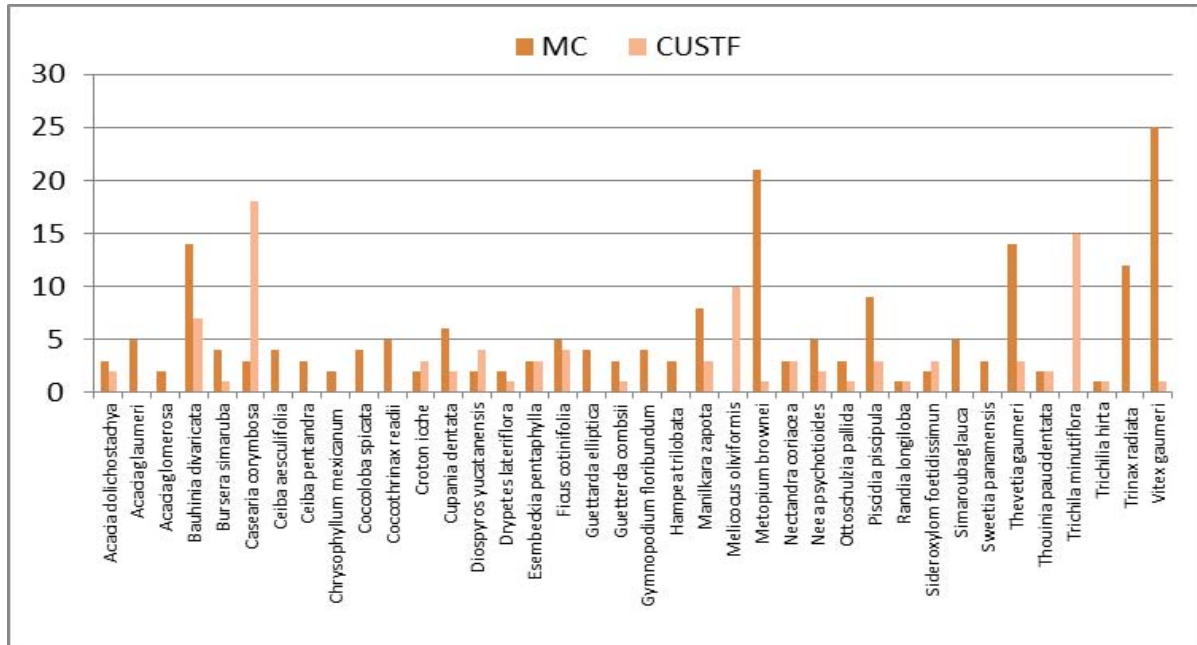
En sentido de lo anterior, y tomando en cuenta el inventario forestal realizado en el predio del proyecto, se puede asumir que no todas las especies de flora silvestre que fueron registradas serán afectadas con el cambio de uso de suelo, a pesar de que se producirá una reducción de la cobertura vegetal;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

- » A nivel del estrato arbóreo se registró un total de 40 especies de flora silvestre las cuales serán afectadas con el cambio de uso del suelo, no obstante a nivel de la predio testigo que se tomó como base para identificar la flora de la microcuenca, se observa que 38 de estas especies se comparten tal como se muestra en la siguiente tabla.
- » A nivel del estrato arbustivo se registró un total de 25 especies de flora silvestre que serán afectadas con el cambio de uso del suelo; sin embargo, 23 de ellas se encuentran presentes dentro de la microcuenca de acuerdo con el muestreo realizado en el predio testigo para el mismo estrato (ver tabla siguiente); por lo que únicamente dos especies fueron típicas de la superficie de aprovechamiento.
- » A nivel del estrato herbáceo se registró un total de 10 especies de flora silvestre que serán afectadas por el CUSTF; no obstante lo anterior, debe considerarse que todas éstas se registraron dentro del predio testigo estudiado en la microcuenca, por lo que ninguna de ellas puede considerarse exclusivas del predio del proyecto para este estrato.

ARBÓREO		ARBUSTIVO		HERBÁCEO	
Sp Microcuenca	Sp CUSTF	Sp Microcuenca	Sp CUSTF	Sp Microcuenca	Sp CUSTF
<i>Acacia cornigera</i>	<i>Acacia dolichostachya</i>	<i>Acacia dolichostachya</i>	<i>Acacia dolichostachya</i>	<i>Astronium graveolens</i>	<i>Astronium graveolens</i>
<i>Acacia dolichostachya</i>	<i>Astronium graveolens</i>	<i>Acacia glauveri</i>	<i>Bauhinia divaricata</i>	<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Coccoloba diversifolia</i>
<i>Acacia glauveri</i>	<i>Bauhinia divaricata</i>	<i>Acacia glomerosa</i>	<i>Bursera simaruba</i>	<i>Chamaedora seifrizii</i>	<i>Cupania dentata</i>
<i>Acacia glomerosa</i>	<i>Brosimum alicastrum</i>	<i>Bauhinia divaricata</i>	<i>Casearia corymbosa</i>	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	<i>Ficus cotinifolia</i>
<i>Astronium graveolens</i>	<i>Bursera simaruba</i>	<i>Bursera simaruba</i>	<i>Croton icche</i>	<i>Coccoloba diversifolia</i>	<i>Gymnanthes lucida</i>
<i>Bauhinia divaricata</i>	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	<i>Casearia corymbosa</i>	<i>Cupania dentata</i>	<i>Coccoloba spicata</i>	<i>Myrciantes fragrans</i>
<i>Brosimum alicastrum</i>	<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	<i>Ceiba aesculifolia</i>	<i>Diospyros yucatanensis</i>	<i>Coccothrinax readii</i>	<i>Pouteria reticulata</i>
<i>Bursera simaruba</i>	<i>Casearia corymbosa</i>	<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Drypetes lateriflora</i>	<i>Cupania dentata</i>	<i>Randia longiloba</i>
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	<i>Chloroleucon mangense</i>	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	<i>Esebeckia pentaphylla</i>	<i>Ficus cotinifolia</i>	<i>Trichilia minutiflora</i>
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	<i>Coccoloba diversifolia</i>	<i>Coccoloba spicata</i>	<i>Ficus cotinifolia</i>	<i>Guettarda elliptica</i>	<i>Zygia stevensonii</i>
<i>Casearia corymbosa</i>	<i>Cordia alliodora</i>	<i>Coccothrinax readii</i>	<i>Guettarda combsii</i>	<i>Gymnanthes lucida</i>	
<i>Ceiba aesculifolia</i>	<i>Cupania dentata</i>	<i>Croton icche</i>	<i>Manilkara zapota</i>	<i>Gymnopodium floribundum</i>	
<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Diospyros yucatanensis</i>	<i>Cupania dentata</i>	<i>Melicocus oliviformis</i>	<i>Hampea trilobata</i>	
<i>Chloroleucon mangense</i>	<i>Diospyrus tetrasperma</i>	<i>Diospyros yucatanensis</i>	<i>Metopium brownei</i>	<i>Malpighia glabra</i>	
<i>Coccoloba diversifolia</i>	<i>Drypetes lateriflora</i>	<i>Drypetes lateriflora</i>	<i>Nectandra coriacea</i>	<i>Myrciantes fragrans</i>	
<i>Coccoloba spicata</i>	<i>Ficus cotinifolia</i>	<i>Esebeckia pentaphylla</i>	<i>Neea psychotioides</i>	<i>Pouteria reticulata</i>	
<i>Cordia alliodora</i>	<i>Ficus maxima</i>	<i>Ficus cotinifolia</i>	<i>Ottoschulzia pallida</i>	<i>Pouteria unilocularis</i>	
<i>Cupania dentata</i>	<i>Gliricidia sepium</i>	<i>Guettarda elliptica</i>	<i>Piscidia piscipula</i>	<i>Randia longiloba</i>	
<i>Diospyros yucatanensis</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Guettarda combsii</i>	<i>Randia longiloba</i>	<i>Sweetia panamensis</i>	
<i>Diospyrus tetrasperma</i>	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	<i>Gymnopodium floribundum</i>	<i>Sideroxylo foetidissimum</i>	<i>Tillandsia festucoides</i>	
<i>Drypetes lateriflora</i>	<i>Lonchocarpus xuul</i>	<i>Hampea trilobata</i>	<i>Thevetia gaumeri</i>	<i>Trichilia minutiflora</i>	
<i>Ficus cotinifolia</i>	<i>Lonchocarpus yucatanensis</i>	<i>Manilkara zapota</i>	<i>Thouinia paucidentata</i>	<i>Trinax radiata</i>	
<i>Ficus maxima</i>	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	<i>Metopium brownei</i>	<i>Trichilia minutiflora</i>	<i>Zygia stevensonii</i>	
<i>Ficus obtusifolia</i>	<i>Manilkara zapota</i>	<i>Nectandra coriacea</i>	<i>Trichilia hirta</i>		
<i>Gliricidia sepium</i>	<i>Melicocus oliviformis</i>	<i>Neea psychotioides</i>	<i>Vitex gaumeri</i>		
<i>Guettarda elliptica</i>	<i>Metopium brownei</i>	<i>Ottoschulzia pallida</i>			
<i>Gymnopodium floribundum</i>	<i>Neea psychotioides</i>	<i>Piscidia piscipula</i>			
<i>Hampea trilobata</i>	<i>Piscidia piscipula</i>	<i>Randia longiloba</i>			
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	<i>Pouteria campechiana</i>	<i>Sideroxylo foetidissimum</i>			
<i>Lonchocarpus xuul</i>	<i>Randia longiloba</i>	<i>Simarouba glauca</i>			
<i>Lonchocarpus yucatanensis</i>	<i>Sabal yapa</i>	<i>Sweetia panamensis</i>			
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	<i>Sideroxylo foetidissimum</i>	<i>Thevetia gaumeri</i>			
<i>Manilkara zapota</i>	<i>Sideroxylo salicifolium</i>	<i>Thouinia paucidentata</i>			
<i>Metopium brownei</i>	<i>Swartzia cubensis</i>	<i>Trichilia hirta</i>			
<i>Neea psychotioides</i>	<i>Tabebuia rosea</i>	<i>Trinax radiata</i>			
<i>Piscidia piscipula</i>	<i>Thevetia gaumeri</i>	<i>Vitex gaumeri</i>			
<i>Pouteria campechiana</i>	<i>Thouinia paucidentata</i>				
<i>Randia longiloba</i>	<i>Trichilia hirta</i>				
<i>Sabal yapa</i>	<i>Vitex gaumeri</i>				
<i>Sideroxylo foetidissimum</i>	<i>Zuelania guidonia</i>				



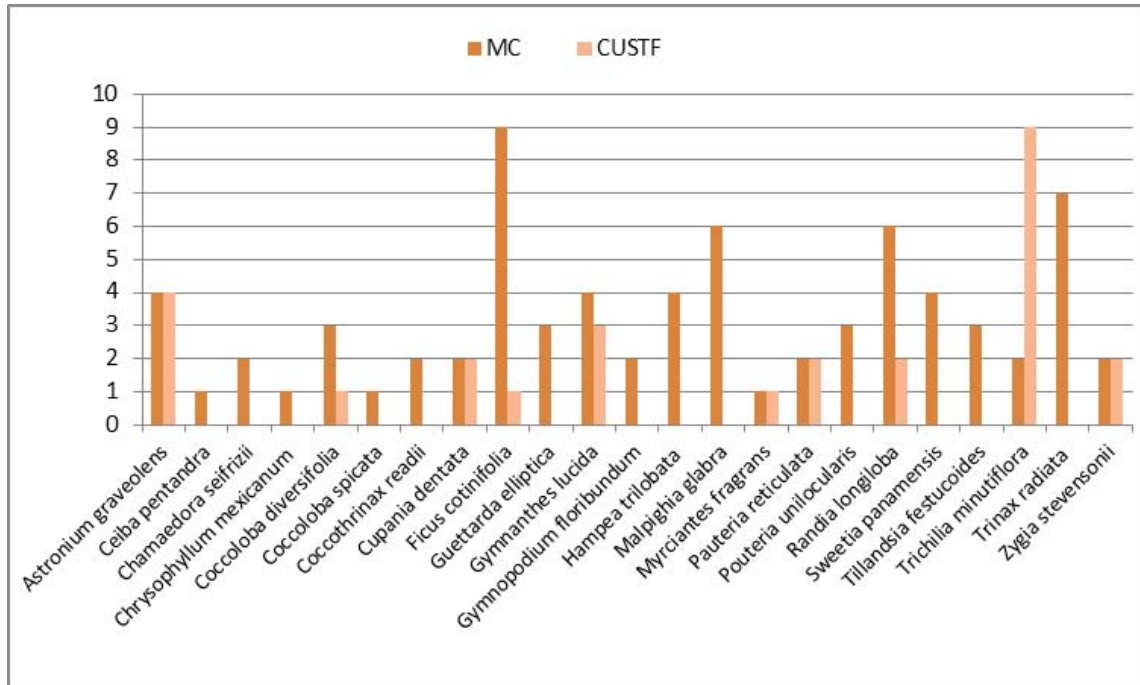




Como puede apreciarse en los gráficos que anteceden, más del 80% de las especies que serán afectadas con el cambio de uso de suelo propuesto a nivel del estrato arbustivo, son más abundantes en las áreas de conservación que dentro de la superficie de aprovechamiento (superficie de CUSTF), por lo tanto, 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, 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.

Cabe señalar que las especies *Melicococus oliviformis* y *Trichila minutiflora* no se encontraron dentro del predio representativo de la microcuenca, por lo que aun cuando es de anticiparse si ocurren dentro de la superficie total que ocupa la microcuenca, para el estudio que nos ocupa se prestará particular atención en dichos individuos al momento de implementar el programa de rescate.

» Estrato herbáceo



En la grafica anterior se puede apreciarse que de las 10 especies que serán afectadas con el cambio de uso de suelo propuesto a nivel del estrato herbáceo, 9 son más abundantes en la microcuenca que dentro de la superficie de aprovechamiento (superficie de CUSTF) y sólo una (*Trichilia minutiflora*) presenta valores de abundancia mayores en la superficie de CUSTF; por tanto, al igual que en los otros dos estratos, al ser el predio testigo de dimensiones mucho menores a la superficie que ocupa en realidad la microcuenca, se anticipa la segura distribución de dichas especies dentro de otros predios o polígonos ocurrentes en la microcuenca. Sin embargo, se tomarán las medidas necesarias para que la totalidad de los ejemplares de la especies sean rescatados y puestos a salvo en las áreas de conservación que propone el presente proyecto.

En conclusión, se puede afirmar que, en el entendido de que la densidad poblacional de todas las especies registradas durante el inventario forestal (incluyendo todos los estratos de la vegetación), no se compromete la biodiversidad de dichas especies a nivel de población, ya que según las estimaciones realizadas, en su mayoría son más abundantes dentro de las áreas de conservación, 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 todas aquellas especies la cuales presentaron mayor abundancia en la superficie de CUSTF, lo cual mitiga el impacto a su población.

#### » Grado de conectividad

Según la CONABIO, el grado de conectividad es una característica que forma parte del segundo atributo de la biodiversidad que se refiere a la organización física o el patrón del sistema, el cual se describe en éste numeral; por lo tanto, a continuación se presenta un análisis del grado de similitud que existe entre la vegetación que se desarrolla en la microcuenca y la vegetación que será afectada con el cambio de uso de suelo, llamada diversidad Beta, para lo cual se utilizó el índice de Jaccard (1908).

La biodiversidad beta se refiere a la diversidad que hay entre hábitats dentro de un mismo ecosistema, es decir, la variación en el número de especies que se produce entre un hábitat y otro, o también definido como el recambio de especies de un hábitat a otro. Por ejemplo, la variación que existe entre la superficie sujeta al cambio de uso de suelo y el predio testigo estudiado en la Microcuenca. El Índice de Jaccard (1908), se expresa como sigue:

$$SJ = \frac{C}{A + B + C}$$

Donde:

**A** es el número de especies exclusivas de la comunidad A (superficie de CUSTF);

**B** es el número de especies exclusivas de la comunidad B (Predio testigo representante de la Microcuenca); y

**C** es el número de especies en común entre las comunidades A y B.

Este índice está diseñado para ser igual a **1** en casos de similaridad completa, o igual a **0** si las comunidades son disimilares y no tienen especies en común. Sustituyendo los valores en la fórmula obtenemos los siguientes resultados:

ESTRATO ARBÓREO	ESTRATO ARBUSTIVO	ESTRATO HERBÁCEO
$SJ = \frac{C}{A + B + C}$	$SJ = \frac{C}{A + B + C}$	$SJ = \frac{C}{A + B + C}$
$SJ = \frac{38}{2 + 12 + 38}$	$SJ = \frac{23}{2 + 13 + 23}$	$SJ = \frac{10}{0 + 13 + 10}$
$SJ = \frac{38}{52}$	$SJ = \frac{23}{38}$	$SJ = \frac{10}{23}$
<b>SJ = 0.73</b>	<b>SJ = 0.60</b>	<b>SJ = 0.43</b>

De acuerdo con los resultados obtenidos en la aplicación del índice de Jaccard por estrato de la vegetación, se tiene que la biodiversidad beta entre la Microcuenca y la superficie de cambio de uso de suelo, poseen una similaridad relativamente alta a nivel de los estratos arbóreo (0.73) y arbustivo (0.60), y baja para el estrato herbáceo, toda vez que los valores cercanos a 1 denotan una similitud mayor.

Finalmente, si consideramos el total de especies registradas tanto en la superficie de cambio de uso de suelo como en el predio representación de la Microcuenca (incluyendo todos los estratos), obtenemos el siguiente resultado:

$$SJ = \frac{C}{A + B + C}$$

$$SJ = \frac{48}{3 + 20 + 48}$$

$$SJ = \frac{48}{71}$$

$$SJ = 0.67$$

De acuerdo con el resultado anterior, se puede concluir que la similitud de la vegetación, considerando la superficie de CUSTF y la Microcuenca, es alta, ya que el índice alcanza un valor cercano a los 7 puntos que de acuerdo con el modelo, los valores cercanos a uno marcan una similitud alta; por lo tanto, el hecho de remover la vegetación en la zona de aprovechamiento, no implica que se ponga en riesgo el servicio ambiental de protección de la biodiversidad, puesto que esa misma vegetación es la que se encuentra dentro de la superficie que será conservada en estado natural.

## **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 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 V, las especies faunísticas que fueron registradas en la superficie de cambio de uso de suelo, y que se verán afectadas por el proyecto, son, a excepción de una especie de ave, las mismas que se distribuyen dentro de la microcuenca (ver capítulo IV); y por lo tanto se mantiene la riqueza de especies y por ende la biodiversidad a nivel de especies;

El hecho de que se hayan registrado las mismas especies, tanto en la superficie de aprovechamiento como en el predio que representa la microcuenca, obedece principalmente a la cercanía, el tipo de vegetación y las características ecológicas de los organismos. Asimismo, es de notar que la menor diversidad existente a nivel del predio del proyecto, se debe seguramente a su cercanía con la carretera federal, misma que actúa como elemento perturbador que ahuyenta la fauna del sitio, situación que se comprueba ante los carentes registros de fauna de talla media y mayor.

### 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 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, 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.

Por otra parte, para estimar el grado de conectividad o similitud faunística entre la superficie de aprovechamiento y las áreas de conservación, llamada diversidad Beta, se utilizó también el índice de Jaccard (1908), tal como se describe a continuación.

$$SJ = \frac{C}{A + B + C}$$

$$SJ = \frac{8}{1 + 13 + 8}$$

$$SJ = 0.3$$

De acuerdo con los resultados obtenidos en la aplicación del índice de Jaccard, se tiene que la biodiversidad beta entre la microcuenca y la superficie de cambio de uso de suelo en vegetación de selva mediana subperennifolia, poseen una similitud media, ya que de acuerdo con el índice, los valores cercanos a uno marcan una similitud alta, mientras que el valor de uno marca una similitud completa.

De acuerdo con el resultado anterior, se puede concluir que la similitud de la fauna registrada, considerando la superficie de CUSTF y la superficie representativa de la microcuenca es media; por lo tanto, el hecho de afectar en forma indirecta a la fauna con la pérdida de hábitat en la zona de aprovechamiento, no implica que se ponga en riesgo el servicio ambiental de protección de la biodiversidad, más aun si consideramos que únicamente una sola especie es, por llamarlo así, exclusiva de la superficie de CUSTF y el resto de todas las especies faunísticas se comparten con el predio referencia de la Microcuenca.

#### 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
El agua (H <sub>2</sub> O) 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.	Se estima que el ciclo del agua se mantiene, toda vez que el 50.4% de la superficie total del terreno se mantendrá en estado permeable, toda vez que estará libre de obras y algunos casos mantendrá cubierta con vegetación. Dadas las características de suelo, se advierte que en dicha superficie se dará el libre el

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.

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 y áreas verdes modificadas, 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 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.

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.

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 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

#### Análisis

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 de conservación y en las áreas ajardinadas; lo que permitirá que el capturado 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 y áreas verdes modificadas; 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

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.

#### Análisis

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 sólo ocurrirá en el 61.2% de la superficie total del terreno, en donde se llevará a cabo la remoción total de la vegetación para ser sustituida por obras permanentes. Lo antes mencionado se asevera considerando que el resto del predio mantendrá sus condiciones actuales, 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

<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>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 y modificadas; la instalación de letreros; desmonte gradual; pláticas ambientales; y la supervisión del cambio de uso de suelo.</p>
<b>Sucesión</b>	<b>Análisis</b>
<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>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.</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 el caso de la superficie de áreas verdes modificadas, en donde la modificación será parcial y quedarán algunas de las especies originales, el ecosistema será modificado a un estado de sucesión secundaria conocido como vegetación secundaria arbórea de Selva mediana subperennifolia. 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; y por lo tanto, se mantiene latente la posibilidad de que el ecosistema retorne a su estado de madurez o estado previo, en una superficie de 6844.606 m<sup>2</sup> (35.1%) en donde se conservarán áreas verdes (tanto naturales como modificadas); mientras que dicha posibilidad se perderá durante toda la vida útil del proyecto, en una superficie de 11933.442 m<sup>2</sup> (61.2%) donde la vegetación será sustituida totalmente por obras permanentes. Las medidas que favorecen este proceso ecológico son: la conservación de áreas verdes naturales y modificadas, la reforestación; la instalación de letreros; las pláticas ambientales; el desmonte gradual; y la supervisión del cambio de uso de suelo.</p>

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;

### 3. 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

### 3.1. 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 m<sup>3</sup>/ha son bosques con más del 75% de cobertura; los que se encuentran entre 100-190 m<sup>3</sup>/ha son bosques con 50-75% de cobertura; los que varían entre 35-100 m<sup>3</sup>/ha son bosques con 25-50% de cobertura y finalmente los que presentan volúmenes menores a 35 m<sup>3</sup>/ha son bosques con menos del 25% de cobertura. Así mismo, 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).

Considerando lo señalado anteriormente, tenemos que el valor de **P** (precipitación media anual) es de 1309.2 mm y el valor de **K** es de 0.28, 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 85.852 m<sup>3</sup> (cobertura mayor al 25-50%).

Valores de K para diferentes tipos de suelo y diferentes coberturas arboladas			
Cobertura del bosque	Tipo de suelo		
	A	B	C
Entre 25-50 %	0.17	0.26	<b>0.28</b>

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

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

$$C_e = (0.28) (1309.2 - 250) / 2000 + (0.28-0.15) / 1.5$$

$$C_e = 0.2342$$

Entonces tenemos que el coeficiente de escurrimiento (**C<sub>e</sub>**) en la superficie de cambio de uso de suelo, con cobertura vegetal, es decir, sin el proyecto, es de 0.2342

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<sub>e</sub> = Volumen medio anual de escurrimiento (m<sup>3</sup>)

A = Área total sujeta a cambio de uso de suelo (m<sup>2</sup>)

C = Coeficiente de escurrimiento anual

P = Precipitación media anual (m<sup>3</sup>)

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 1309.2 mm de precipitación media anual, equivalen a 1309.2 litros de agua por metro cuadrado. Así mismo, tenemos que 1000 litros de agua equivalen a 1 m<sup>3</sup>, por lo tanto, tenemos que 1,309.2 litros equivalen a 1.3 m<sup>3</sup> de agua.

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

$$V_e = P * A_t * C_e$$

$$V_e = 1.3 \text{ m}^3 * 11,933.44 \text{ m}^2 * 0.2342$$

$$V_e = 3633.25 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

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 ( $m^3$ )

**P:** Precipitación media anual en el área de interés ( $m^3$ ) \* superficie de cambio de uso de suelo ( $m^2$ )

**E:** Volumen estimado de escurrimiento en el área de interés ( $m^3/m^2$ )

Sustituyendo los valores en la ecuación, obtenemos lo siguiente:

$$I = P - Ve$$
$$I = (1.3 m^3) (11,933.44 m^2) - 3633.25 m^3/m^2$$
$$I = 11880.22 m^3/m^2$$

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  $11880.22 m^3/m^2$  anuales, y se pierden  $3633.25 m^3/m^2$  anuales por escurrimiento.

Por lo tanto, considerando el volumen de captación de agua que se da en la superficie solicitada con proyecto ( $6,814.07 m^3/m^2$  ver capítulo 5), en comparación con el volumen de captación de agua en la superficie de cambio de uso de suelo ( $11880.22 m^3/m^2$ ), podemos concluir que el servicio ambiental relacionado con la captación de agua no se pone en riesgo en la fracción del predio con el cambio de uso de suelo propuesto, toda vez que la captación se estaría reduciendo en un volumen de  $5,066.15 m^3/m^2$  anuales, lo que representa el 13 % de reducción del volumen anual captado; sin embargo es importante mencionar que dichos cálculo no contemplan la áreas de aprovechamiento que permanecerán siempre permeables y que corresponden a  $2,985.01 m^2$ ; por lo que de considerarse dicha superficie el porcentaje de pérdida sería por mucho menor; con lo que se concluye que no se pone en riesgo la prestación de este servicio ambiental en el predio y menos aún si se considerasen las condiciones de la microcuenca.

### 3.2. 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 mismos que a continuación se describen:

- 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.
- 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.
- Para la remoción de la vegetación dentro de la superficie de cambio de uso de suelo, se utilizarán en su mayoría herramientas manuales, minimizando 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. No obstante en caso de requerirse maquinaria pesada, se considerará sólo el uso de aquella que cuente con sus respectivos mantenimientos preventivos y que funcione en condiciones óptimas.

#### 4. LA CAPTURA DE CARBONO

El ciclo de carbono en la vegetación comienza con la fijación del CO<sub>2</sub> por medio de los procesos de fotosíntesis, realizada por las plantas y ciertos microorganismos. En este proceso, catalizado por la energía solar, el CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>. 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 CO<sub>2</sub> 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)<sup>6</sup>, según la cual a partir del volumen se determina el contenido de carbono, quedando de la siguiente manera:

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

En relación a lo anterior, 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 aprovechar por el cambio de uso de suelo

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

ESTIMACIONES	POR HECTÁREA EN LA SUPERFICIE DE CUSTF		
	Nombre científico	Número de Ind	AB (m <sup>2</sup> )
<i>Acacia dolichostachya</i>	40	0.4198	1.7124
<i>Astronium graveolens</i>	76	1.0550	4.8424
<i>Bauhinia divaricata</i>	4	0.0408	0.2144
<i>Brosimum alicastrum</i>	4	0.0360	0.1259
<i>Bursera simaruba</i>	72	0.6887	2.8054
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	24	0.1242	0.4664
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	4	0.0186	0.0652
<i>Casearia corymbosa</i>	8	0.0436	0.1526
<i>Chloroleucon mangense</i>	24	0.4436	1.8178
<i>Coccoloba diversifolia</i>	4	0.0243	0.0912
<i>Cordia alliodora</i>	4	0.0804	0.3619
<i>Cupania dentata</i>	16	0.1680	0.7582
<i>Diospyros yucatanensis</i>	4	0.0249	0.1058
<i>Diospyrus tetrasperma</i>	8	0.0505	0.2088
<i>Drypetes lateriflora</i>	12	0.1604	0.6244
<i>Ficus cotinifolia</i>	160	3.5046	14.8939
<i>Ficus maxima</i>	16	0.5203	2.0822
<i>Gliricidia sepium</i>	20	0.4188	1.9278
<i>Leucaena leucocephala</i>	20	0.1961	0.8173
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	4	0.0186	0.0838
<i>Lonchocarpus xuul</i>	20	0.1327	0.5715
<i>Lonchocarpus yucatanensis</i>	4	0.0625	0.2811
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	4	0.0296	0.1035
<i>Manilkara zapota</i>	4	0.0216	0.0758
<i>Melicococus oliviformis</i>	12	0.0625	0.2724
<i>Metopium brownei</i>	12	0.0953	0.4171
<i>Neea psychotioides</i>	12	0.0841	0.3250
<i>Piscidia piscipula</i>	136	2.1903	10.2949
<i>Pouteria campechiana</i>	4	0.2124	0.9026
<i>Randia longiloba</i>	4	0.0353	0.1059
<i>Sabal yapa</i>	12	0.3428	1.5218
<i>Sideroxylum foetidissimum</i>	4	0.0373	0.1586
<i>Sideroxylum salicifolium</i>	4	0.0278	0.1180
<i>Swartzia cubensis</i>	4	0.0191	0.0860
<i>Tabebuia rosea</i>	4	0.0196	0.0784
<i>Thevetia gaumeri</i>	80	0.7115	2.8051
<i>Thouinia paucidentata</i>	12	0.0834	0.3722
<i>Trichillia hirta</i>	24	0.3958	1.7467
<i>Vitex gaumeri</i>	108	3.1923	17.0719
<i>Zuelania guidonia</i>	12	0.1003	0.4771
<b>Total</b>	<b>1000</b>	<b>15.8934</b>	<b>71.9430</b>

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 (m<sup>3</sup>) debe convertirse a peso en seco (ton), multiplicando por un factor de conversión conocido como densidad básica de la madera (D) en (t/m<sup>3</sup>). Los BEF no tienen dimensión, dado que convierten entre unidades de peso.

En sentido de lo anterior tenemos lo siguiente:

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

$$\mathbf{C = (71.9430 \text{ m}^3/\text{ha}) (0.5 \text{ ton/m}^3) (0.5 \text{ ton/m}^3)}$$

$$\mathbf{C = 17.98575 \text{ ton/ha}}$$

$$\mathbf{C = (17.98575 \text{ ton/ha}) (FEB= 1.6 \text{ ton/ha})}$$

$$\mathbf{C = 28.7772 \text{ ton/ha}}$$

$$\mathbf{C = (28.7772 \text{ ton/ha}) (Superficie de CUSTF = 1.19 \text{ ha})}$$

$$\mathbf{C = 34.2448 \text{ ton/ha}}$$

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

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

$$\mathbf{C = (71.9430 \text{ m}^3/\text{ha}) (0.5 \text{ ton/m}^3) (0.5 \text{ ton/m}^3)}$$

$$\mathbf{C = 17.98575 \text{ ton/ha}}$$

$$\mathbf{C = (17.98575 \text{ ton/ha}) (FEB= 1.6 \text{ ton/ha})}$$

$$\mathbf{C = 28.7772 \text{ ton/ha}}$$

$$\mathbf{C = (28.7772 \text{ ton/ha}) (Superficie de predio = 1.94 \text{ ha})}$$

$$\mathbf{C = 55.8277 \text{ ton/ha}}$$

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 82245.674 ha, se utilizó la fórmula citada para obtener los siguientes datos:

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

$$\mathbf{C = (71.9430 \text{ m}^3/\text{ha}) (0.5 \text{ ton/m}^3) (0.5 \text{ ton/m}^3)}$$

$$\mathbf{C = 17.98575 \text{ ton/ha}}$$

$$\mathbf{C = (17.98575 \text{ ton/ha}) (FEB= 1.6 \text{ ton/ha})}$$

$$\mathbf{C = 28.7772 \text{ ton/ha}}$$

$$\mathbf{C = (28.7772 \text{ ton/ha}) (Superficie de MC = 82245.674 \text{ ha})}$$

$$\mathbf{C = 2366800.2098 \text{ ton/ha}}$$

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 34.2448 ton/ha al año; mientras que la superficie total del predio lo hace por 55.8277 ton/ha al año y el ecosistema de la microcuenca por 2366800.2098 ton/ha.

Ante dicho panorama se concluye que el CUSTF propuesto reducirá en menos del 0.001 % el servicio ambiental prestado por ecosistema; lo que nos permite asumir categóricamente que no se pone en riesgo dicho servicio ambiental.

## 5. GENERACIÓN DE OXIGENO

La fotosíntesis, a partir del dióxido de carbono y el agua, y usando energía, produce sustancia orgánica y oxígeno.

Dióxido de carbono + agua + energía = sustancia orgánica y oxígeno

Inversamente, la respiración usa la sustancia orgánica y el oxígeno para producir dióxido de carbono, agua y energía.

Sustancia orgánica + oxígeno = dióxido de carbono + agua + 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 cuándo oxígeno genera una planta durante la fotosíntesis, ni cuanto 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 95237.401 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 sólo representa el 0.001% de la vegetación de Selva mediana subperennifolia que existe en la microcuenca, de acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI (serie IV).

## 6. 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 acarrear 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 ambiente<sup>7</sup>.

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, las áreas de conservación se distribuyen en todo el perímetro del predio brindando protección al actuar como una barrera de amortiguamiento.

## 7. MODULACIÓN CLIMÁTICA

La pérdida de bosques y selvas en México es una de las fuentes más importantes de emisiones de CO<sub>2</sub>, 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 agua y acelera el cambio climático, ya que al remover la cobertura vegetal se libera el bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) 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 vegetales<sup>8</sup>.

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*)<sup>9</sup>.

<sup>7</sup> Odilón Sánchez Sánchez, Lilia del C. Mendizábal Hernández, Sophie Calmé Recuperación foliar en un acahual 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.

<sup>8</sup><http://www.greenpeace.org/mexico/es/Campanas/Bosques/Que-relacion-tienen-los-bosques-y-el-cambio-climatico/>

<sup>9</sup> <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/508/percepcion.pdf>

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., *et al*).

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., *et al*).

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, tomando en consideración que el proyecto tiene contemplada la conservación de una superficie de 6,844.606 m<sup>2</sup> de Selva mediana subperennifolia en estado natural y solo permanecerán sin vegetación 11,933.44 m<sup>2</sup> (1.19 ha) equivalentes al 61.20 % de la superficie total de este tipo de ecosistema dentro del predio y equivalente al el 0.001% dentro de la microcuenca.

## 8. CAMBIO EN EL PAISAJE Y BELLEZA ESCÉNICA

El cambio en la estructura del paisaje y belleza escénica, 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, el proyecto contempla mantener con vegetación en estado natural una superficie de 6,844.606 m<sup>2</sup> (0.68 ha) que equivalen al 35.10% de la superficie total del predio, la cual se ubicará en la perimetral del predio, con lo que seguirá prestando el servicio ambiental del paisaje y belleza escénica de la zona.

Al respecto se reitera que la zona donde se pretende desarrollar el proyecto se ubica en una destinada para el desarrollo urbano, en donde los elementos antrópicos predominarán sobre los naturales; con lo que se advierte que la belleza escénica a nivel natural ha sido planeada para su reducción por el desarrollo urbano de la zona. No obstante lo anterior, 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	3
<b>Total</b>	<b>11</b>

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 (9 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
	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	Bajo	1

	erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial.		
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, 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 fuertemente aprovechada y la actividad humana es importante, por lo que cualquier obra o actividad adicional representará un elemento perturbador en el ambiente, aunque no será un elemento nuevo, por lo cual se le asignó un puntaje moderado (2).

**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).

$$CAV = P \times (E + R + D + C + V)$$

$$CAV = 3 \times (3 + 3 + 3 + 2 + 3)$$

$$CAV = 3 \times (14)$$

$$CAV = 42$$

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
30	= 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 exhaustivo 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, ya que éste no será un elemento nuevo en el paisaje, por el contrario, será un agregado a los usos previos, 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.

## 9. 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, no se propiciarán nuevas alteraciones ambientales adicionales a las que ya han sido contempladas en el diseño y planeación de mediano y largo plazo previstos en los ordenamientos ambientales, por lo que la implementación del proyecto no pondrá en riesgo la integridad funcional del sistema ambiental y de los servicios ambientales, considerando además, la aplicación de las medidas de prevención y mitigación previstas por el proyecto

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

**JUSTIFICACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y  
SOCIAL QUE MOTIVE LA AUTORIZACIÓN  
EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE USO DEL  
SUELO**

# LOTE 41-02

## 1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

### 1.1. 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 de flora y fauna, colocación de contenedores y letreros, instalación de sanitarios móviles, conservación de la vegetación, 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:

#### » 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 presentes en a nivel de la microcuenca y en las áreas de conservación; por lo que se garantiza que ninguna especie se perderá con el desmonte si se consideran medidas previamente propuestas como la conservación de áreas verdes naturales, 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.

Sp. Presentes en la microcuenca	Sp. Registradas en la superficie de custf	Sp. Sujetas a rescate
<i>Acacia comigera</i>	<i>Acacia dolichostachya</i>	<i>Acacia dolichostachya</i>
<i>Acacia dolichostachya</i>	<i>Astronium graveolens</i>	<i>Astronium graveolens</i>
<i>Acacia glaumeri</i>	<i>Bauhinia divaricata</i>	<i>Bauhinia divaricata</i>
<i>Acacia glomerosa</i>	<i>Brosimum alicastrum</i>	<i>Brosimum alicastrum</i>
<i>Astronium graveolens</i>	<i>Bursera simaruba</i>	<i>Bursera simaruba</i>
<i>Bauhinia divaricata</i>	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	<i>Caesalpinia gaumeri</i>
<i>Brosimum alicastrum</i>	<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	<i>Caesalpinia yucatanensis</i>
<i>Bursera simaruba</i>	<i>Casearia corymbosa</i>	<i>Casearia corymbosa</i>
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	<i>Chloroleucon mangense</i>	<i>Chloroleucon mangense</i>
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	<i>Coccoloba diversifolia</i>	<i>Coccoloba diversifolia</i>

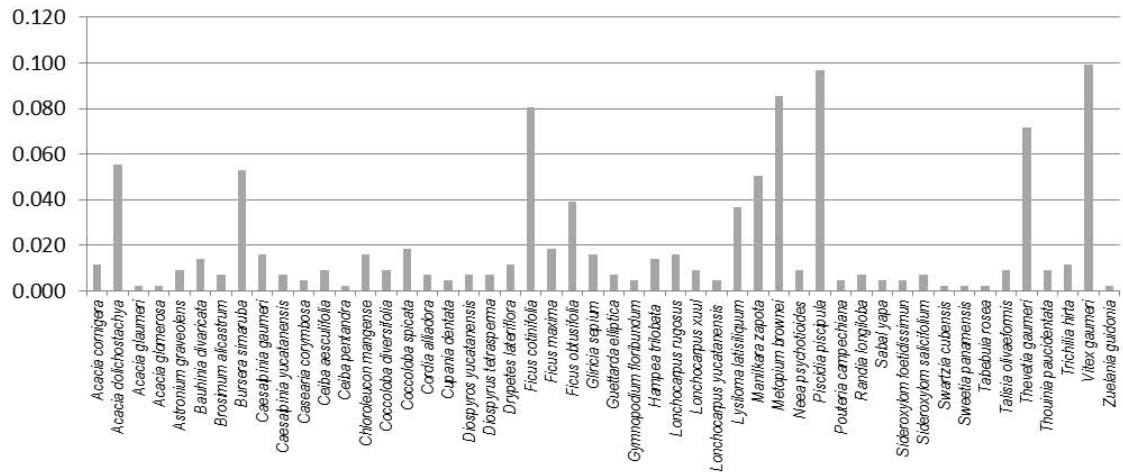
Sp. Presentes en la microcuenca	Sp. Registradas en la superficie de custf	Sp. Sujetas a rescate
<i>Casearia corymbosa</i>	<i>Cordia alliodora</i>	<i>Cordia alliodora</i>
<i>Ceiba aesculifolia</i>	<i>Croton icche</i>	<i>Croton icche</i>
<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Cupania dentata</i>	<i>Cupania dentata</i>
<i>Chamaedora seifrizii</i>	<i>Diospyros yucatanensis</i>	<i>Diospyros yucatanensis</i>
<i>Chloroleucon mangense</i>	<i>Diospyrus tetrasperma</i>	<i>Diospyrus tetrasperma</i>
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	<i>Drypetes lateriflora</i>	<i>Drypetes lateriflora</i>
<i>Coccoloba diversifolia</i>	<i>Esembeckia pentaphylla</i>	<i>Esembeckia pentaphylla</i>
<i>Coccoloba spicata</i>	<i>Ficus cotinifolia</i>	<i>Ficus cotinifolia</i>
<i>Coccothrinax readii</i>	<i>Ficus maxima</i>	<i>Ficus maxima</i>
<i>Cordia alliodora</i>	<i>Gliricidia sepium</i>	<i>Gliricidia sepium</i>
<i>Croton icche</i>	<i>Guettarda combsii</i>	<i>Guettarda combsii</i>
<i>Cupania dentata</i>	<i>Gymnanthes lucida</i>	<i>Gymnanthes lucida</i>
<i>Diospyros yucatanensis</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>
<i>Diospyrus tetrasperma</i>	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	<i>Lonchocarpus rugosus</i>
<i>Drypetes lateriflora</i>	<i>Lonchocarpus xuul</i>	<i>Lonchocarpus xuul</i>
<i>Esembeckia pentaphylla</i>	<i>Lonchocarpus yucatanensis</i>	<i>Lonchocarpus yucatanensis</i>
<i>Ficus cotinifolia</i>	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	<i>Lysiloma latisiliquum</i>
<i>Ficus máxima</i>	<i>Manilkara zapota</i>	<i>Manilkara zapota</i>
<i>Ficus obtusifolia</i>	<i>Melicococus oliviformis</i>	<i>Melicococus oliviformis</i>
<i>Gliricidia sepium</i>	<i>Metopium brownei</i>	<i>Metopium brownei</i>
<i>Guettarda combsii</i>	<i>Myrcianthes fragrans</i>	<i>Myrcianthes fragrans</i>
<i>Guettarda elliptica</i>	<i>Nectandra coriacea</i>	<i>Nectandra coriacea</i>
<i>Gymnanthes lucida</i>	<i>Neea psychotrioides</i>	<i>Neea psychotrioides</i>
<i>Gymnopusodium floribundum</i>	<i>Ottoschulzia pallida</i>	<i>Ottoschulzia pallida</i>
<i>Hampea trilobata</i>	<i>Piscidia piscipula</i>	<i>Piscidia piscipula</i>
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	<i>Pouteria campechiana</i>	<i>Pouteria campechiana</i>
<i>Lonchocarpus xuul</i>	<i>Pouteria reticulata</i>	<i>Pouteria reticulata</i>
<i>Lonchocarpus yucatanensis</i>	<i>Randia longiloba</i>	<i>Randia longiloba</i>
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	<i>Sabal yapa</i>	<i>Sabal yapa</i>
<i>Malpighia glabra</i>	<i>Sideroxylom foetidissimum</i>	<i>Sideroxylom foetidissimum</i>
<i>Manilkara zapota</i>	<i>Sideroxylom salicifolium</i>	<i>Sideroxylom salicifolium</i>
<i>Metopium brownei</i>	<i>Swartzia cubensis</i>	<i>Swartzia cubensis</i>
<i>Myrcianthes fragrans</i>	<i>Tabebuia rosea</i>	<i>Tabebuia rosea</i>
<i>Nectandra coriacea</i>	<i>Thevetia gaumeri</i>	<i>Thevetia gaumeri</i>
<i>Neea psychotrioides</i>	<i>Thouinia paucidentata</i>	<i>Thouinia paucidentata</i>
<i>Ottoschulzia pallida</i>	<i>Trichilia minutiflora</i>	<i>Trichilia minutiflora</i>
<i>Piscidia piscipula</i>	<i>Trichillia hirta</i>	<i>Trichillia hirta</i>
<i>Pouteria campechiana</i>	<i>Trichillia minutiflora</i>	<i>Trichillia minutiflora</i>
<i>Pouteria reticulata</i>	<i>Vitex gaumeri</i>	<i>Vitex gaumeri</i>
<i>Pouteria unilocularis</i>	<i>Zuelania guidonia</i>	<i>Zuelania guidonia</i>
<i>Randia longiloba</i>	<i>Zygia stevensonii</i>	<i>Zygia stevensonii</i>
<i>Sabal yapa</i>		
<i>Sideroxylom foetidissimum</i>		

Sp. Presentes en la microcuenca	Sp. Registradas en la superficie de custf	Sp. Sujetas a rescate
<i>Sideroxylom salicifolium</i>		
<i>Simarouba glauca</i>		
<i>Swartzia cubensis</i>		
<i>Sweetia panamensis</i>		
<i>Tabebuia rosea</i>		
<i>Talisia olivaeformis</i>		
<i>Thevetia gaumeri</i>		
<i>Thouinia paucidentata</i>		
<i>Tillandsia festucoides</i>		
<i>Trichila minutiflora</i>		
<i>Trichilia hirta</i>		
<i>Trinax radiata</i>		
<i>Vitex gaumeri</i>		
<i>Zuelania guidonia</i>		
<i>Zygia stevensonii</i>		

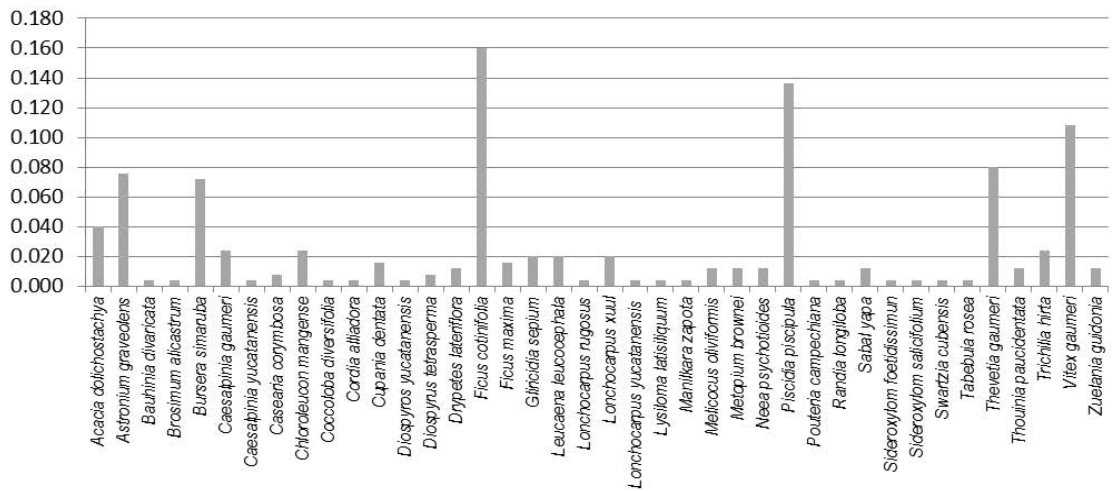
- Conservación de poblaciones

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, sumado a la población que se desarrolla dentro de las áreas verdes modificadas 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: la conservación de áreas verdes naturales; el rescate de flora; la instalación de letreros; el desmonte gradual; las pláticas ambientales; 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 sujeta propuesta para llevar a cabo el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

**ESTRARO ARBÓREO**

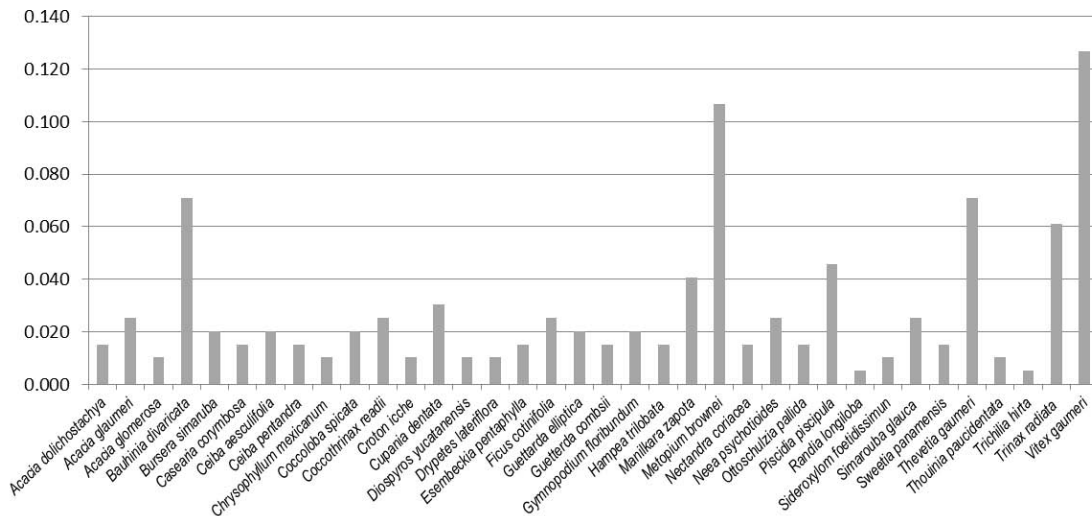


**MICROCUCENCA**

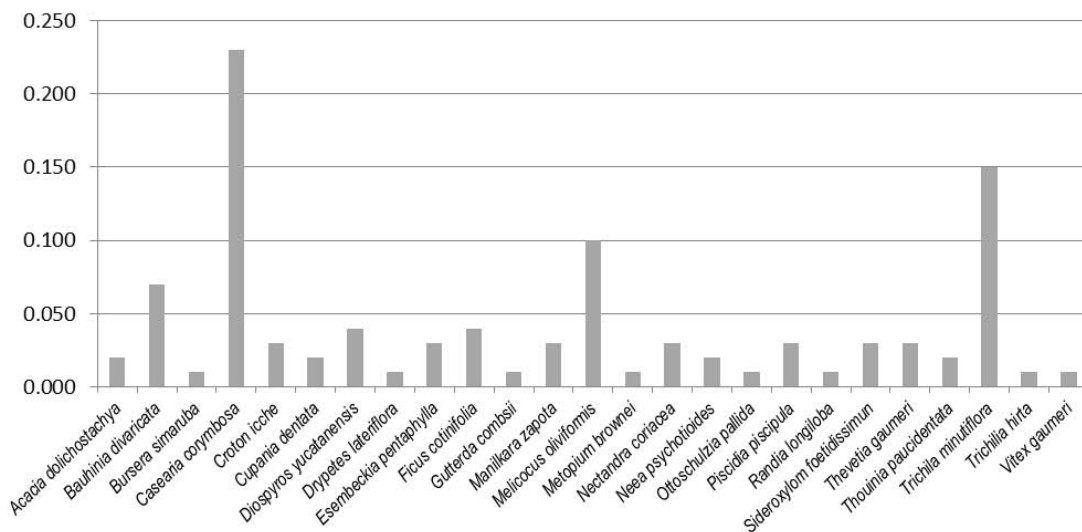


**SUPERFICIE CUSTF**

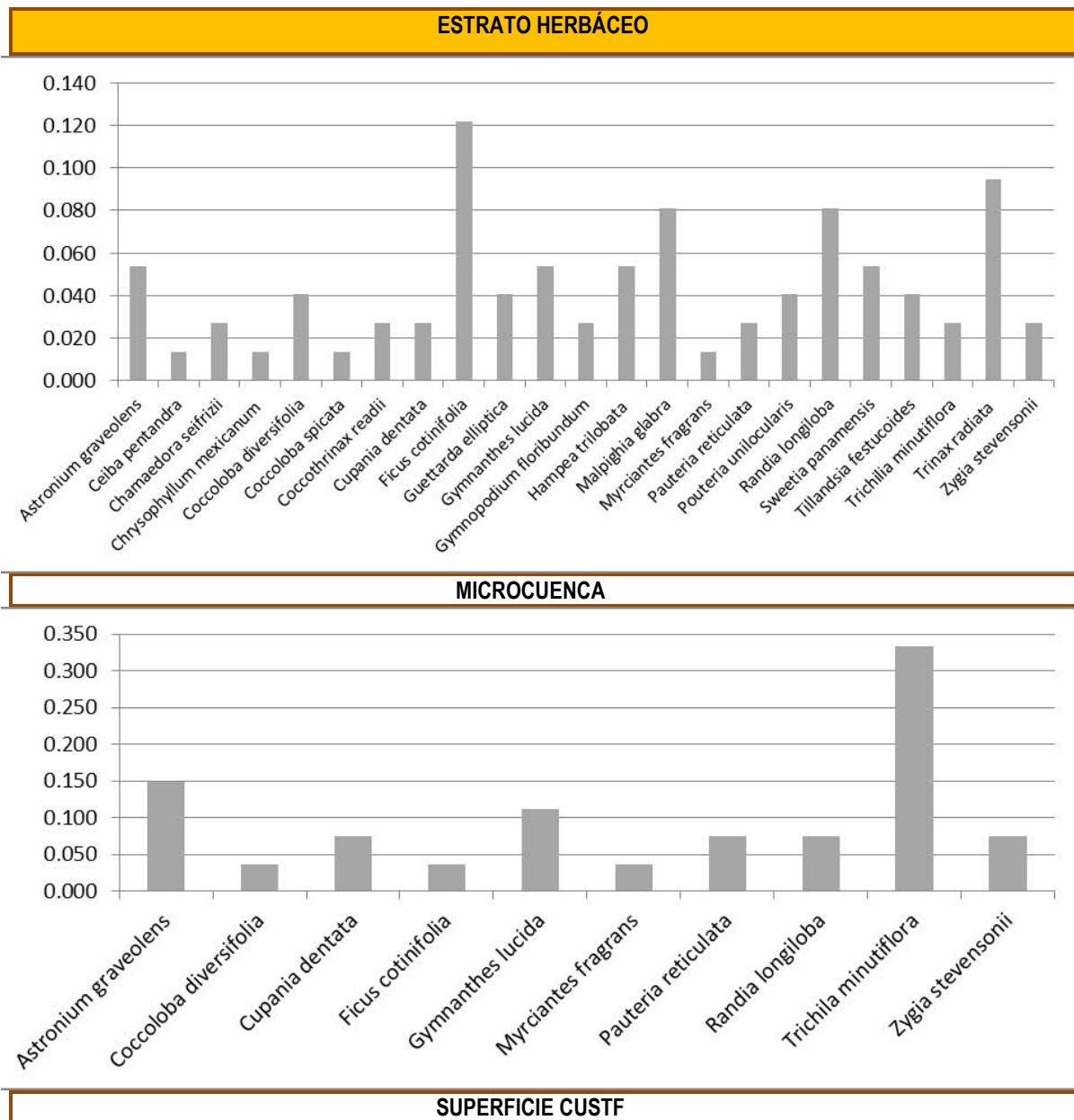
## ESTRATO ARBUSTIVO



## MICROCUCENCA



## SUPERFICIE CUSTF



Lo antes mencionado se sustenta calculando la biodiversidad beta, aplicando el índice de Jaccard (1908). La biodiversidad beta se refiere a la diversidad que hay entre hábitats dentro de un mismo ecosistema, es decir, la variación en el número de especies que se produce entre un hábitat y otro, o también definido como el recambio de especies de un hábitat a otro. Por ejemplo, la variación que existe entre la superficie sujeta al cambio de uso de suelo, la vegetación en la microcuenca.

**Índice de Jaccard (1908):**

$$SJ = \frac{C}{A + B + C}$$

Donde:



**A** es el número de especies exclusivas de la comunidad A (superficie de CUSTF);

**B** es el número de especies exclusivas de la comunidad B (microcuenca); y

**C** es el número de especies en común entre las comunidades A y B.

Este índice está diseñado para ser igual a **1** en casos de similitud completa, o igual a **0** si las comunidades son disimilares y no tienen especies en común.

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos los siguientes resultados:

$$SJ = \frac{C}{A + B + C}$$

$$SJ = \frac{48}{3 + 20 + 48}$$

$$SJ = 0.67$$

De acuerdo con los resultados obtenidos en la aplicación del índice de Jaccard, se tiene que la biodiversidad beta entre la microcuenca y la superficie de cambio de uso de suelo en vegetación de selva mediana subperennifolia, poseen una similitud relativamente elevada pero no completa, ya que de acuerdo con el índice, los valores cercanos a uno marcan una similitud alta, mientras que el valor de uno marca una similitud completa.

Por otra parte, considerando los valores de biodiversidad estimados mediante el índice de Shannon-Wiener, 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 elevada biodiversidad en cuanto a especies de flora se refiere, ya que en todos los estratos de la vegetación superan los 4 puntos (estrato arbóreo **H= 4.77**, arbustivo **H= 4.64**, herbáceo **H= 4.26**) 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.
- Los datos de la vegetación de Selva mediana subperennifolia en la superficie de cambio de uso de suelo, ostenta una biodiversidad de media a alta en sus estratos florísticos, particularmente a nivel de los estratos arbustivo y arbóreo ya que el índice de Shannon – Wiener (1949) alcanzó valores por arriba de los 3 puntos. (**H= 3.91 y 4.26** respectivamente); no obstante el estrato herbáceo obtuvo valores más bajos por debajo de los 3 puntos (**H= 2.93**).

Haciendo un análisis comparativo entre los valores obtenidos en la microcuenca, con aquellos resultantes de la superficie de cambio de uso de suelo, se obtiene lo siguiente:

ESTRATOS	MICROCUENCA	SUPERFICIE DE CUSTF
	ÍNDICE DE DIVERSIDAD	
Arbóreo	4.77	4.26
Arbustivo	4.64	3.91
Herbáceo	4.26	2.93

Considerando lo anterior 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 y en consecuencia no se compromete la biodiversidad a nivel de la microcuenca.

El análisis de la estructura horizontal cuantifica la participación de cada especie con relación a las demás y muestra cómo se distribuyen espacialmente, este aspecto puede ser determinado por los índices de densidad, dominancia y frecuencia (Acosta *et al.*, 2006) que conjuntamente se unen dichos índices formando el índice de valor de importancia, el cual fue estimado para el predio y la microcuenca.

El crecimiento de las plantas, las alteraciones de origen natural, la migración de especies, los cambios climáticos y otros procesos, modifican constantemente la estructura y la composición de las especies de los bosques y/o selvas. Los resultados de investigaciones sobre los ecosistemas forestales pueden aplicarse a la conservación de la diversidad biológica. Los estudios indican que los bosques son agrupaciones de especies donde cada una se comporta de acuerdo con sus propias necesidades, según su fisiología, morfología, demografía, conducta y capacidad de dispersión. Debido a la modificación constante de las condiciones ecológicas, ocurre una renovación continua de especies en las comunidades, en las que en un momento dado aparecen nuevas especies porque los procesos dan lugar a una estructura determinada y en otro momento desaparecen porque la estructura se convierte en un factor desfavorable (Acosta *et al.*, 2006).

Como ya se mencionó, el índice de valor de importancia nos permite identificar el porcentaje de contribución de las especies registradas en los tres estratos muestreados (arbóreo, arbustivo y herbáceo), es por lo anterior que a continuación se presentan las especies más representativas para los tres estratos.

ESTRATO ARBÓREO				ESTRATO ARBUSTIVO				ESTRATO HERBÁCEO			
PREDIO		MICROCUENCA		PREDIO		MICROCUENCA		PREDIO		MICROCUENCA	
Especie	IVI	Especie	IVI	Especie	IVI	Especie	IVI	Especie	IVI	Especie	IVI
<i>Ficus cotinifolia</i>	48.05	<i>Piscidia piscipula</i>	23.46	<i>Casearia corymbosa</i>	39.96	<i>Vitex gaumeri</i>	21.32	<i>Trichilia minutiflora</i>	74.62	<i>Ficus cotinifolia</i>	29.91
<i>Vitex gaumeri</i>	37.89	<i>Vitex gaumeri</i>	22.51	<i>Trichilia minutiflora</i>	31.14	<i>Metopium brownei</i>	20.08	<i>Astronium graveolens</i>	34.65	<i>Trinax radiata</i>	22.53
<i>Piscidia piscipula</i>	33.38	<i>Ficus cotinifolia</i>	20.70	<i>Thouinia paucidentata</i>	23.49	<i>Trinax radiata</i>	18.07	<i>Gymnanthes lucida</i>	27.59	<i>Malpighia glabra</i>	19.04
<i>Astronium graveolens</i>	21.24	<i>Manilkara zapota</i>	17.24	<i>Melicococus oliviformis</i>	22.52	<i>Bauhinia divaricata</i>	16.33	<i>Coccoloba diversifolia</i>	24.96	<i>Randia longiloba</i>	18.52
<i>Thevetia gaumeri</i>	18.48	<i>Metopium brownei</i>	12.76	<i>Bauhinia divaricata</i>	13.36	<i>Thevetia gaumeri</i>	15.94	<i>Cupania dentata</i>	24.24	<i>Gymnanthes lucida</i>	17.27
<i>Bursera simaruba</i>	17.53	<i>Astronium graveolens</i>	11.50	<i>Diospyros yucatanensis</i>	12.79	<i>Piscidia piscipula</i>	13.17	<i>Ficus cotinifolia</i>	23.90	<i>Astronium graveolens</i>	17.12

De acuerdo a lo anterior se presenta un análisis coherente considerando los aspectos antes mencionados. En lo que respecta al índice de valor de importancia relativa se observa que tanto en el predio como en el sitio testigo de la microcuenca entre las especies que más contribuyen a la conformación del estrato arbóreo son, *Ficus cotinifolia*, *Vitex gaumeri* y *Piscidia piscipula*, especies que en ambos predios mantienen valores representativos contribuyendo con valores de 20% e incluso superiores. En relación a lo anterior, debemos reiterar que las especies presentes en el predio corresponde a una vegetación típica de la selva media sub-perennifolia; con lo que se puede advertir una distribución homogénea de las especies; asimismo se anticipa

que la remoción de las especies en el presente estrato no se ponen en riesgo con la implementación del proyecto y no habría por qué preocuparse de éstas debido a que la densidad y frecuencia es mayor en la microcuenca considerando las dimensiones de ésta respecto al predio del proyecto, máxime si tenemos en cuenta que las especies registradas en el predio son comunes dentro del ecosistema de estudio (SMQ), que se distribuyen por mucho, más allá de la microcuenca y que las mismas fueron reportadas para el predio testigo en sus diversos estratos.

En en lo que respecta al estratos arbustivo del predio del proyecto, las especies presentaron una tendencia relativamente distinta para las especies citadas en el estrato arbóreo; no obstante ambos predios compartieron especies como *Bauhinia divaricata* dentro de aquellas que obtuvieron valores más elevados. Cabe señalar que en el presente estrato y en específico para el predio testigo, las especies registradas presentaron un porcentaje de contribución muy cercanos entre sí.

Es importante destacar que las especies que se registraron en el predio comparten gran similitud con las reportadas para el sitio testigo en los tres estratos (arbóreo, arbustivo y herbáceo), con alternancia de representatividad en ambos sitios muestreados.

En lo que respecta al estrato herbáceo se observó que los individuos registrados se encuentran representados en los dos estratos señalados anteriormente (arbóreo y arbustivo) por lo que se puede considerar que el presente estrato se encuentra conformado en su estructura horizontal por individuos regenerativos en alguna etapa de sucesión ecológica esperando el momento indicado para sustituir a sus descendientes que se ubican en el predio y sitio testigo de la microcuenca, no obstante las especies más representativas para el sitio del proyecto son: *Trichilia minutiflora*, *Astronium graveolens* y *Gymnanthes lucida*, mientras que para el predio testigo de la microcuenca fue *Ficus cotinifolia*; compartiendo ésta, al igual que *Astronium graveolens*, dentro de las especies con mayor proporción dentro del ecosistema estudiado.

#### » Fauna silvestre:

- Conservación a nivel 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. Posteriormente los individuos rescatados son liberados dentro de áreas 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 las mismas 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. Otras medidas que favorecen la conservación son: la instalación de letreros; el desmonte gradual; las pláticas ambientales y la supervisión del cambio de uso de suelo.

En las tablas siguientes se aprecia la riqueza de especies por unidad de análisis, así como las que se consideran para ser rescatadas previo a las actividades del proyecto y que corresponden a todos los organismos identificados.

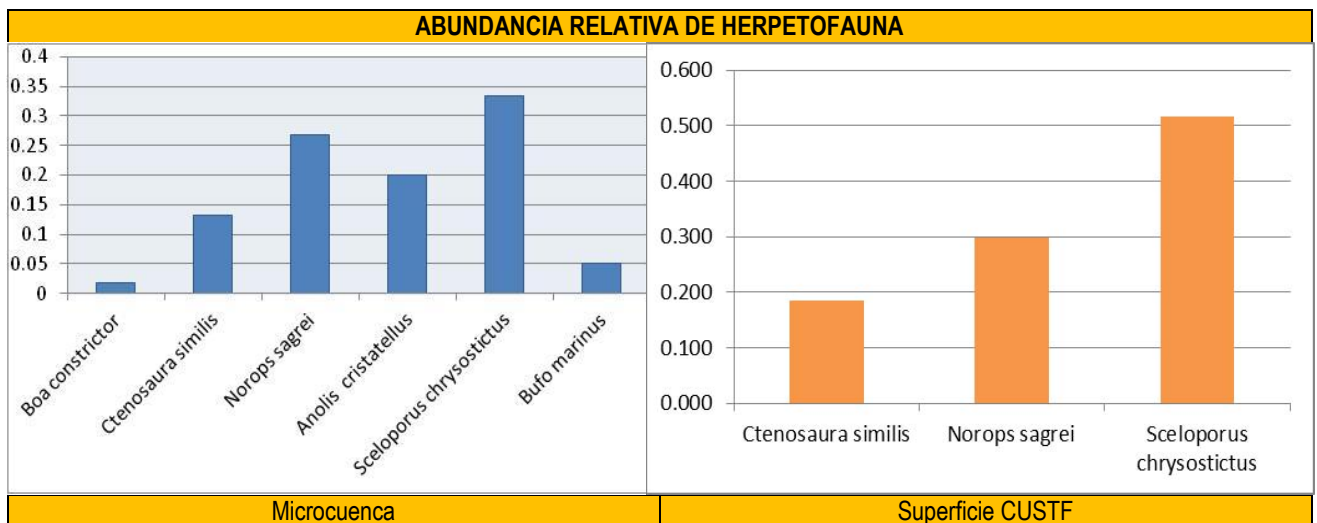
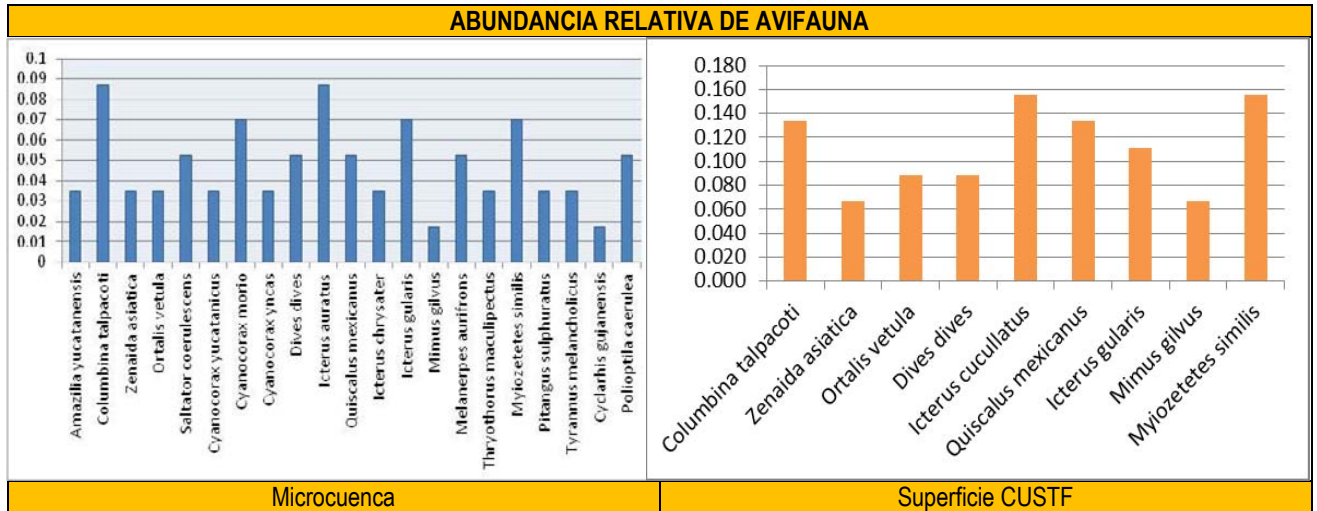
Microcuenca	Superficie de custf	A rescatar
<i>Amazilia yucatanensis</i>	<i>Columbina talpacoti</i>	<i>Columbina talpacoti</i>
<i>Columbina talpacoti</i>	<i>Zenaida asiatica</i>	<i>Zenaida asiatica</i>
<i>Zenaida asiatica</i>	<i>Ortalis vetula</i>	<i>Ortalis vetula</i>
<i>Ortalis vetula</i>	<i>Dives dives</i>	<i>Dives dives</i>
<i>Saltator coerulescens</i>	<i>Icterus cucullatus</i>	<i>Icterus cucullatus</i>
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	<i>Quiscalus mexicanus</i>	<i>Quiscalus mexicanus</i>
<i>Cyanocorax morio</i>	<i>Icterus gularis</i>	<i>Icterus gularis</i>
<i>Cyanocorax yncas</i>	<i>Mimus gilvus</i>	<i>Mimus gilvus</i>
<i>Dives dives</i>	<i>Myiozetetes similis</i>	<i>Myiozetetes similis</i>
<i>Icterus auratus</i>	<i>Ctenosaura similis</i>	<i>Ctenosaura similis</i>
<i>Quiscalus mexicanus</i>	<i>Norops sagrei</i>	<i>Norops sagrei</i>
<i>Icterus chrysater</i>	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	<i>Sceloporus chrysostictus</i>
<i>Icterus gularis</i>	<i>Didelphis virginiana</i>	<i>Didelphis virginiana</i>
<i>Mimus gilvus</i>	<i>Nasua narica</i>	<i>Nasua narica</i>
<i>Melanerpes aurifrons</i>		
<i>Thryothorus maculipectus</i>		
<i>Myiozetetes similis</i>		
<i>Pitangus sulphuratus</i>		
<i>Tyrannus melancholicus</i>		
<i>Cyclarhis gujanensis</i>		
<i>Polioptila caerulea</i>		
<i>Boa constrictor</i>		
<i>Ctenosaura similis</i>		
<i>Norops sagrei</i>		
<i>Anolis cristatellus</i>		
<i>Sceloporus chrysostictus</i>		
<i>Bufo marinus</i>		
<i>Nasua narica</i>		
<i>Didelphis virginiana</i>		
<i>Heteromys gaumeri</i>		
<i>Sciurus yucatanensis</i>		

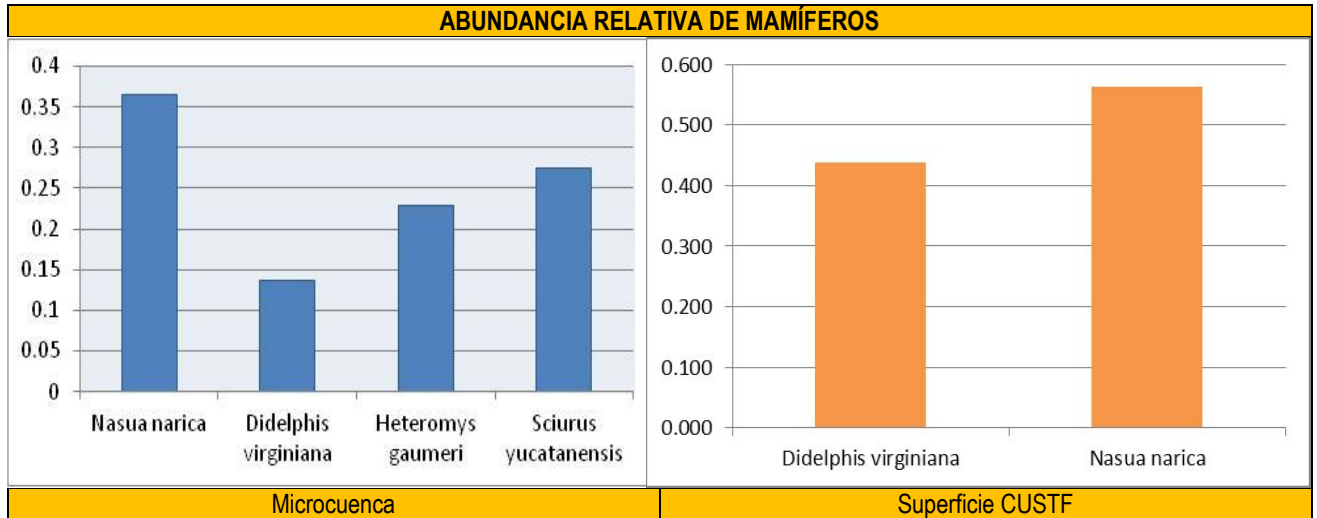
- Conservación a nivel de poblaciones.

Continuando bajo el mismo 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. Considerando las medidas citadas en el punto anterior, 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; y la supervisión del cambio de uso de suelo.

Cabe aclarar que dicho cálculo no se consideró para todas aquellas especies que fueron obtenidas de los estudios de otros proyectos dentro de la misma microcuenca, debido a que en éstos no se indicaba el número de ejemplares registrados por especie.

No obstante lo anterior, se presenta a continuación 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.





Lo anterior se sustenta calculando la biodiversidad beta, aplicando el índice de Jaccard (1908). Dicha diversidad beta se refiere a aquella que existe entre hábitats dentro de un mismo ecosistema, es decir, la variación en el número de especies que se produce entre un hábitat y otro, o también definido como el recambio de especies de un hábitat a otro. Por ejemplo, la variación que existe entre la superficie sujeta al cambio de uso de suelo, la microcuenca.

Índice de Jaccard (1908):

$$SJ = \frac{C}{A + B + C}$$

Donde:

**A** es el número de especies exclusivas de la comunidad A (superficie de CUSTF);

**B** es el número de especies exclusivas de la comunidad B (microcuenca); y

**C** es el número de especies en común entre las comunidades A y B.

Éste índice está diseñado para ser igual a **1** en casos de similaridad completa, o igual a **0** si las comunidades son disimilares y no tienen especies en común.

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos los siguientes resultados:

$$SJ = \frac{8}{1 + 13 + 8}$$

$$SJ = 0.3$$

De acuerdo con los resultados obtenidos en la aplicación del índice de Jaccard, se tiene que la biodiversidad beta entre la microcuenca y la superficie de cambio de uso de suelo en vegetación de selva mediana subperennifolia, poseen una similaridad media, ya que de acuerdo con el índice, los valores cercanos a uno marcan una similitud alta, mientras que el valor de uno marca una similitud completa.

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, de acuerdo con lo siguiente:

- 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 alta biodiversidad en cuanto a especies de aves se refiere, ya que el índice de Shannon – Wiener (1949) alcanza un valor de **H= 4.26**; 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= 2.20**) y mamíferos (**H= 1.92**), en donde el índice alcanzó un valor cercano a 2.5, lo que indica que su biodiversidad en el ecosistema es de moderada a baja y por tanto con poca relevancia.
- 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, se presenta un patrón de comportamiento semejante, pues de igual forma las aves son el grupo con valores más elevados (**H= 3.10**); mientras que los grupos de herpetofauna (**H= 1.46**) y mamíferos (**H= 0.98**) arrojaron valores menores a 1.5, con lo que se concluye que la biodiversidad del predio de interés es también de moderada a baja

GRUPO FAUNÍSTICO	MICROCUECA	SUPERFICIE DE CUSTF
	ÍNDICE DE DIVERSIDAD	
Aves	4.26	3.10
Herpetofauna	2.20	1.46
Mamíferos	1.92	0.98

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 que el 50.41% 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

Proceso ecológico	Análisis
<b>Ciclos de nutrientes</b>	de letreros, el desmonte gradual, las pláticas ambientales y la supervisión del cambio de uso de suelo. 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 de conservación y en las áreas ajardinadas; 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.
<b>Flujo de energía</b>	La merma de dicho proceso sólo ocurrirá en el 61.20% de la superficie total del terreno, en donde se llevará a cabo la remoción total de la vegetación para ser sustituida por obras permanentes. Lo antes mencionado se asevera considerando que restante 35.10 % de la superficie del terreno se mantendrá con 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 y permitirán la subsistencia del resto de los eslabones de la cadena trófica. Al respecto, si bien el flujo de energía continua dada dicha condición, la cadena trófica sufrirá leve 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 naturales; la instalación de letreros; desmonte gradual; pláticas ambientales; y la supervisión del cambio de uso de suelo.
<b>Sucesión</b>	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, no obstante se mantiene el estado de madurez o estado previo, en una superficie equivalente de 6844.606 m <sup>2</sup> (35.10%) en donde se conservarán áreas verdes naturales; dicha posibilidad se perderá durante toda la vida útil del proyecto, en una superficie de 11933.44 m <sup>2</sup> (61.20%) donde la vegetación será sustituida totalmente por obras permanentes, sin embargo el proceso sólo disminuye y no se pierde por completo. 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 reducidos dentro de la superficie que ocupa el predio del proyecto.

## 1.2. 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 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 1.23 Ton/ha/año; lo que significa que anualmente se pierde una lámina de suelo de 0.12 mm; por el contrario, la erosión potencial calculada con el proyecto es de 132.8 t/ha/año sin prácticas de conservación; lo que significa que anualmente se perdería una lámina de suelo de 13.2 mm.

En sentido de lo anterior tenemos que la pérdida del suelo por erosión con la implementación del proyecto es significativa, ya que se incrementaría en 13.08 mm (13.2 - 0.12) 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 la condiciones del clima (viento y lluvia) en un período máximo de 20 días posterior al desmonte (gradual), ya que después de ese lapso de tiempo se procederá a iniciar con el proceso constructivo de esa superficie y en consecuencia con el sellado o recubrimiento de la superficie de aprovechamiento que corresponda, entonces tenemos que la pérdida efectiva del suelo por erosión será de 0.71 mm ( $13.08 \text{ mm} * 20 / 365$ ), es decir, la pérdida se incrementaría en 0.59 mm ( $0.71 - 0.12$ ) 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 que se tiene contemplada la conservación de áreas verdes en estado natural sobre una superficie de 6844.606 m<sup>2</sup>, la cual junto con los 2985.01 m<sup>2</sup> que se modificarán y que permanecerán como verde permeable (p ej. Adopasto), actuarán como barrera para impedir la erosión del suelo por la acción de la lluvia y el viento en el 50.41% del predio; el resto de la superficie del suelo, es decir, 8948.43 m<sup>2</sup> permanecerá sellado por el desplante de obras permanentes y en consecuencia, la erosión del suelo se reflejará en pérdidas (degradación por compactación) pero no en erosión; lo cual 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

### **1.3. No se provocará el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación**

#### **1.3.1. En cantidad**

Considerando los cálculos realizados de la estimación de captura de agua con el proyecto, se obtuvo un volumen de 6,814.07 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales de captación, y 2,083.90 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales de pérdida por escurrimiento dentro de la superficie de CUSTF. Por el contrario, considerando los cálculos realizados sin el proyecto, se obtuvo un volumen de captura 11880.22 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales, y 3633.25 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> de pérdidas anuales por escurrimiento. En ese sentido, se estarían dejando de captar 5,066.15 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales con el proyecto; y se estaría incrementando la pérdida por escurrimiento en 1549.35 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales. No obstante lo anterior, la

pérdida ronda del 13 % del volumen total que se captura al año; sin embargo es importante mencionar que dichos cálculo no contemplan la áreas de aprovechamiento que permanecerán siempre permeables y que corresponden a 2,985.01 m<sup>2</sup>; por lo que de considerarse dicha superficie el porcentaje de pérdida sería por mucho menor; con lo que se concluye que no se pone en riesgo la prestación de este servicio ambiental.

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. También se consideró el supuesto del modelo que refiere que bosques con volúmenes superiores a 190 m<sup>3</sup>/ha son bosques con más del 75% de cobertura (Torres y Guevara, 2002), suponiendo que en la superficie de CUSTF el volumen es de 85.8528 m<sup>3</sup> en 1.19 hectáreas, lo que significa que habría un volumen forestal de 5933631.429 m<sup>3</sup> en 82245.674 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) es de 1309.2 mm en promedio, considerando que la precipitación media anual en la microcuenca varía de 1,200 a 1,500 mm 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 m<sup>3</sup>/ha (cobertura mayor al 75%).

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	<b>0.24</b>

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

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

$$C_e = (0.24) (1309.2 - 250) / 2000 + (0.24-0.15) / 1.5$$

$$C_e = 0.1871$$

Entonces tenemos que el coeficiente de escurrimiento (**C<sub>e</sub>**) en la microcuenca es de 0.1871.

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<sub>e</sub>** = Volumen medio anual de escurrimiento (m<sup>3</sup>)

**A** = Área total MC (m<sup>2</sup>)

**C** = Coeficiente de escurrimiento anual

**P** = Precipitación media anual (m<sup>3</sup>)

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 1309.2 mm de precipitación media anual, equivalen a 1309.2 litros de agua por metro cuadrado. Así mismo, tenemos que 1000 litros de agua equivalen a 1 m<sup>3</sup>, por lo tanto, tenemos que 1,309.2 litros equivalen a 1.3 m<sup>3</sup> de agua.

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

$$\begin{aligned} \mathbf{Ve} &= \mathbf{P * At * Ce} \\ \mathbf{Ve} &= 1.3 \text{ m}^3 * 822456740 \text{ m}^2 * 0.1871 \\ \mathbf{Ve} &= 200046152.87 \text{ m}^3/\text{m}^2 \end{aligned}$$

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

$$\mathbf{I = P - Ve}$$

Donde:

**I:** Volumen estimado de infiltración en el área de interés (m<sup>3</sup>)

**P:** Precipitación media anual en el área de interés (m<sup>3</sup>) \* superficie de la microcuenca (m<sup>2</sup>)

**E:** Volumen estimado de escurrimiento en el área de interés (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>)

Sustituyendo los valores en la ecuación, obtenemos lo siguiente:

$$\begin{aligned} \mathbf{I} &= \mathbf{P - Ve} \\ \mathbf{I} &= (1.3 \text{ m}^3) (822456740 \text{ m}^2) - 200046152.87 \text{ m}^3/\text{m}^2 \\ \mathbf{I} &= 869147609.13 \text{ m}^3/\text{m}^2 \end{aligned}$$

Considerando los cálculos realizados en los apartados anteriores, podemos concluir que actualmente en la microcuenca se capta un volumen de 869,147,609.13 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales, y se pierden 200,046,152.87 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> 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 (2,083.90 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales), apenas representan el 2.3% del volumen total de agua captado en el mismo ecosistema (selva mediana subperennifolia) dentro de la microcuenca; lo cual si consideramos que parte de la superficie de aprovechamiento (2,985.01 m<sup>2</sup>) se conservará como siempre permeable, entonces tenemos que dicho porcentaje se ve disminuido al 1.3% de total de agua captado en el mismo ecosistema de la MC.

### 1.3.2. En calidad

En cuanto a la calidad del agua se proponen las siguientes medidas de prevención y mitigación. De manera particular se pretende ejecutar una serie de medidas para mitigar los efectos que se pudieran presentar por llevar a cabo el cambio de uso de suelo y que pudieran afectar la calidad del agua, mismos que a continuación se describen:

1. Se proporcionarán suficientes instalaciones de sanitarios móviles para el personal que labore en el predio, con el objeto de no afectar el manto freático por la defecación y micción al aire libre. El manejo y disposición final de las aguas residuales que se generen en los baños portátiles, correrá a cargo de la empresa arrendadora, quien deberá contar con los permisos necesarios para llevar a cabo dichas actividades.
2. Se colocarán contenedores temporales para residuos domésticos (cartón, papel, unicel, plásticos, aluminio etc.) para evitar el esparcimiento de basura en el predio.

3. Se evitara el derrame de combustibles y aceites en las áreas destinadas al cambio de usos de suelo, según lo planteado en el estudio técnico justificativo.

Por lo que con las medidas arriba señaladas, la calidad del agua no se verá mermada por el desarrollo del proyecto

## 2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

### 2.1. 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 \$ **210,492.8** el cual se considera mínimo en relación a la inversión requerida para la funcionalidad e implementación del proyecto, ya que para el mismo se requerirá de un monto sumamente 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 representa una inversión de aproximadamente cinco millones de pesos, es importante considerar la derrama económica final del predio del proyecto en relación a su potencial urbano; misma que corresponde al índole de los 100 millones de pesos sólo para su construcción, con lo que podemos anticipar que el nuevo uso propuesto es económicamente más redituable que el actual.

Ahora bien, bajo el supuesto de que el tiempo de vida del proyecto total fuera de 50 años, se tendría que el terreno forestal donde se pretende su desarrollo generaría una derrama económica de \$10,524,640 por su simple existencia y considerando los valores de uso indirecto, de opción, de legado y de existencia (\$210,492.8 totales); lo que sigue siendo aun menor a la inversión que implica el desarrollo del proyecto general, sin considerar aun inversión alguna respecto a la operación del proyecto (empleados fijos y temporales, mantenimiento, predial y servicios generales, etc.), además de la cantidad de personas que se verán beneficiadas durante las diferentes etapas.

Ante lo arriba expuesto, se anticipa que el nuevo uso propuesto para el terreno forestal en cuestión, será mucho más rentable con el proyecto y su desarrollo, que por su simple existencia.

## 3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

En éste punto es importante mencionar que el predio del proyecto se ubica en una zona con alto potencial para el desarrollo urbano de Puerto Morelos; mismo que se establece en los instrumentos reguladores del suelo. En éste sentido, resulta importante hacer mención que el cambio de uso de suelo que se propone a través del presente estudio, dará paso a un proyecto el cual será sometido a evaluación en su momento procesal oportuno, ante las autoridades competentes.

Para entender la importancia social que tiene el proyecto propuesto, primeramente habrá que considerar la problemática actual que acontece en la zona donde éste se ubica, partiendo desde lo general hasta lo particular, como se describe a continuación:

El municipio ha rebasado los límites de crecimiento pronosticados en los Planes Directores anteriores al año 2000. En el año 1990 el municipio registró una población de 176,795 habitantes y para el 2007 alcanzó una población cercana a los 625 mil habitantes con una tasa media de crecimiento anual de 7.7 %. El área del proyecto se encuentra en la zona turística denominada Corredor Cancún-Riviera Maya, la cual se ha convertido en la principal zona generadora de divisas y empleo relacionado con el turismo en el país, lo que explica su acelerado crecimiento.

Visto lo anterior, está por demás mencionar que el cambio de uso de suelo que se propone, resulta necesario realizarse para dar paso a la construcción del proyecto que se pretende llevar a cabo y que en su momento se someterá a evaluación ante las autoridades competentes. El proyecto suministrará materiales que contribuirán a reducir, aunque en menor escala, la actual demanda de materiales de construcción que acontece en la zona en la que se circunscribe; por lo tanto, aportará un gran beneficio para los locatarios y empresarios al proporcionar materiales de calidad para la construcción de sus obras

Aunado a lo anterior, no hay que dejar de mencionar la alta oferta de empleo que generará el proyecto actual (preparación del sitio), puesto que sus dimensiones permiten estimar que se producirán aproximadamente 50 empleos temporales (2 años en promedio), y 10 empleos permanentes, sólo para la etapa de cambio de uso de suelo que se propone en el presente estudio, por lo que habría de considerar el resto de los empleos que se generarían durante las etapas de construcción y operación del proyecto. En virtud de lo arriba expuesto, se advierte que considerando el cambio de uso de suelo del predio para destinarlo a actividades no forestales, el proyecto tendrá un alto impacto social, puesto que generará ingresos económicos para los trabajadores de la localidad que se dedican a la rama de la construcción, 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**

# LOTE 41-02

### 1. NOMBRE Y FIRMA DE LA PERSONA QUE FORMULÓ EL ESTUDIO

Ing. Reynaldo Martínez López \_\_\_\_\_

### 2. NÚMERO DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO FORESTAL NACIONAL DEL PRESTADOR DE SERVICIOS TÉCNICOS FORESTALES EMITIDO POR LA SEMARNAT

Libro OAX, Tipo UI, Volumen 3, Número 42, Año 10.

En el apartado de anexos del presente documento se presenta copia simple del certificado de inscripción al Registro Nacional Forestal del C. Ing. Reynaldo Martínez López.

### 3. REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES DEL PRESTADOR DE SERVICIOS TÉCNICOS FORESTALES

MALR820517S6A

### 4. DIRECCIÓN DEL RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO

Supermanzana 084, Manzana 15, Lote 3.2, Av. José López Portillo, Edificio 9, Departamento 202, Galaxias Puerto Cancún. C.P. 77520, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.

### 5. NOMBRE DEL RESPONSABLE PARA DIRIGIR LA EJECUCIÓN DEL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO

Ing. Reynaldo Martínez López

**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**

# LOTE 41-02



El terreno forestal donde se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo corresponde al ubicado Supermanzana. 25, Manzana. 09, lote 41-02 de la reserva territorial del IPAE, localidad de Puerto Morelos, municipio de Benito Juárez, Estado de Quintana Roo y cubre una superficie total de 1.9 ha.

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 Decreto mediante el cual se modifica el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez; y en Programa de Desarrollo Urbano del centro de población de Puerto Morelos, tal como se indica a continuación.

## **1. 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.

## **2. 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 "Lote 41-02", 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.

## **3. 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.

#### 4. 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.

## **5. 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.

## **6. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ**

De acuerdo con el Decreto mediante el cual se modifica el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo, el 27 de febrero del 2014; el predio del proyecto se ubican en su totalidad dentro de la UGA 28 "Centro de Población de Puerto Morelos", cuyos lineamientos y plano se muestran a continuación.

Política ambiental: **Aprovechamiento sustentable.**

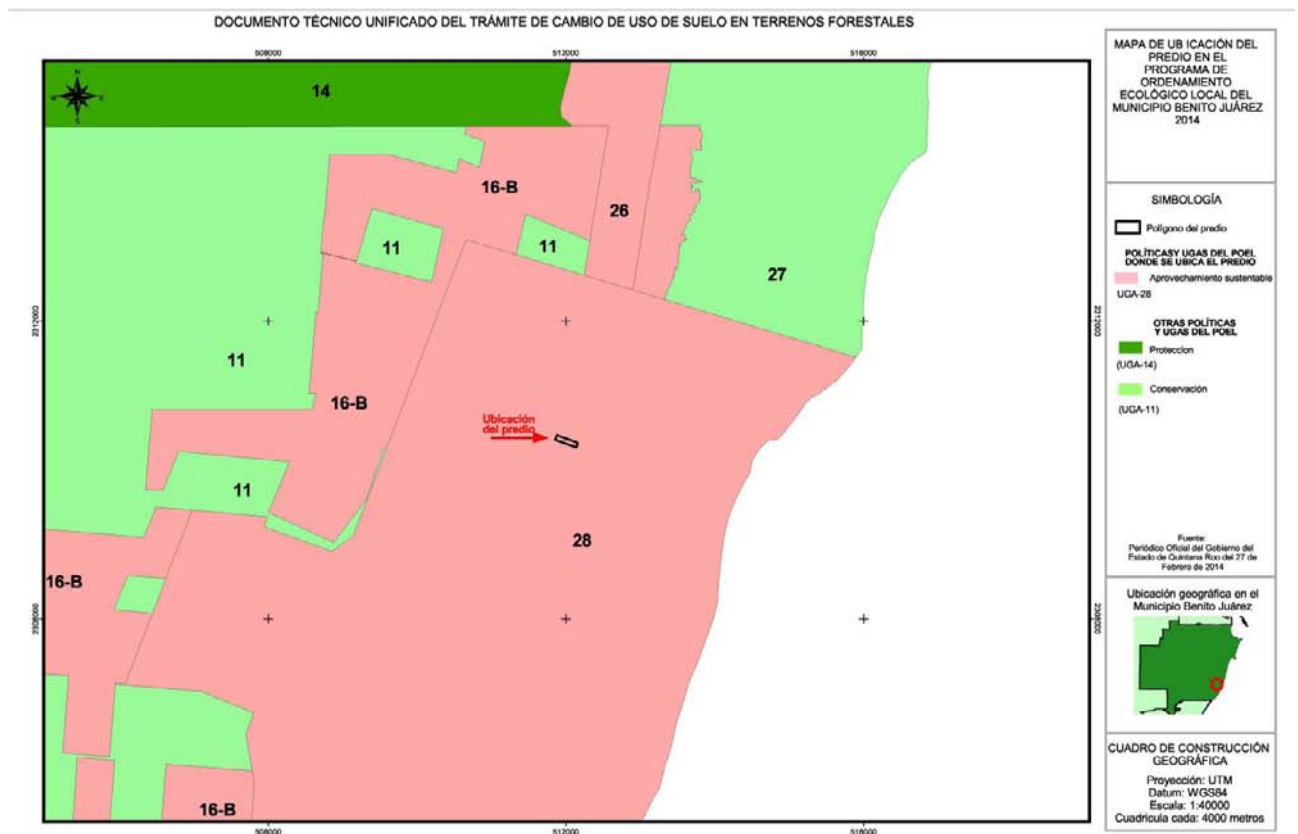
Parámetros de aprovechamiento: **Según a lo establecido en el Programa de Desarrollo Urbano Vigente**

Usos compatibles: **Los que se establezcan en su Programa de Desarrollo Urbano Vigente.**

Usos incompatibles: **Los que se establezcan en su Programa de Desarrollo Urbano Vigente.**

Por otra parte, cabe señalar que los criterios de regulación ecológica establecidos para el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez han sido organizados en dos grupos:

- ✓ Los Criterios Ecológicos de aplicación general, que son de observancia en todo el territorio municipal de Benito Juárez, independientemente de la unidad de gestión ambiental en la que se ubique el proyecto o actividad.
- ✓ Los Criterios Ecológicos de aplicación específica, que son los criterios asignados a una unidad de gestión ambiental determinada.



Considerando lo anterior, a continuación se presenta un análisis con respecto a la congruencia del proyecto con los criterios generales y específicos, aplicables a la UGA 28 en la que se circunscribe el predio de interés.

## 1. CRITERIOS GENERALES

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-01	<i>En el tratamiento de plagas y enfermedades de plantas en cultivo, jardines, áreas de reforestación y de manejo de la vegetación nativa deben emplearse productos que afecten específicamente la plaga o enfermedad que se desea controlar, así como los fertilizantes que sean preferentemente orgánicos y que estén publicados en el catálogo vigente por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Substancias Tóxicas (CICOPLAFEST).</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En caso que se requiera aplicar tratamientos de plagas y enfermedades de jardines, áreas de reforestación y de manejo de vegetación nativa, se atenderá lo establecido en este criterio y sólo se utilizarán productos que afecten específicamente la plaga o enfermedad que se desea controlar, así como los fertilizantes preferentemente orgánicos que estén publicados en el catálogo de la CICOPLAFEST.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-02	<i>Los proyectos que en cualquier etapa empleen agroquímicos de manera rutinaria e intensiva, deberán elaborar un programa de monitoreo de la calidad del agua del subsuelo a fin de detectar, prevenir y, en su caso, corregir la contaminación del recurso. Los resultados del Monitoreo se incorporarán a la bitácora ambiental.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla el uso de agroquímicos en ninguna etapa del proyecto; sin embargo, se da observancia el presente criterio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-03	<i>Con la finalidad de restaurar la cobertura vegetal que favorece la captación de agua y la conservación de los suelos, la superficie del predio sin vegetación que no haya sido autorizada para su aprovechamiento, debe ser reforestada con especies nativas propias del hábitat que haya sido afectado.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Por lo que toca a las superficies que se someten a evaluación, es de señalarse que la superficie de aprovechamiento que se propone para el presente proyecto sólo representa el 61.20%; no obstante lo anterior, las superficies que conservarán su vegetación natural en conjunto con aquellas que se modificarán y quedarán como verdes permeables (p ej. Adospasto), mismas que representan más del 50% del predio, permitirán en todo momento la captación de agua y conservación de los suelos.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-04	<i>En los nuevos proyectos de desarrollo urbano, agropecuario, suburbano, turístico e industrial se deberá separar el drenaje pluvial del drenaje sanitario. El drenaje pluvial de techos, previo al paso a través de un decantador para separar sólidos no disueltos, podrá ser empleado para la captación en cisternas, dispuesto en áreas con jardines o en las áreas con vegetación nativa remanente de cada proyecto. El drenaje pluvial de estacionamiento públicos y privados así como de talleres mecánicos deberá contar con sistemas de retención de grasas y aceites.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Dada la naturaleza del proyecto (solo cambio de uso de suelo), este no requiere la construcción de drenajes sanitarios o pluviales, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-05	<i>Para permitir la adecuada recarga del acuífero, todos los proyectos deben acatar lo dispuesto en el artículo 132 de la LEEPAQROO o la disposición jurídica que la sustituya.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El Artículo 132 de la LEEPAQROO, establece lo siguiente:

*ARTICULO 132.- Para la recarga de mantos acuíferos, en las superficies de predios que se pretendan utilizar para obras e instalaciones, se deberá permitir la filtración de aguas pluviales al suelo y subsuelo. Por tal motivo, las personas físicas o morales quedan obligadas a proporcionar un porcentaje del terreno a construir, preferentemente como área verde, lo que en su caso siempre será permeable.*

*Para los efectos del párrafo anterior en los predios con un área menor de 100 metros cuadrados deberán proporcionar como área verde el 10% como mínimo; en predios con superficie mayor de 101 a 500 metros cuadrados, como mínimo el 20%; en predios cuya superficie sea de 501 a 3,000 metros cuadrados, como mínimo el 30%, y predios cuya superficie sea de 3,001 metros cuadrados en adelante, proporcionarán como área verde el 40% como mínimo.*

Al respecto es importante mencionar que el predio del proyecto posee una superficie de 19,499.74 m<sup>2</sup>, por lo tanto le corresponde proporcionar como área verde permeable el 40% como mínimo. Considerando esa cifra, el proyecto propone mantener una superficie equivalente al 35.10% como área de conservación y se destinará el 25% del área de aprovechamiento (2985.01 m<sup>2</sup>) a la implementación de áreas que en su caso siempre serán permeables y que en suma con las áreas que permanecerán con vegetación natural, abarcarán una superficie permeable total de 9829.616 m<sup>2</sup> que representan el 50.41% de la superficie total del predio, con lo que se da cumplimiento a este criterio (ver plano de áreas permeables capítulo 8).

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-06	<i>Con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas y el aislamiento de las poblaciones, de deberán agrupar las áreas de aprovechamiento preferentemente en "áreas sin vegetación aparente" y mantener la continuidad de las áreas con vegetación natural. Para lo cual, el promovente deberá presentar un estudio de zonificación ambiental que demuestre la mejor ubicación de la infraestructura planteada por el proyecto, utilizando preferentemente las áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Si bien dentro del predio se cuenta con afectaciones previas correspondientes a un camino ajeno a la promovente que comunica la carretera federal con los predios y caminos de la parte oeste del sitio de estudio. Se advierte que dicha superficie no ha sido considerada para el presente proyecto y por tanto se ha denominado como una superficie sin uso o destino. Bajo dicho antecedente, se advierte que dentro del resto del predio, sólo se identificó vegetación de Selva mediana subperennifolia, por lo que no existen áreas sin vegetación aparente, tal como puede observarse en el plano de vegetación presentado en el capítulo 5 de este estudio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-07	<i>En los proyectos en donde se pretenda llevar a cabo la construcción de caminos, bardas o cualquier otro tipo de construcción que pudiera interrumpir la conectividad ecosistémica deberán implementar pasos de fauna menor (pasos inferiores) a cada 50 metros, con excepción de áreas urbanas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Dada la naturaleza del proyecto, éste no requiere la construcción de ningún tipo de obra o instalación, ya que se ciñe exclusivamente en el cambio de uso de suelo, a través de la remoción de vegetación forestal, así mismo, es importante que el predio del proyecto se ubica en una zona destinada para el aprovechamiento

dentro del centro de población de Puerto Morelos y que de acuerdo al PDU aplicable, se le ha destinado para el aprovechamiento urbano; por lo que se exceptúa de dicha acciones.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-08	<i>Los humedales, rejolladas inundables, petenes, cenotes, cuerpos de agua superficiales, presentes en los predios deberán ser incorporados a las áreas de conservación.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Dentro del predio del proyecto no se identificaron humedales, rejolladas inundables, petenes, cenotes, ni cuerpos de agua superficiales; por lo tanto, el alcance de éste criterio no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-09	<i>Salvo en las UGA urbanas, los desarrollos deberán ocupar el porcentaje de aprovechamiento o desmonte correspondiente para la UGA en la que se encuentre, y ubicarse en la parte central del predio, en forma perpendicular a la carretera principal. Las áreas que no sean intervenidas no podrán ser cercadas o verdeadas y deberán ubicarse preferentemente a lo largo del perímetro del predio en condiciones naturales y no podrán ser desarrolladas en futuras ampliaciones.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto se ubica dentro de la UGA 28 “Centro de Población de Puerto Morelos”, la cual se distingue por ser una unidad de gestión ambiental urbana; y en ese sentido, se concluye que el alcance de éste criterio no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-10	<i>Sólo se permite la apertura de nuevos caminos de acceso para actividades relacionadas a los usos compatibles, así como aquellos relacionados con el establecimiento de redes de distribución de servicios básicos necesarios para la población.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

La etapa del proyecto que se somete a evaluación, se ciñe exclusivamente al cambio de uso de suelo, a través de la remoción de vegetación forestal; por lo que no se contempla la construcción de ningún tipo de obra; y en ese sentido, el alcance de éste criterio no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-11	<i>El porcentaje de desmonte que se autorice en cada predio, deberá estar acorde a cada uso compatible y no deberá exceder el porcentaje establecido en el alineamiento ecológico de la UGA, aplicando el principio de equidad y proporcionalidad.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Compete a las autoridades correspondientes la autorización del porcentaje de desmonte para el proyecto en cuestión, quienes determinarán lo conducente con respecto a este criterio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-12	<i>En el caso de desarrollarse varios usos de suelo compatibles en el mismo predio, los porcentajes de desmonte asignados a cada uno de ellos solo serán acumulables hasta alcanzar el porcentaje definido en el lineamiento ecológico.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En este punto cabe aclarar que de acuerdo con el PDU aplicable no se establecen porcentajes de desmonte para el uso de suelo destinado al predio del proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-13	<i>En la superficie de aprovechamiento autorizada previo al desarrollo de cualquier obra o actividad, se deberá de ejecutar un programa de rescate de flora y fauna.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto contempla la ejecución de un programa de rescate de flora y un programa de rescate de fauna, previo al desarrollo de cualquier obra o actividad, los cuales se anexan al presente estudio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-14	<i>En los predios donde no exista cobertura arbórea, o en el caso que exista una superficie mayor desmontada a la señalada para la unidad de gestión ambiental ya sea por causas naturales y/o usos previos, el proyecto sólo podrá ocupar la superficie máxima de aprovechamiento que se indica para la unidad de gestión ambiental y la actividad compatible que pretenda desarrollarse.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

De acuerdo con el inventario forestal realizado en el predio del proyecto, se identificó una superficie previamente afectada y que corresponde a un camino; no obstante, resulta importante señalar que la UGA no establece superficies máximas de aprovechamiento ni de desmonte para el predio del proyecto en cuestión.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-15	<i>En los ecosistemas forestales deberán eliminarse los ejemplares de especies exóticas considerados como invasoras por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) que representen un riesgo de afectación o desplazamiento de especies silvestres. El material vegetal deberá ser eliminado mediante procedimiento que no permitan su regeneración y/o propagación.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Durante el inventario forestal realizado en el predio del proyecto, no se identificaron ejemplares de especies exóticas considerados como invasoras por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), por lo que este criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-16	<i>La introducción y manejo de palma de coco (<i>Cocos nucifera</i>) debe restringirse a las variedades que sean resistentes a la enfermedad conocida como "amarillamiento letal del cocotero".</i>

- **Vinculación con el proyecto:**



El proyecto no implica actividades relacionadas con la introducción y manejo de palma de coco (*Cocos nucifera*); por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-17	<i>Sólo se permite el manejo de especies exóticas cuando...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica actividades relacionadas con el manejo de especies exóticas; por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-18	<i>No se permite la acuicultura en cuerpos de agua en condiciones naturales, ni en cuerpos de agua superficiales con riesgo de afectación a especies nativas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica obras o actividades relacionadas con la acuicultura; por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-19	<i>Todos los caminos abiertos que estén en propiedad privada, deberán contar con acceso controlado, a fin de evitar posibles afectaciones a los recursos naturales existentes.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

La promovente se da por enterada de dicho criterio y en su momento oportuno se implementará el control señalado.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-20	<i>Los cenotes, rejolladas inundables y cuerpos de agua deberán mantener inalterada su estructura geológica y mantener el estrato arbóreo, asegurando que la superficie establecida para su uso garantice el mantenimiento de las condiciones ecológicas de dichos ecosistemas.</i>
CG-21	<i>Donde se encuentren vestigios arqueológicos, deberá reportarse dicha presencia al Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y contar con su correspondiente autorización para la construcción de la obra o realización de actividades.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Al interior del terreno forestal, no se registró la existencia de cenotes, rejolladas inundables, cuerpos de agua, ni vestigios arqueológicos; por lo tanto, los criterios en comento no son aplicables al proyecto, en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-22	<i>El derecho de vía de los tendidos de energía eléctrica de alta tensión sólo podrá ser utilizado conforme a la normatividad aplicable, y en apego a ella no podrá ser utilizado para asentamientos humanos.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no pretende llevarse a cabo sobre derechos de vía de tendidos de energía eléctrica de ningún tipo; por lo tanto, el criterio en comento no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-23	<i>La instalación de infraestructura de conducción de energía eléctrica de baja tensión y de comunicación deberá ser subterránea en el interior de los predio, para evitar la contaminación visual del paisaje y afectaciones a la misma por eventos meteorológicos externos y para minimizar la fragmentación de ecosistemas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Para esta etapa del proyecto que se somete a evaluación, no se requiere instalaciones eléctricas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-24	<i>Los taludes de los caminos y carreteras deberán ser reforestados con plantas nativas de cobertura y herbáceas que limiten los procesos de erosión.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica la construcción de caminos ni carreteras en esta etapa del proyecto que se somete a evaluación. En ese sentido, este criterio sólo se considera de observancia. Por lo que toca al camino previamente existente, se advierte que el mismo no cuenta con taludes dada la topografía del terreno.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-25	<i>En ningún caso la estructura o cimentación deberán interrumpir la hidrodinámica natural superficial y/o subterránea.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no llevará a cabo el desplante de cimentaciones o estructuras de ningún tipo, durante la etapa del proyecto que se somete a evaluación. En ese sentido, este criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-26	<i>De acuerdo con lo que establece el Reglamento Municipal de Construcción, los campamentos de construcción o de apoyo y todas las obras en general deben: A. Contar con al menos una letrina por cada 20 trabajadores. B. Áreas específicas y delimitadas para la pernocta y/o para la elaboración y consumo de alimentos, con condiciones higiénicas adecuadas (ventilación, miriñaques, piso de cemento, correcta iluminación, lavamanos, entre otros). C. Establecer las medidas necesarias para el almacenamiento, retiro, transporte disposición final de los residuos sólidos generados. D. Establecer medidas para el correcto manejo, almacenamiento, retiro, transporte y disposición final de los residuos peligrosos.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no requiere la instalación de campamentos de construcción o de apoyo. En ese sentido, este criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-27	<i>En el diseño y construcción de los sitios de disposición final de Residuos Sólidos Urbanos se deberán colocar en las celdas para residuos y en el estanque de lixiviados, una geomembrana de polietileno de alta densidad o similar, con espesor mínimo de 1.5 mm. Previo a la colocación de la capa protectora de la geomembrana se deberá acreditar la aprobación de las pruebas de hermeticidad de las uniones de la geomembrana por parte de la autoridad que supervise su construcción.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

No se contempla la construcción de obras para la disposición final de residuos. El contexto de éste criterio no es aplicable al proyecto en cuestión.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-28	<i>La disposición de materiales derivados de obras, excavaciones o dragados sólo podrá realizarse en sitios autorizados por la autoridad competente, siempre y cuando no contengan residuos sólidos urbanos, así como aquellos que puedan ser catalogados como peligrosos por la normatividad vigente.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no generará residuos peligrosos, ni materiales derivados de obras, excavaciones o dragados, pues estas no son actividades que formen parte del proceso de cambio de uso de suelo. Los residuos sólidos urbanos serán tratados en forma independiente, y serán trasladados al relleno sanitario de la ciudad de Cancún.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-29	<i>La disposición final de residuos sólidos únicamente podrá realizarse en los sitios previamente aprobados para tal fin.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Los residuos sólidos urbanos que se generen durante el cambio de uso de suelo, serán trasladados al relleno sanitario de la ciudad de Cancún.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-30	<i>Los desechos biológico infecciosos no podrán disponerse en el relleno sanitario y/o en depósitos temporales de servicio municipal.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no será generador de desechos biológico infecciosos en ninguna de sus etapas de desarrollo, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-31	<i>Los sitios de disposición final de RSU deberán contar con un banco de material pétreo autorizado dentro del área proyectada, mismos que se deberá ubicar aguas arriba de las celdas de almacenamiento y que deberá proveer diariamente del material de cobertura.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

No se tiene proyectada la construcción de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos; por lo que éste criterio no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-32	<i>Se prohíbe la quema de basura, así como su entierro o disposición a cielo abierto.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En ninguna etapa del proyecto se tiene contemplada la quema de basura, su entierro o disposición, sea temporal o final, a cielo abierto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-33	<i>Todos los proyectos deberán contar con áreas específicas para el acopio temporal de los residuos sólidos. En el caso de utilizar el servicio municipal de colecta, dichas áreas deben ser accesibles a la operación del servicio.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Se dispondrá de un área específica para el acopio temporal de residuos sólidos urbanos, los cuales serán trasladados al relleno sanitario de la ciudad de Cancún.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-34	<i>El material pétreo, sascab, piedra caliza, tierra negra, tierra de desplame, madera, materiales vegetales y/o arena, que se utilice en la construcción de un proyecto, deberá provenir de fuentes y/o bancos de material autorizados.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proceso de cambio de uso de suelo que se somete a evaluación, no requiere el uso de materiales pétreos, sascab, piedra caliza, tierra negra, tierra de despame, madera, materiales vegetales y/o arena, para procesos constructivos, pues estos no forman parte de las actividades que integran el presente estudio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-35	<i>En la superficie en la que por excepción la autoridad competente autorice la remoción de la vegetación, también se podrá retirar el suelo, subsuelo y las rocas para nivelar el terreno e instalar los cimientos de las edificaciones e infraestructura, siempre y cuando no se afecten los ríos subterráneos que pudieran estar presentes en los predios que serán intervenidos.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Corresponde a esta autoridad determinar la superficie de cambio de uso de suelo para el presente proyecto; así como la autorización de las actividades que en dicha superficie se lleven a cabo.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-36	<i>Los desechos orgánicos derivados de las actividades agrícolas, pecuarias y forestales deberán aprovecharse en primera instancia para la recuperación de suelos, y/o fertilización orgánica de cultivos y áreas verdes, previo composteo y estabilización y ser dispuestos donde lo indique la autoridad competente en la materia.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica la realización de actividades agrícolas, pecuarias o forestales, por lo que éste criterio no es aplicable en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-37	<i>Todos los proyectos que impliquen la remoción de la vegetación y el despalme del suelo deberán realizar acciones para la recuperación de la tierra vegetal, realizando su separación de los residuos vegetales y pétreos, con la finalidad de que sea utilizada para acciones de reforestación dentro del mismo proyecto o donde lo disponga la autoridad competente en la materia, dentro del territorio municipal.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Durante el despalme del terreno, se llevará a cabo el rescate de la tierra vegetal (sustrato con materia orgánica), previa separación de los residuos vegetales y pétreos, con la finalidad de que sea utilizada para el enriquecimiento de áreas verdes, y un porcentaje para el rescate y mantenimiento de las plantas; en caso de tener excedentes, estos se dispondrán donde la autoridad competente en la materia lo determine.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-38	<i>No se permite la transferencia de densidades de cuartos de hotel, residencias campestres, cabañas rurales y/o cabañas ecoturísticas de una unidad de gestión ambiental a otra.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla la construcción de cuartos de hotel, residencias campestres, cabañas rurales y/o cabañas ecoturísticas; por lo que éste criterio no es aplicable en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-39	<i>El porcentaje de desmonte permitido en cada UGA que impliquen el cambio de uso de suelo de la vegetación forestal, solo podrá realizarse cuando la autoridad competente expida por excepción las autorizaciones de cambio de uso de suelo de los terrenos forestales.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El presente documento técnico unificado, en su modalidad A, se somete a evaluación ante esta autoridad con la finalidad de obtener la autorización para llevar a cabo el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

## 2. CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA DE CARÁCTER ESPECÍFICO

Los criterios específicos aplicables al predio del proyecto, son los que se enlistan en el siguiente cuadro:

Recursos y procesos prioritarios	Clave	Criterios de Regulación Ecológica													
		01	02	03	04	07	08	09	10	11	12	13	14		
Agua	URB	15	16	17	18										
Suelo y subsuelo		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29			
Flora y fauna		30	31	32	33	34	35	36	38	40	41	42			
Paisaje		43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
		55	56	57	58	59									

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-01	<i>En tanto no existan sistemas municipales para la conducción y tratamiento de las aguas residuales municipales, los promoventes de nuevos proyectos, de hoteles, fraccionamientos, condominios, industrias y similares, deberán instalar y operar por su propia cuenta, sistemas de tratamiento y reciclaje de las aguas residuales, ya sean individuales o comunales, para satisfacer las condiciones particulares que determinen las autoridades competentes y las normas oficiales mexicanas aplicables en la materia.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En esta etapa del proyecto que se somete a evaluación, que no implica procesos constructivos, se instalarán sanitarios móviles para el manejo de las aguas residuales que se generen durante el cambio de uso de suelo, a razón de 1 por cada 10 trabajadores; y en su caso, la empresa arrendadora de dichos sanitarios, será la responsable de llevar a cabo su retiro del predio y disposición final.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-02	<i>A fin de evitar la contaminación ambiental y/o riesgos a la salud pública y sólo en aquellos casos excepcionales en que el tendido de redes hidrosanitarias no exista, así como las condiciones financieras, socioeconómicas y/o topográficas necesarias para la introducción del servicio lo ameriten y justifiquen, la autoridad competente en la materia podrá autorizar a personas físicas el empleo de biodigestores para que en sus domicilio particulares se realice de manera permanente un tratamiento de aguas negras domiciliarias. Estos sistemas deberán estar aprobados por la autoridad ambiental competente.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En esta etapa del proyecto que se comete a evaluación, que no implica procesos constructivos, se instalarán sanitarios móviles para el manejo de las aguas residuales que se generen durante el cambio de uso de suelo, a razón de 1 por cada 10 trabajadores; y en su caso, la empresa arrendadora de dichos sanitarios, será la responsable de llevar a cabo su retiro del predio y disposición final.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-03	<i>En zonas que ya cuenten con el servicio de drenaje sanitario, el usuario estará obligado a conectarse a dicho servicio. En caso de que a partir de un dictamen técnico del organismo operador resulte no ser factible tal conexión, se podrán utilizar sistemas de tratamiento debidamente certificados y contar con la autorización para la descargas por la CONAGUA.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En esta etapa del proyecto que se comete a evaluación, que no implica procesos constructivos, se instalarán sanitarios móviles para el manejo de las aguas residuales que se generen durante el cambio de uso de suelo, a razón de 1 por cada 10 trabajadores; y en su caso, la empresa arrendadora de dichos sanitarios, será la responsable de llevar a cabo su retiro del predio y disposición final.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-04	<i>Los sistemas de producción agrícola intensiva (invernaderos, hidroponía y viveros) que se establezcan dentro de los centros de población deben reducir la pérdida del agua de riego, limitar la aplicación de agroquímicos y evitar la contaminación de los mantos freáticos.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

No se contempla realizar actividades de producción agrícola, por lo que éste criterio no es aplicable al proyecto en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-07	<i>No se permite la disposición de aguas residuales sin previo tratamiento hacia los cuerpos de agua, zonas inundables y/o subsuelo, por lo que se promoverá que se establezca un sistema integral de drenaje y tratamiento de aguas residuales.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En esta etapa del proyecto que se comete a evaluación, que no implica procesos constructivos, se instalarán sanitarios móviles para el manejo de las aguas residuales que se generen durante el cambio de uso de suelo, a razón de 1 por cada 10 trabajadores; y en su caso, la empresa arrendadora de dichos sanitarios, será la responsable de llevar a cabo su retiro del predio y disposición final.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-08	<i>En las zonas urbanas y sus reservas del Municipio de Benito Juárez se deberán establecer espacios jardinados que incorporen elementos arbóreos y arbustivos de especies nativas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Si bien el proyecto contempla la conservación de áreas con vegetación natural, al final del cambio de uso de suelo, se contempla la conformación de áreas verdes ajardinadas en donde se albergarán elementos arbóreos y arbustivos de especies nativas, a fin de dar cumplimiento a este criterio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-09	<i>Para mitigar el aumento de la temperatura y la sensación térmica en las zonas urbanas, mejorar el paisaje, proteger las zonas de infiltración de aguas y recarga de mantos acuíferos, dotar espacios para recreación y mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos en general, deben existir parques y espacios recreativos que cuenten con elementos arbóreos y arbustivos y cuya separación no será mayor a un kilómetro entre dichos parques.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Si bien el proyecto contempla la conservación de áreas con vegetación natural, al finalizar el cambio de uso de suelo se conformarán de áreas verdes ajardinadas en donde se establecerán elementos arbóreos y arbustivos de especies nativas que contribuirán en parte a la mitigación del aumento en la temperatura y a la captación e infiltración de agua favoreciendo la recarga del manto acuífero; sin embargo, en lo que se refiere a obras de equipamiento como parques y espacios recreativos a los que hace referencia este criterio, es importante mencionar que dichas obras no tienen relación alguna con el proyecto final; por lo que el presente criterio se considera de observancia para el promovente.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-10	<i>Los cenotes, rejolladas inundables y cuerpos de agua presentes en los centros de población deben formar parte de las áreas verdes, augurando que la superficie establecida para tal destino del suelo garantice el mantenimiento de las condiciones ecológicas de dichos ecosistemas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En los polígonos de aprovechamiento del proyecto no se registraron cenotes, rejolladas inundables y cuerpos de agua, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-11	<i>Para el ahorro del recurso agua, las nuevas construcciones deberán implementar tecnologías que aseguren el ahorro y uso eficiente del agua.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El presente estudio, no somete a evaluación la construcción de obras; por lo tanto, el alcance de este criterio no es aplicable al cambio de uso de suelo que se propone, el cual se ciñe exclusivamente a la remoción de vegetación forestal; y en su caso, será responsabilidad del promovente el cumplimiento de este lineamiento, cuando se someta a evaluación la etapa constructiva del proyecto, ante las autoridades competentes.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-12	<i>En las plantas de tratamiento de aguas residuales y de desactivación de lodos deberán implementarse procesos para la disminución de olores y establecer franjas de vegetación arbórea de al menos 15 m de ancho que presten el servicio de barreras dispersantes de malos olores dentro del predio que se encuentren dichas instalaciones.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El presente estudio, no somete a evaluación la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales; por lo tanto, el alcance de este criterio no es aplicable al cambio de uso de suelo que se propone, el cual se ciñe exclusivamente a la remoción de vegetación forestal.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-13	<i>La canalización del drenaje pluvial hacia espacios verdes, cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción, debe realizarse previa filtración de sus aguas con sistemas de decantación, trampas de grasas y sólidos, u otros que garanticen la retención de sedimentos y contaminantes. Dicha canalización deberá ser autorizada por la Comisión Nacional del Agua.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Dada la naturaleza de la etapa del proyecto que se somete a evaluación, este no requiere drenaje pluvial, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-14	<i>Los crematorios deberán realizar un monitoreo y control de sus emisiones a la atmósfera.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica la construcción de crematorios, por lo que éste criterio no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-15	<i>Los cementerios deberán impermeabilizar paredes y pisos de las fosas, con el fin de evitar contaminación del suelo, subsuelo y manto freático.</i>



- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica la construcción de cementerios, por lo que éste criterio no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-16	<i>Los proyectos en la franja costera dentro de las UGA urbanas deberán tomar en cuenta la existencia de las bocas de tormenta que de manera temporal desaguan las zonas sujetas a inundación durante la ocurrencia de lluvias extraordinarias o eventos ciclónicos. Por ser tales sitios zonas de riesgo, en los espacios públicos y privados se deben de realizar obras de ingeniería permanentes que en una franja que no será menor de 20 m conduzcan y permitan el libre flujo que de manera natural se establezca para el desagüe</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El sitio del proyecto se ubica fuera de la franja costera del Municipio de Benito Juárez, por lo que éste criterio no es aplicable.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-17	<i>Serán susceptible de aprovechamiento los recursos biológicos forestales, tales como semilla, que generen los árboles urbanos, con fines de propagación por parte de particulares, mediante la autorización de colecta se recursos biológicos forestales.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica el aprovechamiento de recursos biológicos forestales, por lo que éste criterio no es aplicable.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-18	<i>Adicional a los sitios de disposición final autorizados de RSU, se debe contar con un área de acopio y retención de residuos especiales, en caso de contingencia, a fin de evitar que se introduzcan en la(s) celda(s).</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla ni tiene relación alguna con sitios de disposición final de RS no con el acopio o retención de residuos especiales.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-19	<i>La autorización emitida por la autoridad competente para la explotación de bancos de materiales pétreos deberá sustentarse en los resultados provenientes de estudios de mecánica de suelos y geohidrológicos que aseguren que no existan afectaciones irreversibles al recurso agua, aun en los casos de afloramiento del acuífero para extracción debajo del manto freático. Estos estudios deberán establecer claramente cuáles serán las medidas de mitigación aplicables al proyecto y los parámetros y periodicidad para realizar el monitoreo que tendrá que realizarse durante todas las etapas del proyecto, incluyendo las actividades de la etapa de abandono.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto que se somete a evaluación comprende únicamente las actividades que darán origen al CUSTF por lo que no tiene relación con la explotación de bancos de materiales pétreos.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
----------	-------------

URB-20	<i>Con el objeto de integrar cenotes, rejolladas, cuevas y cavernas a las áreas públicas urbanas, se permite realizar un aclareo, poda y modificación de vegetación rastrera y arbustiva presente, respetando en todo momento los elementos arbóreos y vegetación de relevancia ecológica, así como la estructura geológica de estas formaciones.</i>
--------	---

- **Vinculación con el proyecto:**

En el predio del proyecto no existen cenotes, rejolladas, cuevas y cavernas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-21	<i>Los bancos de materiales autorizados deben respetar una zona de amortiguamiento que consiste en una barrera vegetal alrededor del mismo, conforme lo señala el Decreto 36, del Gobierno del Estado; y/o la disposición jurídica que la sustituya.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla la explotación de bancos de materiales pétreos, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-22	<i>Para evitar la contaminación del suelo y el subsuelo, en las actividades de extracción y exploración de materiales pétreos deberán realizarse acciones de acopio, separación, utilización y disposición final de cualquier tipo de residuos generados, en el marco de lo que establezcan las disposiciones jurídicas aplicables.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla la explotación de bancos de materiales pétreos, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-23	<i>Para reincorporar las superficies afectadas por extracción de materiales pétreos a las actividades económicas del municipio, deberá realizarse la rehabilitación de dichas superficie en congruencia con los usos que prevean los instrumentos de planeación vigentes para la zona.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Los polígonos de aprovechamiento propuestos para el proyecto no presentan evidencias de que hayan formado parte de bancos de materiales pétreos, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-24	<i>Los generadores de Residuos de Manejo Especial y los Grandes Generadores de Residuos Sólidos Urbanos, deberán contar con un plan de manejo de los mismos, en apego a la normatividad vigente en la materia.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Dada la naturaleza del proyecto, este no será generador de residuos de manejo especial, ni generador grande de residuos sólidos urbanos; no obstante, se ejecutará un programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos, el cual se anexa al presente estudio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-25	<i>Para el caso de fraccionamientos habitacionales, el fraccionador deberá construir a su cargo y entregar al Ayuntamiento por cada 1000 viviendas previstas en el proyecto de fraccionamiento, parque o parques públicos recreativos, con sus correspondientes áreas jardinadas y arboladas, con una superficie mínima de 5,000 metros cuadrados, mismos que podrán ser relacionados a las áreas de donación establecidas en la legislación vigente en la materia. Tratándose de fracciones en el número de viviendas previstas en el fraccionamiento, las obras de equipamiento urbano serán proporcionales, pudiéndose construir incluso en predios distintos al fraccionamiento.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El presente estudio, no somete a evaluación la construcción de obras; asimismo se advierte que el mismo no corresponde a un fraccionamiento habitacional.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-26	<i>En las etapas de crecimiento de la mancha urbana considerada por el PDU, para mitigar el aumento de la temperatura y la sensación térmica en las zonas urbanas, mejorar el paisaje, proteger las zonas de infiltración de aguas y recarga de mantos acuíferos, favorecer la función de barrera contra ruido, dotar de especies para recreación y mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos en general, los fraccionamientos deben incorporar áreas verdes que contribuyan al Sistema Municipal de Parques, de conformidad con la normatividad vigente en la materia.</i>

Si bien el proyecto contempla la conservación de áreas con vegetación natural, éstas mitigarán el aumento de la temperatura, mejorarán el paisaje, brindarán zonas de captación de agua y recarga del acuífero y fungirá como una barrera contra el ruido; sin embargo no se contempla la construcción de parques, pues son obras que corresponden no tienen relación con el proyecto final y que corresponden a una etapa que no se somete a evaluación de ésta autoridad.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-27	<i>La superficie ocupada por equipamiento en las áreas verdes no deberá exceder de un 30% del total de la superficie cada una de ellas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Las obras de equipamiento corresponden a la etapa constructiva del proyecto, la cual no se somete a evaluación a través del presente estudio; y en su caso, será responsabilidad del promovente el cumplimiento de este lineamiento, cuando se someta a evaluación la etapa constructiva del proyecto, ante las autoridades competentes.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-28	<i>Para evitar las afectaciones por inundaciones, se prohíbe el establecimiento de fraccionamientos habitacionales así como infraestructura urbana dentro del espacio excavado de las sascaberas en desuso y en zonas donde los estudios indiquen que existe riesgo de inundación (de acuerdo al Atlas de riesgos del municipio oy/ del estado) .</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto propuesto no se pretende realizar en espacios excavados de sascaberas en desuso, ni de zonas sujetas a inundaciones. Por otra parte, es importante mencionar que actualmente no existe un “Atlas de riesgos a nivel Municipal ni Estatal” para Quintana Roo.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-29	<i>En la construcción de fraccionamientos dentro de áreas urbanas, se permite la utilización del material pétreo que se obtenga de los cortes de nivelación dentro del predio. El excedente de los materiales extraídos que no sean utilizados, deberá disponerse en la forma indicada por la autoridad competente en la materia.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Esta etapa del proyecto que se somete a evaluación, no implica procesos constructivos, ya que se ciñe exclusivamente al cambio de uso de suelo, a través de la remoción de vegetación forestal; asimismo el proyecto final no tiene relación con la construcción de fraccionamientos.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-30	<i>En zonas inundables, se deben mantener las condiciones naturales de los ecosistemas y garantizar la conservación de las poblaciones silvestres que la habitan. Por lo que las actividades recreativas de contemplación deben ser promovidas y las actividades de aprovechamiento extractivo y de construcción deben ser condicionadas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En el sitio del proyecto no se registraron zonas inundables, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-31	<i>Las áreas destinadas a la conservación de la biodiversidad y/o del agua que colinden con las áreas definidas para los asentamientos humanos, deberán ser los sitios prioritarios para ubicar los ejemplares de plantas y animales que sean rescatados en el proceso de eliminación de la vegetación.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto se ubica dentro de áreas definidas para asentamientos humanos, por lo que no se trata de áreas destinadas a la conservación de la biodiversidad y/o del agua; por lo que este criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-32	<i>Deberá preservarse un mínimo de 50% de la superficie de los espacios públicos jardinados para que tengan vegetación natural de la zona y mantener todos los árboles nativos que cuenten con DAP mayores a 15 cm, en buen estado fitosanitario y que no representen riesgo de accidentes para los usuarios.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Si bien el proyecto contempla la conservación de áreas con vegetación natural, para dar cumplimiento a este criterio, se preservará el 50% de los espacios ajardinados con vegetación natural, manteniendo todos los árboles nativos que cuenten con DAP mayores a 15 cm, en buen estado fitosanitario y que no representen riesgo de accidentes para los usuarios.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-33	<i>Deberán establecerse zonas de amortiguamiento de al menos 50 m alrededor de las zonas industriales y centrales de abastos que se desarrollen en las reservas urbanas. Estas zonas de amortiguamiento deberán ser dotados de infraestructura de parque público.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no colinda con zonas industriales o centrales de abasto, por lo que éste criterio no es aplicable en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-34	<i>En los programas de rescate de fauna silvestre que deben elaborarse y ejecutarse con motivo de la eliminación de la cobertura vegetal de un predio, de deberá incluir el sitio de reubicación de los ejemplares, aprobado por la autoridad ambiental competente.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En el programa de rescate de fauna que se anexa al presente estudio, se indica el sitio de reubicación de los ejemplares rescatados a fin de que esta autoridad determine lo conducente.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-35	<i>No se permite introducir o liberar fauna exótica en parques y/o áreas de reservas urbanas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla actividades relacionadas con la introducción o liberación de fauna exótica, por lo que éste criterio no es aplicable en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-36	<i>Las áreas con presencia de ecosistemas de manglar dentro de los centros de población deberán ser consideradas como Áreas de Preservación Ecológica para garantizar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales que proveen por lo que no podrán ser modificadas, con el fin de proporcionar una mejor calidad de vida para los habitantes del municipio; con excepción de aquellas que cuenten previamente con un plan de manejo autorizado por la autoridad ambiental competente.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En el sitio del proyecto no se registro la presencia de manglar, por lo que éste criterio no es aplicable en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-38	<i>Las áreas verdes de los estacionamientos descubiertos públicos y privados deben ser diseñadas en forma de camellones continuos y deberá colocarse por lo menos un árbol por cada dos cajones de estacionamiento.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla la construcción de estacionamientos en esta etapa que se somete a evaluación; por lo tanto, el alcance de este criterio no es aplicable al cambio de uso de suelo que se propone, el cual se ciñe

exclusivamente a la remoción de vegetación forestal; y en su caso, será responsabilidad del promovente el cumplimiento de este lineamiento, cuando se someta a evaluación la etapa constructiva del proyecto, ante las autoridades competentes.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-40	<i>En las previsiones de crecimiento de las áreas urbanas colindantes con las ANPs, se deberán mantener corredores biológicos que salvaguarden la conectividad entre los ecosistemas existentes.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no colinda ANPs, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-40	<i>En las previsiones de crecimiento de las áreas urbanas colindantes con las ANPs, se deberán mantener corredores biológicos que salvaguarden la conectividad entre los ecosistemas existentes.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no colinda ANPs, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-41	<i>Los proyectos urbanos deberán reforestar camellones y áreas verdes colindantes a las ANPs y parques municipales deberán reforestar con especies nativas que sirvan de refugio y alimentación para la fauna silvestre, destacando el chicozapote (<i>Manilkara zapota</i>), la guaya (<i>Talisia olivaeformis</i>), capulín (<i>Muntingia calabura</i>), <i>Ficus spp</i>, ente otros.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no es de tipo urbano, predio del proyecto no colinda ANPs ni parques municipales, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-42	<i>Los desarrollos turísticos y/o habitacionales deberán garantizar la permanencia del hábitat y las poblaciones de mono araña <i>Ateles geoffroyi</i> mediante la regulación de los horarios de uso del sitio manteniendo la disponibilidad natural del alimento y sitios de pernocta y reproducción, así como con otras acciones que sean necesarias.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto final no tiene relación alguna con desarrollos turísticos ni habitacionales; asimismo la etapa que se somete a evaluación corresponde únicamente a las actividades que darán paso al CUSTF; por lo que el presente criterio se considera de observancia para el promovente.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-43	<i>Las áreas verdes y en las áreas urbanas de conservación, deberán contar con el equipamiento adecuado para evitar la contaminación por residuos sólidos, ruido, aguas residuales y fecalisms al aire libre.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla la construcción de obras de equipamiento en esta etapa que se somete a evaluación; por lo tanto, el alcance de este criterio no es aplicable al cambio de uso de suelo que se propone, el cual se refiere exclusivamente a la remoción de vegetación forestal; y en su caso, será responsabilidad del promovente el cumplimiento de este lineamiento, cuando se someta a evaluación la etapa constructiva del proyecto, ante las autoridades competentes.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-44	<i>Las autorizaciones municipales para el uso de suelo en los predios colindantes a la zona federal marítimo terrestre y las concesiones de zona federal marítimo terrestre otorgadas por la Federación, deberán ser congruentes con los usos de suelo de la zona que expida el Estado o Municipio.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no colinda con la Zona Federal Marítimo Terrestre, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-45	<i>Para recuperar el paisaje y compensar la pérdida de vegetación en las zonas urbanas, en las actividades de reforestación designadas por la autoridad competente, se usarán de manera prioritaria especies nativas acordes a cada ambiente.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Se dará cumplimiento a este criterio en caso de que las autoridades competentes designen la realización de actividades de reforestación como parte del desarrollo del proyecto, tal como lo establece el lineamiento en comento.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-46	<i>El establecimiento de actividades de la industria concretera y similares debe ubicarse a una distancia mínima de 500 metros del asentamiento humano más próximo y debe contar con barreras naturales perimetrales para evitar la dispersión de polvos.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto comercial que se propone sólo refiere al CUSTF; no obstante se advierte que a fin de minimizar el impacto al paisaje y ante la ocurrencia de fenómenos naturales adversos, se optó por la conservación de áreas verdes naturales en la perimetral del predio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-47	<i>Se establecerán servidumbres de paso y accesos a la zona federal marítimo terrestre y el libre paso por la zona federal a una distancia máxima de 1000 metros entre estos accesos, de conformidad con la Ley de Bienes Nacionales y el Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no colinda con Zona Federal Marítimo Terrestre, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-48	<i>En las áreas de aprovechamiento proyectadas se debe mantener en pie la vegetación arbórea y palmas de la vegetación original que por diseño del proyecto coincidan con las áreas destinadas a camellones, parques, áreas verdes, jardines, áreas de donación o áreas de equipamiento, de tal forma que estos individuos se integren al proyecto.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Se mantendrá en pie la vegetación arbórea y palmas de la vegetación original que por diseño del proyecto coincidan con áreas verdes y de conservación.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-49	<i>Los proyectos que pretendan realizarse en predios que colinden con playas aptas para la anidación de tortugas marinas, deberán incorporar medidas preventivas que minimicen el impacto negativo a estos animales tanto durante la temporada de arribo y anidación de las hembras como durante el período de desarrollo de los huevos y eclosión de las crías.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no colinda con playas aptas para la anidación de tortugas marinas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-50	<i>Las especies recomendadas para la reforestación de dunas son: Plantas rastreras: Ipomea pes-caprae, Sesuvium portulacastrum, herbáceas: Ageratum litorale, Erythalis fruticosa y arbustos: Tournefortia gnaphalodes, suriana marítima y Coccoloba uvifera y Palmas Thrinax radiata, Coccothrinax readii.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no pretende llevar a cabo la reforestación de dunas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-51	<i>La selección de sitios para la rehabilitación de dunas y la creación infraestructura de retención de arena deberá tomar en cuenta los siguientes criterios:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>▣ <i>Que haya evidencia de la existencia de dunas en los últimos 20 años.</i></li> <li>▣ <i>Que los vientos prevalecientes soplen en dirección a ala dunas.</i></li> <li>▣ <i>Que existan zonas de dunas pioneras (embrionarias) en la playa en la que la arena esté constantemente seca, para que constituya la fuente de aportación para la duna.</i></li> <li>▣ <i>Las cercas de retención deberán ser biodegradables, con altura aproximada de 1.2 m y con 50% de porosidad y ubicadas en paralelo a la costa.</i></li> <li>▣ <i>Las dunas rehabilitadas deberán ser reforestadas.</i></li> </ul>

- **Vinculación con el proyecto:**



El proyecto no pretende llevar a cabo la rehabilitación de dunas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-52	<p>En las playas de anidación de tortugas marinas se deben realizar las siguientes medidas precautorias:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▫ Evitar la remoción de la vegetación nativa y la introducción de especies exóticas en el hábitat de anidación.</li> <li>▫ Favorecer y propiciar la regeneración natural de la comunidad vegetal nativa y el mantenimiento de la dinámica de acumulación de arena del hábitat de anidación.</li> <li>▫ Retirar de la playa, durante la temporada de anidación, cualquier objeto movable que tenga la capacidad de atrapar, enredar o impedir el paso de las tortugas anidadoras y sus crías.</li> <li>▫ Eliminar, reorientar o modificar cualquier instalación o equipo que durante la noche genere una emisión o reflexión de luz hacia la playa de anidación o cause resplandor detrás de la vegetación costera, durante la época de anidación y emergencia de crías de tortuga marina.</li> <li>▫ Orientar los tipos de iluminación que se instalen cerca de las playas de anidación, de tal forma que su flujo luminoso sea dirigido hacia abajo y fuera de la playa, usando alguna de las siguientes medidas para la mitigación del impacto: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Luminarias direccionales o provistas de mamparas o capuchas.</li> <li>b) Focos de bajo voltaje (40 watts) o lámparas fluorescentes compactas de luminosidad equivalente.</li> <li>c) Fuentes de luz de coloración amarilla o roja, tales como las lámparas de vapor de sodio de baja presión.</li> </ul> </li> <li>▫ Tomar medidas para mantener fuera de la playa de anidación, durante la temporada de anidación, el tránsito vehicular y el de cualquier animal doméstico que pueda perturbar o lastimar a las hembras, nidadas y crías. Sólo pueden circular los vehículos destinados para tareas de monitoreo y los correspondientes para el manejo y protección de las tortugas marinas, sus nidadas y crías.</li> </ul>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no se llevará a cabo en playas de anidación de tortugas marinas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-53	Las obras y actividades que son susceptibles de ser desarrolladas en las dunas costeras deberán evitar la afectación de zonas de anidación y de agregación de especies, en lo particular aquellas que formen parte del hábitat de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-54	En las dunas no se permite la instalación de tuberías de drenaje pluvial, la extracción de arena, ni ser utilizadas como depósitos de la arena o sedimentos que se extraen de los dragados que se realizan para mantener la profundidad en los canales de puertos, bocas de lagunas o lagunas costeras.

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no se llevará a cabo en dunas, por lo que estos criterios sólo se consideran de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-55	La construcción de infraestructura permanente o temporal debe quedar fuera de las dinas pioneras (embrionarias).
CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-56	En las dunas primarias podrá haber construcciones de madera o material degradable y piloteadas (p.e. casas tipo palafito o andadores), detrás de la cara posterior del primer cordón y evitando la invasión sobre la corona o cresta de estas dunas.

	<i>El pilotaje deberá ser superficial (hincado a golpes), no cimentado y deberá permitir el crecimiento de la vegetación, el transporte de sedimentos y el paso de fauna, por lo que se recomienda que tenga al menos un metro de elevación respecto al nivel de la duna. Esta recomendación deberá revisarse en regiones donde hay fuerte incidencia de huracanes, ya que en estas áreas constituyen un sistema importante de protección, por lo que se recomienda, después de su valoración específica, dejar inalterada esta sección del sistema de dunas.</i>
--	---

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no se llevará a cabo en zona de dunas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-57	<i>La restauración de playas deberá realizarse con arena que tenga una composición química y granulometría similar a la de la playa que se va a rellenar. El material arenoso que se empleará en la restauración de playas deberá tener la menor concentración de materia orgánica, arcilla y limo posible para evitar que el material se consolide formando escarpes pronunciados en las playas por efecto del oleaje.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla actividades de restauración de playas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-58	<i>Se prohíbe la extracción de arena en predio ubicados sobre la franja litoral del municipio con cobertura de matorral costero.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no se ubica sobre la franja litoral del municipio, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-59	<i>En las áreas verdes los residuos vegetales producto de las podas y deshierbes deberán incorporarse al suelo después de su composteo. Para mejorar la calidad del suelo y de la vegetación.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Las podas y deshierbes de las áreas verdes que contempla el proyecto, corresponden a la etapa operativa de la obra, la cual no se somete a evaluación a través del presente estudio; y en su caso, será responsabilidad del promovente el cumplimiento de este lineamiento, cuando se someta a evaluación la etapa operativa del proyecto, ante las autoridades competentes.

## 7. PROGRAMA PARCIAL DE DESARROLLO URBANO

El predio en donde se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo del proyecto está regulado en materia urbana por el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Puerto Morelos, el cual constituye un instrumento que responde a las circunstancias particulares de una nueva área de crecimiento urbano que hay que ordenar y regular, y cuyo objetivo consiste en definir y establecer las estrategias, criterios y acciones

para el desarrollo integral económico, turístico, ecológico y urbano de esta zona, además de orientar y regular la distribución de las actividades y de las inversiones en el territorio, definiendo así, los instrumentos para la administración y operación urbana

De acuerdo al PDU, el predio del proyecto se ubica dentro del uso de suelo denominado Mixto Comercial y Servicios MCS; lo que confirma la viabilidad del proyecto en virtud de que para poder dar uso al predio bajo los destinos de suelo establecidos, se tiene que partir de realizar el CUSTF propuesto para posteriormente desarrollarse en materia urbana en apego a dicho instrumento. Cabe señalar que dentro de las normas particulares para este uso de suelo se tiene que:

#### Normas particulares

Superficie mínima del terreno 250 m<sup>2</sup>

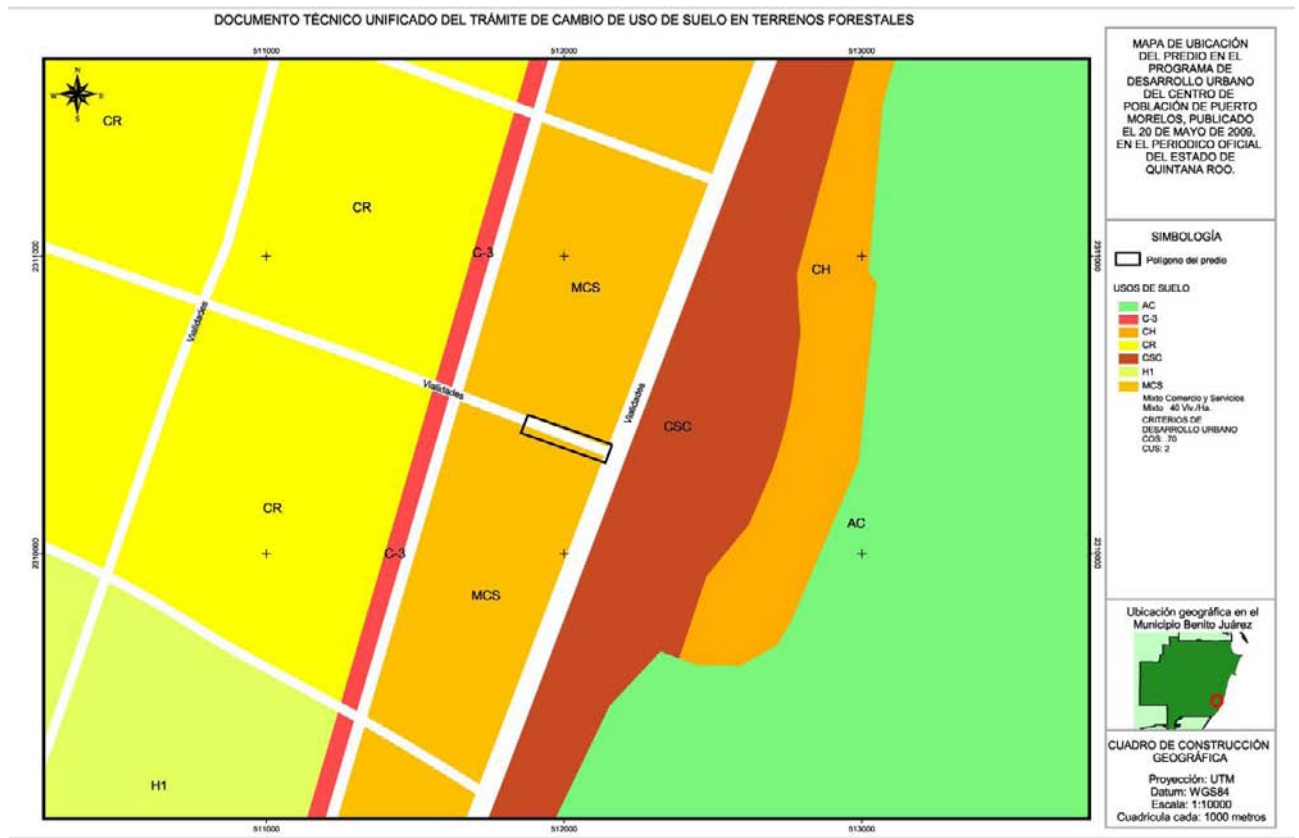
Frente mínima del terreno: 10 m<sup>2</sup>

Coefficiente de modificación del suelo 0.8

La restricción frontal o a la vía pública será de 10 metros, en esta superficie se deberá tener un mínimo del 60 por ciento como área verde.

Respecto a las normas arriba citada, se advierte que el proyecto da cumplimiento a todas ellas en virtud de que la superficie del terreno y el frente del mismo son por mucho mayores a las establecidas en el instrumento regulador. Asimismo, como se mencionó en capítulos previos, la superficie que se pretende aprovechar corresponde al 61.20% del predio, manteniendo áreas con vegetación en la perimetral del predio y respetando a su vez la restricción citadas.

Asimismo, por lo que toca a los parámetros de densidad, alturas y demás relativos a la construcción y operación de las obras que pretendan desplantarse en el sitio, en su momento serán sometidos a evaluación ante las autoridades competentes, siendo responsabilidad de su promovente el dar cumplimiento a los lineamientos establecidos. En virtud de lo anterior y considerando que la autorización solicitada es en materia forestal para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales, se advierte que la vinculación y/o cumplimiento de dichos parámetros queda fuera del alcance del proyecto que se propone en el presente estudio.



Ubicación del terreno forestal respecto al PDU aplicable

## 8. NORMAS OFICIALES MEXICANAS

### 8.1. 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.

## 9. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

La zona en la que se ubica el terreno forestal que pretende aprovecharse se encuentra fuera de cualquier área natural protegida decretada tal como se muestra en la siguiente imagen.



*Áreas protegidas cercanas al sitio del proyecto.*

## 10. REGIONES PRIORITARIAS

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).

### 10.1. Regiones terrestre prioritarias

El proyecto se ubica fuera de las regiones terrestres prioritarias que han sido decretadas oficialmente, tal como se muestra en el plano de la página siguiente.

### 10.2. Regiones Marinas Prioritarias

El predio del proyecto se ubica dentro de la RMP número 63 denominada Punta Maroma-Punta Nizuc (ver plano página siguiente). Según la CONABIO, las principales problemáticas de esta región son las siguientes:

- ✓ Modificación del entorno: por tala de manglar, relleno de áreas inundables (pérdida de permeabilidad de la barra), remoción de pastos marinos, construcción sobre bocas, modificación de barreras naturales. Daño al ambiente por embarcaciones pesqueras, mercantes y turísticas. Existe deforestación (menor retención de agua) e impactos humanos (Cancún y otros desarrollos turísticos). Blanqueamiento de corales.
- ✓ Contaminación: por descargas urbanas y falta de condiciones de salubridad.
- ✓ Uso de recursos: presión sobre peces (boquinete) y langostas. Pesca ilegal en la laguna Chakmochuk; campamentos irregulares en el área continental del Municipio de Isla Mujeres.
- ✓ Especies introducidas de *Cassuarina* spp y *Columbrina* spp.

Con base en lo anterior se puede asumir que el proyecto no contribuye con la problemática que acontece en la región marina en comento, toda vez que no promueve obras o actividades en el área marina o que pudieran afectar la misma, así también se advierte que el proyecto no tiene relación con especies exóticas, actividades turísticas, pesqueras o ecosistemas de mangle y/o zonas inundables; lo anterior toda vez que sólo refiere a las actividades que darán paso al CUSTF de conformidad con la legislación vigente.

### 10.3. Regiones hidrológicas prioritarias

El predio del proyecto se ubica dentro de la región hidrológica número 105 denominada Corredor Cancún-Tulum (ver plano página siguiente). 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, deforestación, 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.

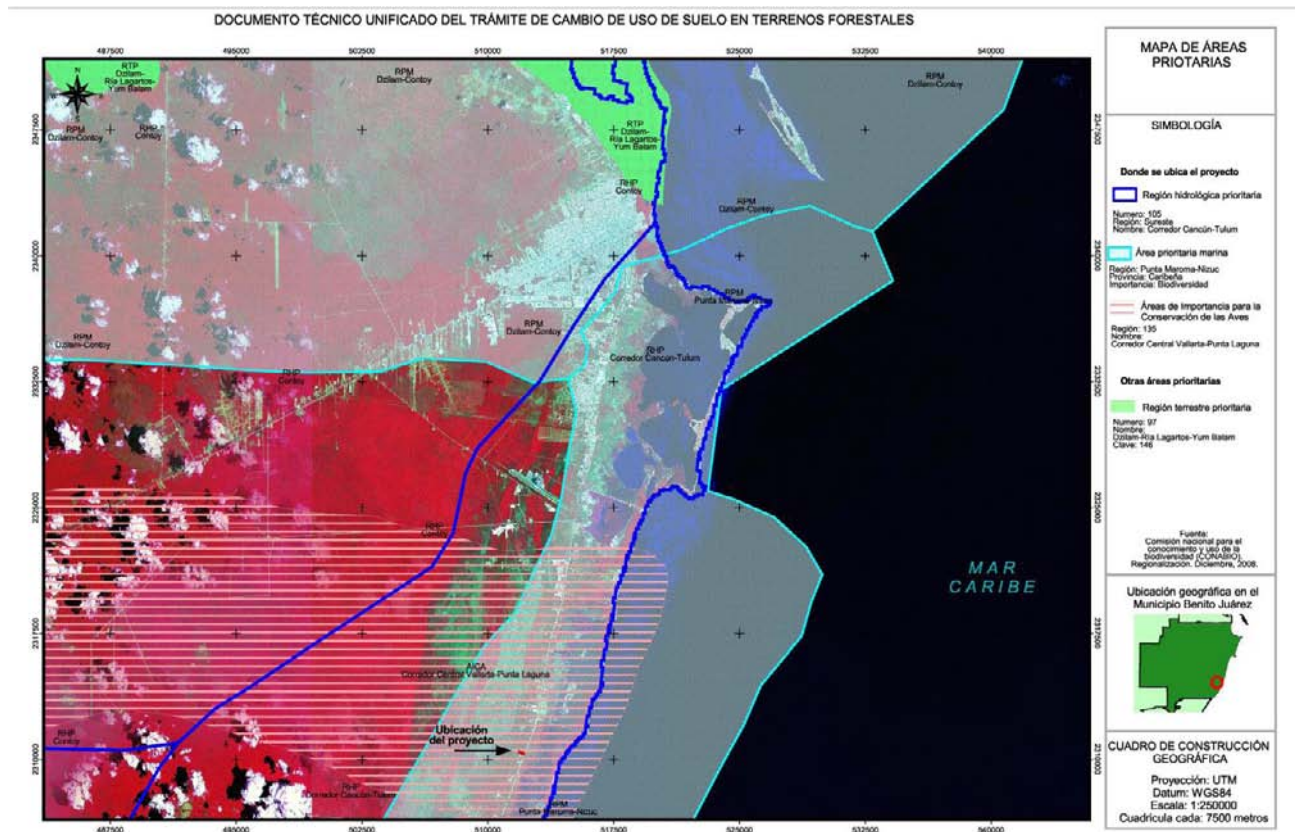
Respecto de la problemáticas señaladas en las RHP sobre la que se alberga el predio del proyecto, se advierte que el mismo sólo considera llevar a cabo el cambio de uso del suelo a través de la remoción de vegetación forestal, acorde a lo establecido en los distintos instrumentos normativos aplicables; por lo tanto, no promueve actividades turísticas ni pretende deforestar. Asimismo se consideran las medidas necesarias para evitar la contaminación de los recursos naturales a causa de las aguas residuales y desechos sólidos (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, especies de mangle, etc.

### 10.4. Áreas de importancia para la conservación de las aves

El programa de las áreas de importancia para la conservación de las aves (AICAS), surgió como una idea conjunta de la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la preservación de las aves (CIPAMEX) y

BirdLife International. Inició con apoyo de la Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA) con el propósito de crear una red regional de áreas importantes para la conservación de las aves. Cada área o AICA contiene una descripción técnica que incluye descripción biótica y abiótica, un listado avifaunístico que incluye las especies registradas en la zona, su abundancia (en forma de categorías) y su estacionalidad en el área.

En relación a lo anterior y de acuerdo con el mapa de áreas de importancia para la conservación de las aves (AICAS), se advierte que el predio del proyecto se encuentra comprendido dentro del AICA denominada Corredor Central Vallarta-Punta Laguna (ver plano siguiente)



*Ubicación del proyecto dentro del plano de áreas prioritarias: CONABIO..*

**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**

**LOTE 41-02**



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 expresión<sup>1</sup>:

$$\text{VET} = \text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO} + \text{VL} + \text{VE}$$

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 el 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 85.852 m<sup>3</sup>, así como los “**Precios de productos forestales maderables**” presentados en el reporte trimestral julio/septiembre de 2013<sup>2</sup>, 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.

<sup>1</sup> <http://www.fao.org/docrep/012/a1250s/a1250s19.pdf>

<sup>2</sup> <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 m<sup>3</sup>), 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.

El LAB para trocería en brecha obtenida en predio considerando los 85.852 m<sup>3</sup> que pueden obtenerse en una superficie de 1.19 ha, 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 **\$113,141.77**.

### 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 de 11933.44 m<sup>2</sup> (1.19 ha) equivalentes al 61.20% 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, es decir, que las 1.19 ha de cambio de uso de suelo representan un valor de 4,284 dólares por concepto de depósitos de carbono, los cuales a un tipo de cambio aproximado de 14.5 pesos mexicanos, corresponden a \$62,118.

### Servicios ambientales hidrológicos

Los montos que a continuación se presentan, se obtuvieron 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.

El pago por el servicio ambiental hidrológico se realiza 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. Por lo tanto, la superficie de cambio de uso de suelo solicitada podría obtener un monto anual por pago de servicios ambientales hidrológicos de \$1,309, lo que en un plazo de 5 años arroja un monto total de \$6,545.

### Protección de la biodiversidad

Los montos que a continuación se presentan, se obtuvieron 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.

El pago por el servicio ambiental por la conservación de la biodiversidad, según las Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2013, puede ser hasta de \$550 pesos por hectárea por año. Por lo tanto, la superficie de cambio de uso de suelo solicitada (1.19 ha) podría obtener un monto anual por pago de servicios ambientales por la protección de la biodiversidad de \$654.5, lo que en un plazo de 5 años arroja un monto total de \$3,272.5.

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 **\$71,935.5**.

### 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.

De acuerdo con 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
Bajo	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 (1.19 ha), con un valor de biodiversidad moderada (ver capítulo 12, índices de biodiversidad), el costo sería de 7.14 dólares, lo cual a un tipo de cambio aproximado de \$ 14.5 pesos mexicanos, asciende a la cantidad de \$**103.53**.

## 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 contingente<sup>3</sup> 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 hipotético, del cual, la oferta se encontró representada por la persona entrevistadora y la demanda

<sup>3</sup> [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lec/leal\\_r\\_cl/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lec/leal_r_cl/capitulo2.pdf)

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 54 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 de 1.19 ha de Selva mediana subperennifolia, para que las futuras generaciones tengan la oportunidad de usarlos.

No.	OCUPACIÓN	MONTO ANUAL SUGERIDO EN PESOS
1	Contador	3,121
2	Biólogo	36,879
3	Ingeniero civil	17,021
4	Médico	24,113
5	Biólogo	31,206
6	Mecánico	18,440
7	Abogado	7,092
8	Ingeniero forestal	2,837
9	Abogado	7,092
10	Arquitecto	2,837
11	Agente de ventas	3,972
12	Ingeniero forestal	21,277
13	Ama de casa	3,404
14	Contador	2,837
15	Veterinario	22,695
16	Biólogo	18,440
17	Biólogo	26,099
18	Médico	41,135
19	Ingeniero agrónomo	14,184
20	Administrador de empresas	12,766

No.	OCUPACIÓN	MONTO ANUAL SUGERIDO EN PESOS
21	Dentista	15,603
22	Abogado	4,255
23	Consultor ambiental	26,950
24	Médico	3,404
25	Ingeniero forestal	19,291
26	Consultor ambiental	24,113
27	Ingeniero civil	34,043
28	Ingeniero agrónomo	4,255
29	Ingeniero civil	3,404
30	Médico	18,440
31	Biólogo	5,106
32	Ingeniero forestal	3,404
33	Ecólogo	31,206
34	Administrador de empresas	3,404
35	Docente	2,837
36	Ecólogo	47,660
37	Docente	18,440
38	Ingeniero ambiental	59,574
39	Biólogo	31,773
40	Ingeniero agrónomo	15,603
41	Biólogo	19,858
42	Ingeniero civil	3,404
43	Biólogo	5,674
44	Ingeniero agrónomo	9,078
45	Médico	46,809
46	Ingeniero civil	63,830
47	Abogado	4,255
48	Docente	2,837
49	Administrador de empresas	15,603
50	Consultor ambiental	18,440
51	Ingeniero civil	34,043
52	Biólogo	7,943
53	Biólogo	28,369
54	Ingeniero forestal	36,879
<b>MONTO TOTAL SUGERIDO</b>		<b>987,234</b>
<b>MEDIA DEL MONTO TOTAL</b>		<b>18,282</b>

En conclusión, se estima que el valor de legado por la preservación de una superficie de Selva mediana subperennifolia equivalente a la que se pretende aprovechar asciende a la cantidad de **\$18,282** 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 particulares<sup>4</sup>.

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

<sup>4</sup> <http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap9/01%20Valor%20economico%20de%20la%20biodiversidad.pdf>

estaría dispuesto a donar una persona, para preservar una superficie equivalente a la que se pretende aprovechar de 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	Ama de casa	1,135
2	Biólogo	17,021
3	Biólogo	5,674
4	Biólogo	9,220
5	Biólogo	13,617
6	Ingeniero forestal	12,057
7	Abogado	1,702
8	Ingeniero forestal	3,972
9	Abogado	2,837
10	Arquitecto	1,135
11	Ama de casa	1,362
12	Ingeniero forestal	8,511
13	Arquitecto	1,348
14	Arquitecto	1,135
15	Biólogo	9,078
16	Biólogo	7,376
17	Biólogo	10,440
18	Ingeniero forestal	16,454
19	Administrador de empresas	5,674
20	Administrador de empresas	5,106
21	Ingeniero ambiental	6,241
22	Abogado	1,702
23	Consultor ambiental	10,780
24	Ama de casa	1,206
25	Ingeniero forestal	7,624
26	Consultor ambiental	9,645
27	Consultor ambiental	13,617
28	Consultor ambiental	1,702
29	Biólogo	1,348
30	Biólogo	7,376
31	Biólogo	2,043
32	Ingeniero forestal	1,362
33	Ecólogo	12,482
34	Administrador de empresas	1,362
35	Docente	1,135
36	Ecólogo	11,348
37	Docente	6,383
38	Ingeniero ambiental	14,184
39	Biólogo	8,156
40	Biólogo	6,241
41	Biólogo	7,943
42	Ama de casa	1,362
43	Biólogo	2,270
44	Biólogo	3,631
45	Ingeniero forestal	18,723
46	Consultor ambiental	25,532
47	Abogado	1,702
48	Docente	1,135
49	Administrador de empresas	6,241
50	Consultor ambiental	7,376
51	Biólogo	13,617

No.	OCUPACIÓN	MONTO ANUAL SUGERIDO
52	Biólogo	3,191
53	Biólogo	11,348
54	Ingeniero forestal	14,752
<b>MONTO TOTAL SUGERIDO</b>		<b>379,610</b>
<b>MEDIA DEL MONTO TOTAL</b>		<b>7,030</b>

En conclusión, se estima que el valor por existencia de una superficie equivalente a la que se pretende aprovechar de Selva mediana subperennifolia, asciende a la cantidad de **\$7,030**.

### CÁLCULO DEL VALOR ECONÓMICO TOTAL

Valor Económico Total (VET):

$$\begin{aligned} \text{VET} &= \text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO} + \text{VL} + \text{VE} \\ \text{VET} &= 113,141.77 + 71,935.5 + 103.53 + 18,282 + 7,030 \\ \text{VET} &= \text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO} + \text{VL} + \text{VE} \end{aligned}$$

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 **\$210,492.8 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 el mantenimiento de áreas verdes, 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 localidad de Puerto Morelos es de aproximadamente 300.00 por metro cubico, sin embargo por las razones antes mencionadas sólo se determina que existen aproximadamente 1,351 m<sup>3</sup> 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 **\$ 405,300**.

Sin embargo, es necesario aclarar que dicha información solo 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) m<sup>3</sup> 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 60.096 m<sup>3</sup> rollo; realizando los cálculos se obtendría la cantidad de 46.21 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 \$ 55,452.

**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**

# LOTE 41-02

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.

## 1. ESCENARIOS PARA LA RESTAURACIÓN

### 1.1. ESCENARIO 1

Ser 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.

#### 1.1.1. 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 1,351 m<sup>3</sup> de tierra, así como la dispersión de 43 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, como son: *Gliricidia sepium* (cacoche), *Lysiloma latisiliquum* (tzalam), *Piscidia piscipula* (jabón), *Randia longiloba* (cruceta), *Coccothrinax readii* (nacax) y *Thrinax radiata* (palma chit).

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 43 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.

## 1.2. ESCENARIO 2

### 1.2.1. 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 sequias, deja de ser un posible factor de riesgo para el proceso de restauración de la vegetación.

## 1.3. ESCENARIO 3

### 1.3.1. 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.

## 2. PROCESO DE RESTAURACIÓN DE LA VEGETACIÓN

### 2.1. 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

## 3. 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 1.19 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 1.19 ha., tomando como referencia los costos de restauración citados en el acuerdo ya referido.

### 3.1. 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 1,351 m<sup>3</sup> como se mencionó anteriormente; en el Municipio de Benito Juárez, 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 \$405,300.

**Transporte de la tierra.** Para el transporte de la tierra se ocuparán camiones de volteo con la capacidad de 14 m<sup>3</sup> de tierra por viaje, por lo que se rentaría 1 camiones para realizar aproximadamente 10 viajes para el transporte de los 1,351 m<sup>3</sup> 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 10 viajes, se requeriría 10 días para realizar dichos trabajos, por lo que en resumen el costo de transporte de la tierra alcanza un precio de \$ 5,000.

**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 hectáreas, por lo que basta con 5 horas para poder dispersar la tierra fértil adquirida sobre una superficie de 1.19 hectáreas de la superficie de CUSTF, lo cual generaría un costo de \$35,000 para la realización de esta actividad.

**Costo total.** En resumen, el regresar la tierra orgánica a su situación actual, tendrá un costo de **\$ 445,300** considerando las actividades de compra y acarreo de la tierra, así como su dispersión dentro de la superficie de CUSTF.

### 3.2. 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 25,146 plántulas en condición de regeneración, el costo de producción de igual número de plantas sería de \$37,719.

**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 25,146 plántulas para el establecimiento de la vegetación de regeneración, el número de jornales requeridos sería igual a 252 y por lo tanto se tiene como resultado que las actividades de sembrado tendría un costo total de: \$ 50,400.

**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 43 kg de semillas, las cuales tienen un costo de \$450.00 pesos por kilogramo; por lo que al hacer la multiplicación por el número de kilogramos requeridos, nos da un total de \$ 19,350.

**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 4.3 jornales para la dispersión de los 43 kg de semillas, lo que nos da un costo total de \$ 860 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 **\$ 109,529**.

### 3.3. 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 \$2000 pesos anuales por cuestiones de protección (según experiencias previas en campo) y que en 15 años asciende a la cantidad de **\$ 30,000**.

### 3.4. 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	10058*	15087
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	10058*	15087
Deshierbe	Deshierbe/ha	2000	1.19	2380
<b>Costo total</b>				<b>32954</b>

\* Representa el 40% de las 25,146 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 \$ **32,954**.

### **3.5. 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 \$ **11,900** por concepto de asesoría en una superficie equivalente a 1.19 ha de cambio de uso de suelo.

## **4. 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 1.19 ha en un plazo de hasta 15 años, de acuerdo con los cálculos citados en los numerales anteriores, asciende a la cantidad de \$**629,683**.

## **5. ESTRUCTURA Y FUNCIONALIDAD DEL ECOSISTEMA**

La estructura y función del ecosistema provee varios bienes y servicios a las personas: suministro y purificación del agua, reciclaje de nutrientes, descomposición de desechos, regulación del clima, mantenimiento de la biodiversidad.

La vegetación juega un rol fundamental ya que favorece la recarga de los mantos acuíferos (aguas subterráneas) de donde obtenemos gran parte del agua que utilizamos en nuestra vida diaria; es el hogar de la fauna silvestre, plantas, insectos y de muchos organismos microscópicos importantes para el equilibrio de la vida y la biodiversidad. Los árboles y las plantas capturan el bióxido de carbono del aire y liberan oxígeno al ambiente, creando de esta manera tan compleja hermosos paisajes, lugares de descanso y espacios para llevar a cabo actividades educativas, recreativas y turísticas; también disminuyen los efectos de fenómenos naturales como huracanes, ciclones o tormentas que pueden causar inundaciones, deslaves u otros, desastres y nos proporcionan frutos, madera y diversas materias primas para fabricar medicinas, y alimentos.

La cobertura forestal en el predio es relativamente homogénea en su condición ya que como se ha mencionado con anterioridad, presenta cierto grado de impacto, este nivel de impactos antropogenicos y naturales (huracanes) ha generado que la vegetación del predio, esté alterada y en consecuencia quizá ha propiciado la migración de ejemplares de fauna silvestre hacia predio mejor conservados; lo anterior considerando también que se encuentra a pie de la carretera federal.

Sin embargo bajo las condiciones actuales, aun prevalece la generación de servicios ambientales importantes. Lo anterior, conllevará a que, si bien la modificación de la vegetación a realizar por la implementación del proyecto, afectará en parte la función del ecosistema como resultado de la modificación de la interacción de las plantas, animales, y otros microorganismos entre sí o con su ambiente, este será en mínima parte, ya que como se ha dicho el predio a pérdida parte su capacidad de habitat de fauna silvestre por su cercanía a la carretera y la que aun persiste encuentra adaptada a dichas perturbaciones.

En el presente capítulo, se realizó una estimación del costo de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso del suelo, esto en caso de que se requiera restaurar el área para recuperar parcial o



totalmente las funciones originales del mismo y mantener las condiciones que propicien su persistencia y evolución, lo anterior se entendería sólo en caso de que ya no se quisiera o se desistiera de la realización del proyecto, tomando en cuenta esto y como una de las partes fundamentales para restaurar un área en las condiciones actuales en que se encuentra o en caso de realizarse el desmonte por la implementación del proyecto, corresponde a la reforestación, esto sin dejar a un lado las acciones que conllevan antes y después de dicha actividad para lo cual en dicho cuadro también se plantean recursos para realizar dichas acciones.

Por lo anterior se plantearon escenarios a corto, mediano y largo plazo, para la restauración de un área, donde primero se observaron las condiciones en que se encuentra dicha área, es por eso y tomando en cuenta lo mencionado en los párrafo anteriores, podríamos decir que a corto plazo la actividad que se realizaría, sería la adecuación del área y la reforestación, desde ese momento se puede plantear que a partir de esta actividad se estaría restaurando el área, lo anterior debido a que el aumento de la superficie boscosa favorece la retención del suelo, mitigando los fenómenos de erosión y degradación, una mayor cubierta vegetal retiene y limpia el caudal de agua realizando funciones de filtro natural.

El mantenimiento de la reforestación y el cuidado de las áreas nos darían resultados a mediano plazo, ya que la restauración del medio natural supone un nuevo hábitat para el desarrollo de vida silvestre. La presencia de masas boscosas modifica las condiciones microclimáticas locales, dando lugar a la atenuación de las temperaturas y a una mayor humedad ambiental. La reforestación con especies nativas tendría un doble propósito, conservación de la zona a corto y mediano plazo y a largo plazo sería la creación de una fuente de semilla que permita que las áreas sigan recuperándose con especies naturales de la zona.

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

## Capítulo 17

**IDENTIFICACIÓN DE LOS  
INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y  
ELEMENTOS TÉCNICOS QUE  
SUSTENTAN LA INFORMACIÓN  
SEÑALADA EN LAS FRACCIONES  
ANTERIORES**

# LOTE 41-02

## 1. 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:

### 1.1. 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.

### 1.2. 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.

### 1.3. 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.

### 1.4. 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”).

## 2. 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.
- Gaceta Oficial del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo. 2011. Caracterización Ambiental del Municipio de Benito Juárez.
- 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 Desarrollo Urbano del Centro de Población de Puerto Morelos, Quintana Roo.
- Pisanty, I., M. Mazari, E. Ezcurra et al. 2009. 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: Monroe, 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.

### 3. 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>.