

## **I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO Y DEL PROMOVENTE**

### **I.1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO**

#### **I.1.1. Nombre del proyecto**

Bali II

#### **I.1.2. Ubicación del proyecto**

en la Manzana 236, Lote 01, Región 007, ubicado en el ejido de Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo

#### **I.1.3. Tiempo de vida útil del proyecto**

Se estima que el proyecto tendrá una vida útil de 99 años, dividido de la siguiente manera:

- Etapa de preparación del sitio y construcción: 3 años
- Etapa de operación: 98

En éste punto cabe aclarar que el presente estudio sólo considera la etapa de preparación del sitio, es decir, el cambio de uso de suelo en terrenos forestales a través de la remoción de vegetación forestal, exclusivamente para la lotificación del predio; por lo tanto, los procesos constructivos y las obras que integran el proyecto, serán sometidas a evaluación ante las autoridades competentes, en su momento procesal oportuno.

### **I.2. DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE**

#### **I.2.1. Nombre o razón social**

Conjunto Parnelli S.A. de C.V. y Desarrollos Playa Maya S.A de C.V.

#### **I.2.2. Registro Federal de Contribuyentes**

CPA791228437

#### **I.2.3. Domicilio para oír y recibir notificaciones**

Av. Acanceh, Manzana 2, Lote 3, Piso 3-B, SM 11, Oficina 312, Cancún, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo. C.P. 77580.

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

#### **I.3.1. Nombre o razón social**

C. Abraham Metta Cohen, en su carácter de representante legal de la sociedad denominada Conjunto Parnelli, S.A. de C.V., y C. Isidro Suárez Jorge y Alejandro Rodríguez Elorduy, en su carácter de representantes legales de la sociedad denominada Desarrollos Playa Maya S.A. de C.V.

#### **I.3.2. Domicilio para oír y recibir notificaciones**

Av. Acanceh, Manzana 2, Lote 3, Piso 3-B, SM 11, Oficina 312, Cancún, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo. C.P. 77580.

### **I.4. DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DEL DTU-A**

#### **I.4.1. Nombre o razón social**

Ing. Reynaldo Martínez López

#### **I.4.2. Registro Federal de Contribuyentes**

#### **I.4.3. C. U. R. P.**

#### **I.4.4. Cédula profesional**

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

**I.4.6. Datos de inscripción en el Registro Nacional Forestal**

**I.5. DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE DIRIGIR LA EJECUCIÓN DEL CAMBIO DE USO DE SUELO**

**I.5.1. Nombre o razón social**

**I.5.2. Datos de inscripción en el Registro Nacional Forestal**

**I.5.3. Domicilio para oír y recibir notificaciones**

## II. USOS QUE SE PRETENDEN DAR AL TERRENO

### II.1. OBJETIVO DEL PROYECTO

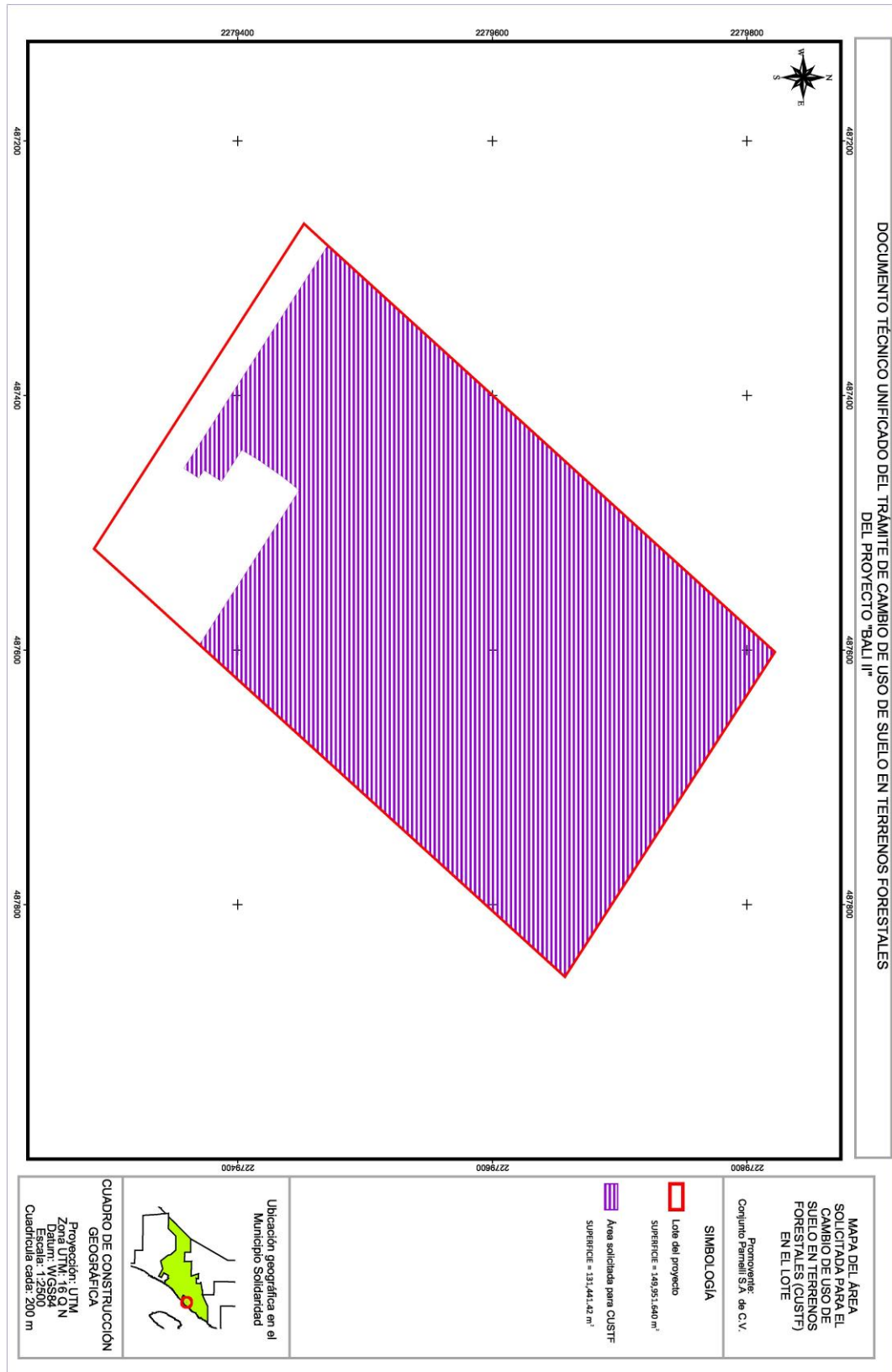
El objetivo principal del proyecto consiste en obtener la autorización para poder llevar a cabo las actividades que comprende el cambio de uso de suelo en terrenos forestales a través de la remoción de la vegetación en parte del predio ubicado en la en la Manzana 236, Lote 01, Región 007, ubicado en el ejido de Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo, con una superficie total de 149,951.64 m<sup>2</sup> para su ulterior aprovechamiento mediante un fraccionamiento habitacional.

La superficie de aprovechamiento estará destinada al uso de suelo urbano, y en particular al uso habitacional de acuerdo con el Programa Parcial 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 la etapa constructiva del proyecto, o en su caso, al desarrollo del conjunto habitacional con la construcción de viviendas, 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 de vegetación forestal correspondiente a Selva mediana subperennifolia, en una superficie de 131,341.42 m<sup>2</sup> (13.13 ha) equivalentes al 87.59 % de la superficie total del terreno.

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 18,610.22 m<sup>2</sup> (12.41 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	131,341.42	87.59
Área con vegetación natural	18,610.22	12.41
<b>Total</b>	<b>149,951.64</b>	<b>100</b>



Mapa del área solicitada para el CUSTF y áreas de conservación

## II.2. JUSTIFICACIÓN DE LA SELECCIÓN DEL TERRENO PARA LOS USOS QUE SE PROPONEN

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

- Criterios ambientales

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

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

Aunado a lo anterior, cabe mencionar que en las colindancias inmediatas al predio del proyecto, es posible observar áreas perturbadas por desmonte previos y obras de distinta índole, en su mayoría habitacionales, actualmente en operación, cuya causa se debe a que el predio se ubica dentro de una zona destinada al uso de suelo urbano, 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 Solidaridad

y aquellos establecidos en el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Playa del Carmen; los cuales determinan, con base en caracterizaciones ambientales y diagnósticos previos, cuales son los sitios donde se pueden realizar actividades productivas y de servicios, y aquellos donde sólo es posible la conservación de los recursos naturales debido a la fragilidad de los ecosistemas presentes.

El Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Solidaridad, Quintana Roo, establece como objetivos específicos los siguientes: Preservar las zonas de captación y extracción de agua del municipio; preservar en el municipio las asociaciones vegetales de selva baja y de halófitas costeras en función de sus reducidas extensiones, así como humedales costeros y continentales en función de su importancia ecológica; preservar y proteger la biodiversidad que existe en los diferentes ecosistemas presentes en el municipio; preservar de forma integral los componentes de los medios biótico y abiótico para que continúen generando beneficios económicos y sociales a la población; generar las condiciones para detener el avance de asentamientos humanos irregulares por medio del establecimiento de zonas específicas para el crecimiento urbano y mediante la promoción de otras formas, suficientemente rentables y menos agresivas para el ambiente, de aprovechar el territorio; promover el aprovechamiento sustentable del territorio y de los recursos naturales del municipio; favorecer e incentivar las actividades productivas que realicen un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; establecer límites de cambio aceptables para los usos del suelo proyectados, que permitan el desarrollo de actividades productivas sin detrimento de los recursos naturales del municipio; prevenir y controlar la contaminación del aire, agua y suelo; propiciar el desarrollo urbano ambientalmente responsable mediante la aplicación de criterios de regulación ecológica en los centros urbanos y en las áreas previstas como reservas urbanas; establecer criterios de regulación ecológica, dentro y fuera de los centros de población, que propicien las buenas prácticas ambientales y minimicen el deterioro del ambiente; preservar el patrimonio histórico y cultural del municipio; y dar certidumbre jurídica a la inversión pública y privada, estableciendo congruencia y consistencia entre los instrumentos normativos del desarrollo urbano y ambiental, aplicables en el ámbito municipal de Solidaridad.

El predio de interés se ubica en la Unidad de Gestión Ambiental (UGA 10) denominada Zona Urbana de Playa del Carmen, que tiene política de “Aprovechamiento Sustentable” y con un usos de suelo urbano y en la Unidad de Gestión Ambiental (UGA 14) denominada “Reserva urbana norte-sur de Playa del Carmen”, que tiene política de “Aprovechamiento Sustentable” y con un usos de suelo urbano, por lo que en primera instancia el cambio de uso de suelo forestal a urbano para fines del desarrollo del proyecto es congruente con los lineamientos previstos en este instrumento de política ambiental.

La política ambiental de la UGA 10 “Zona Urbana de Playa del Carmen” y UGA 14 “Reserva urbana norte-sur de Playa del Carmen” es de aprovechamiento sustentable, la cual es definida como la utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por períodos indefinidos. En el mismo sentido el uso de suelo predominante es Urbano, el cual se establece como el aprovechamiento del territorio al interior de los centros de población legalmente establecidos, para el desarrollo de proyectos que cumplan con los usos y destinos del suelo en los términos que se indiquen en el Plan o Programa de Desarrollo Urbano vigente. Los usos condicionados e incompatibles establecidos para la Unidad de Gestión Ambiental de interés, son los establecidos el Programa de Desarrollo Urbano aplicable a la zona del proyecto,

En relación a los usos de suelo, el predio se encuentra regulado por el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad, que tiene como objetivo esencial el de ordenar y regular el proceso de desarrollo urbano, estableciendo las bases para la realización de acciones de mejoramiento y conservación; además de definir los usos y destinos de suelo, y designar las áreas para su crecimiento; todo ello con la finalidad de lograr un desarrollo sustentable orientado a mejorar el nivel de vida de la población.

Ante lo arriba expuesto, debe señalarse que el mismo PDU establece para la superficie del predio de interés los usos de suelo habitacional (HC5) con una densidad media de 40 viviendas/hectárea y el de suelo habitacional (H3) con una densidad media de 40 viviendas/hectárea, por lo que dicho terreno resulta apto para el desarrollo del fraccionamiento propuesto a través del aprovechamiento sustentable de los recursos y disminuyendo con ello la demanda actual de vivienda para los locatarios.

- Criterios socioeconómicos

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

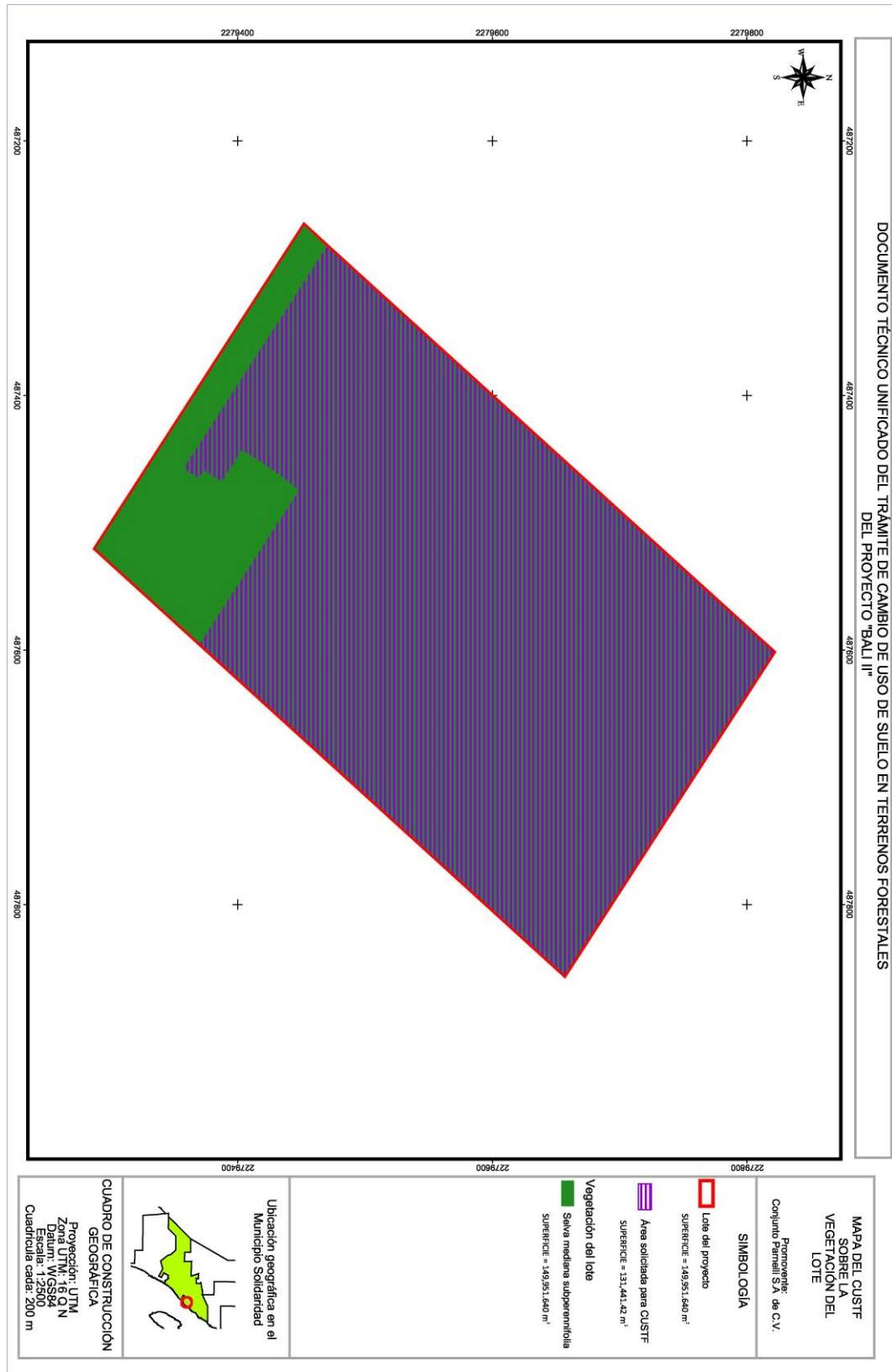


## **II.3. USO ACTUAL DEL SUELO**

### **II.3.1. 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.

En las inmediaciones del predio o lotes a desarrollar, se observa un uso netamente urbano, pues es notoria la existencia de numerosos fraccionamientos habitacionales, infraestructura urbana, áreas comerciales, estaciones de servicio, lotes baldíos y predios en breña, pues prácticamente se encuentra inmerso dentro de la zona urbana de la Ciudad de Playa del Carmen en constante crecimiento.



Mapa del uso actual del suelo del predio del proyecto.

### II.3.2. 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 Solidaridad, así como por el Programa de Desarrollo Urbano del centro de población Playa del Carmen; instrumentos ambos que precisan al sitio de interés para su aprovechamiento mediante el uso urbano.

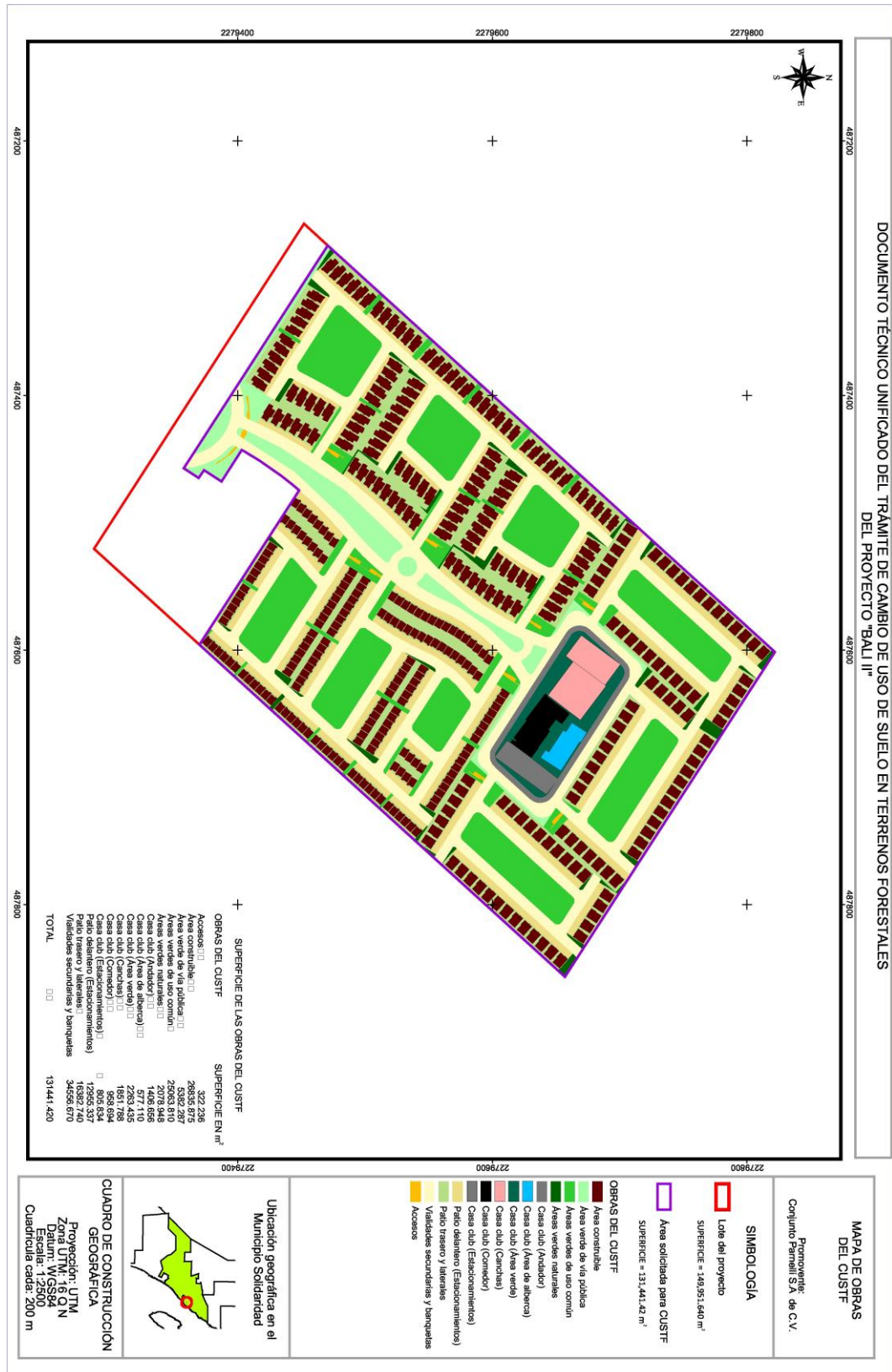
En virtud de lo anterior, se ratifica que las actividades de cambio de uso del suelo que comprende el proyecto, se encuentran ya consideradas dentro de los usos de suelo para los cuales ha sido destinado el predio donde se plantea desarrollar el mismo; lo anterior, toda vez que para alcanzar el desarrollo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

### II.4. NATURALEZA DEL PROYECTO

El proyecto que se propone desarrollar consiste en la remoción de vegetación forestal dentro del polígono de aprovechamiento propuesto para la lotificación del predio, lo que dará paso a la construcción de un fraccionamiento habitacional que contempla la construcción de viviendas, áreas verdes, vialidades públicas y áreas de donación, dirigidas al sector poblacional que requiere de vivienda para adquisición con financiamientos, por lo cual se entiende como una propuesta de interés social, con la finalidad de atender el sector poblacional que habita en Playa del Carmen, Quintana Roo.

El lote que se pretenden aprovechar para la implementación del proyecto, estará destinados exclusivamente a la construcción de vialidades y la construcción de un fraccionamiento habitacional. En las siguientes tablas se desglosan los usos que se tiene proyectado en cada lote sujeto a aprovechamiento:

<b>MZA 236, LOTE 001, REG 007</b>	<b>Superficie</b>	<b>Porcentaje</b>
Accesos	322.236	0.25
Área construible	26835.875	20.42
Área verde de vía pública	5382.287	4.09
Áreas verdes de uso común	25063.810	19.07
Áreas verdes naturales	2078.948	1.58
Casa club (Andador)	1406.656	1.07
Casa club (Área de alberca)	577.110	0.44
Casa club (Área verde)	2263.435	1.72
Casa club (Canchas)	1851.788	1.41
Casa club (Comedor)	958.694	0.73
Casa club (Estacionamientos)	805.834	0.61
Patio delantero (Estacionamientos)	12955.357	9.86
Patio trasero y laterales	16382.720	12.46
Vialidades secundarias y banquetas	34556.670	26.29
<b>TOTAL</b>	<b>131441.420</b>	<b>100</b>



Mapa de conceptos 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 inmerso dentro de la Ciudad de Playa del Carmen, considerada para crecimiento de la mancha urbana actual, por lo que si bien aún no se cuenta con algunos servicios en el predio, está previsto el suministro de todos los servicios básicos y de equipamiento que normalmente provee el Municipio de Solidaridad cuando se crean nuevos fraccionamientos; ejemplo de ello es la disponibilidad de éstos dentro de los fraccionamientos habitacionales colindantes al predio de interés.

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.

## **II.5. URBANIZACIÓN DEL ÁREA**

### **II.5.1. Vías de acceso**

Al predio se puede llegar a través del arco vial que rodea la masa urbana de Playa del Carmen; y a partir de ella se accede al lote en forma casi inmediata.

### **II.5.2. Agua potable y alcantarillado**

Este servicio se encuentra disponible en la zona donde se ubica el predio del proyecto, mismo que se encuentra operado por Aguakan.

### **II.5.3. Drenaje sanitario**

Este servicio se encuentra disponible en la zona donde se ubica el predio del proyecto, mismo que se encuentra operado por Aguakan.

### **II.5.4. Energía eléctrica**

Este servicio se encuentra disponible en la zona donde se ubica el predio del proyecto, mismo que se encuentra operado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

### **II.5.5. Transporte público**

Este servicio se encuentra disponible en la zona donde se ubica el predio del proyecto, mismo que se encuentra operado por diferentes compañías.

## II.6. DESCRIPCIÓN DE SERVICIOS REQUERIDOS

### II.6.1. Suministro de agua

El agua requerida para la etapa de preparación del sitio o cambio de uso de suelo en terrenos forestales, será suministrada a través de pipas operadas por Aguakan. El agua para consumo humano será suministrada a través de garrafones de 20 litros, que pueden adquirirse en los comercios locales.

### II.6.2. Energía eléctrica

No se requiere para esta etapa que se somete a evaluación, ya que se trabajará en horario diurno.

### II.6.3. Drenaje sanitario

No se requiere para esta etapa del proyecto que se somete a evaluación; en su caso, se instalarán sanitarios móviles para atender las necesidades fisiológicas de los responsables de la ejecución del cambio de uso de suelo.

## II.7. 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 36 meses en los que se desarrollarán las actividades siguientes:

Programa de trabajo.

ACTIVIDADES POR ETAPA	CRONOGRAMA (MESES)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Aviso de inicio de las actividades	X											
Trazo y delimitación de la superficie de CUSTF	X	X	X									
Rescate de vegetación	X	X	X	X	X	X						
Rescate de fauna silvestre		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Instalación y operación del vivero rústico temporal		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Remoción de la vegetación		X	X	X	X							
Despalme y rescate de la tierra vegetal		X	X	X	X							
Trituración del material vegetal		X	X	X	X							
Reforestación									X	X	X	X
Informes de avances				X				X				X

ACTIVIDADES POR ETAPA	CRONOGRAMA (MESES)											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Trazo y delimitación de la superficie de CUSTF	X	X	X									
Rescate de vegetación	X	X	X	X	X	X						
Rescate de fauna silvestre		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Instalación y operación del vivero rústico temporal		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Remoción de la vegetación		X	X	X	X							
Despalme y rescate de la tierra vegetal		X	X	X	X							
Trituración del material vegetal		X	X	X	X							
Reforestación		X	X	X	X							
Informes de avances									X	X	X	X

ACTIVIDADES POR ETAPA	CRONOGRAMA (MESES)											
	25	25	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Trazo y delimitación de la superficie de CUSTF	X	X	X									
Rescate de vegetación	X	X	X	X	X	X						
Rescate de fauna silvestre		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Instalación y operación del vivero rústico temporal		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Remoción de la vegetación		X	X	X	X							
Despalme y rescate de la tierra vegetal		X	X	X	X							
Trituración del material vegetal		X	X	X	X							
Reforestación		X	X	X	X							
Informes de avances									X	X	X	X
Informe de finiquito												X

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

### III. UBICACIÓN Y SUPERFICIE DEL PREDIO

El terreno forestal donde se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo corresponde al ubicado en en la Manzana 236, Lote 01, Región 007, ubicado en el ejido de Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo, y posee una superficie total de 149,951.64 m<sup>2</sup> equivalentes a 14.99 hectáreas tal como se muestra en la siguiente figura. Cabe aclarar que la superficie citada corresponde a la totalidad del predio y no a la solicitada para el CUSTF la cual se describió en el capítulo anterior.

#### III.1. 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 1 polígono con 8 vértices del que se presentan sus coordenadas a continuación.

VÉRTICES	COORDENADAS UTM / WGS84 Zona 16Q N	
	X	Y
1	487595.711	2279369.973
2	487537.397	2279305.854
3	487520.350	2279287.110
4	487419.662	2279352.145
5	487264.990	2279452.050
6	487282.036	2279470.797
7	487601.370	2279821.990
8	487856.723	2279657.000





Poligonal del terreno forestal de pretendida ubicación del proyecto.

### III.2. DELIMITACIÓN DE LA PORCIÓN EN QUE SE PRETENDE REALIZAR EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN LOS TERRENOS FORESTALES

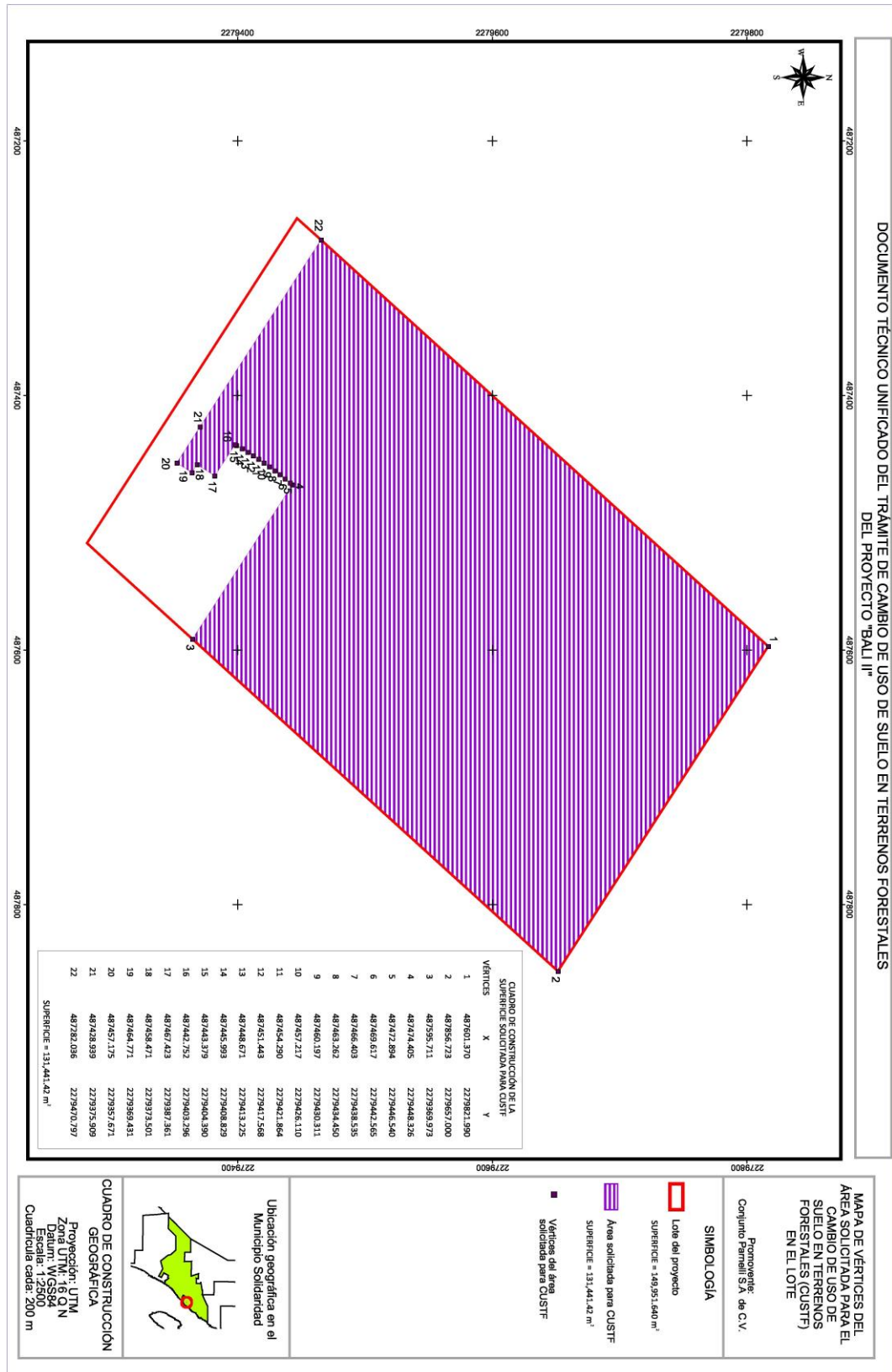
El cambio de uso de suelo en terrenos forestales, a través de la remoción total de vegetación forestal correspondiente a selva mediana subperennifolia, se pretende llevar a cabo en una superficie de 131,341.42 m<sup>2</sup> (13.13 ha) equivalentes al 87.59 % del terreno (ver imagen siguiente), cuyo objetivo final será su ulterior aprovechamiento con fines urbanos mediante la implementación de un desarrollo habitacional. 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.

En relación a la imagen anterior a continuación se presentan las coordenadas (UTM / WGS84\_Zona 16Q N) de los vértices donde se pretende realizar el CUTF.

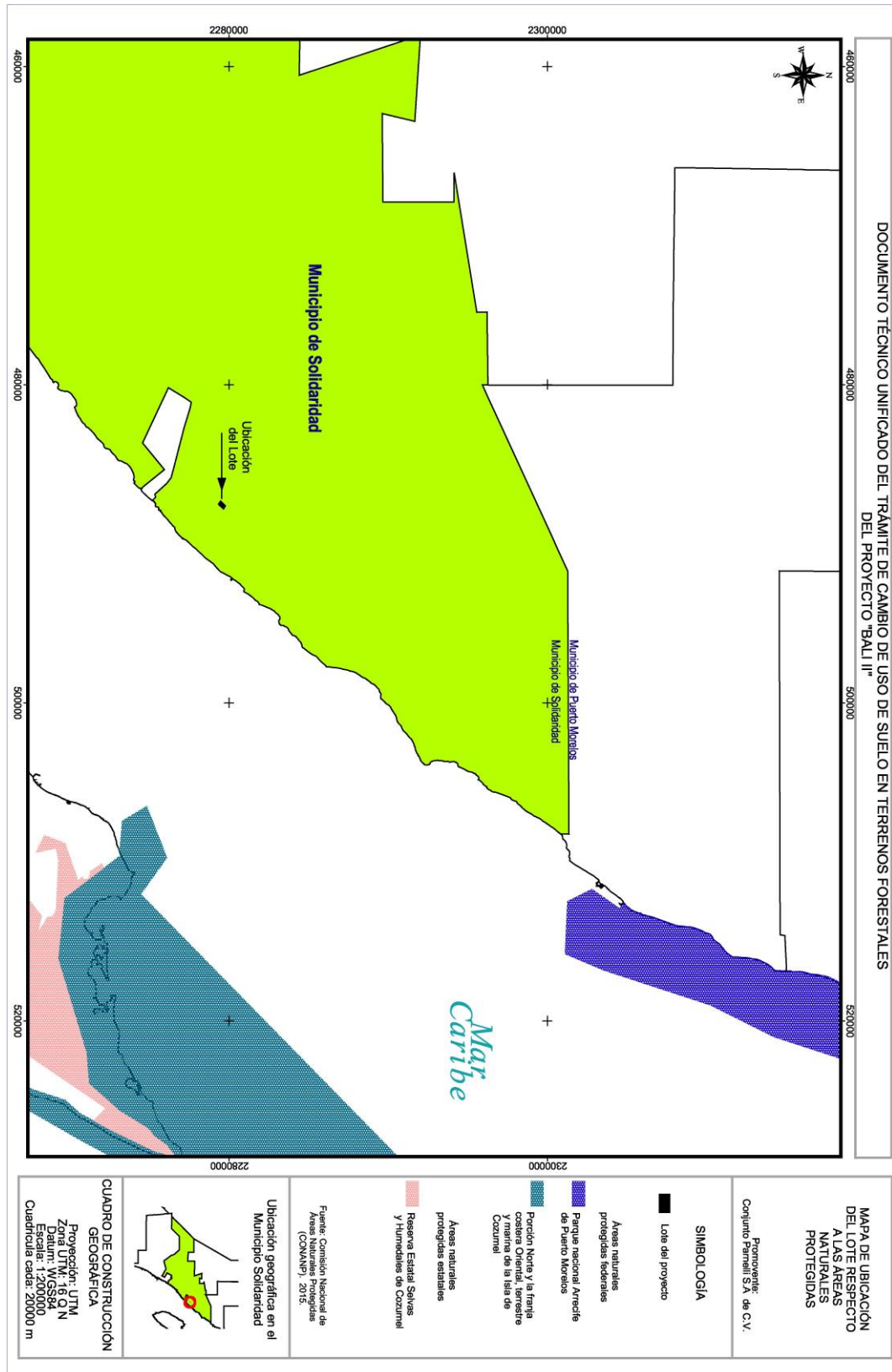
VÉRTICES	COORDENADAS UTM / WGS84 Zona 16Q N	
	X	Y
1	487601.370	2279821.990
2	487856.723	2279657.000
3	487595.711	2279369.973
4	487474.405	2279448.326
5	487472.894	2279446.540
6	487469.617	2279442.565
7	487466.403	2279438.535
8	487463.262	2279434.450
9	487460.197	2279430.311
10	487457.217	2279426.110
11	487454.290	2279421.864
12	487451.443	2279417.568
13	487448.671	2279413.225
14	487445.993	2279408.829
15	487443.379	2279404.390
16	487442.752	2279403.296
17	487467.423	2279387.361
18	487458.471	2279373.501
19	487464.771	2279369.431
20	487457.175	2279357.671
21	487428.939	2279375.909
22	487282.036	2279470.797

### III.3. UBICACIÓN DEL PROYECTO DENTRO DE ALGUNA MODALIDAD DE ÁREA NATURAL PROTEGIDA (ANP)

El proyecto se ubica fuera de los polígonos oficialmente decretados de Áreas Naturales Protegidas, sean de carácter Federal, Estatal o Municipal. (Ver mapa de la página 5)



Superficie sujeta al cambio de uso de suelo en terrenos forestales, así como a las áreas que conservarán su vegetación natural y que no forman parte de las áreas de aprovechamiento.



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

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

### **IV.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 figura de la página 3.

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

#### **IV.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 efímeros, 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.

En el plano de la página 4 se muestran las condiciones de hidrología superficial antes descritas para la Cuenca.

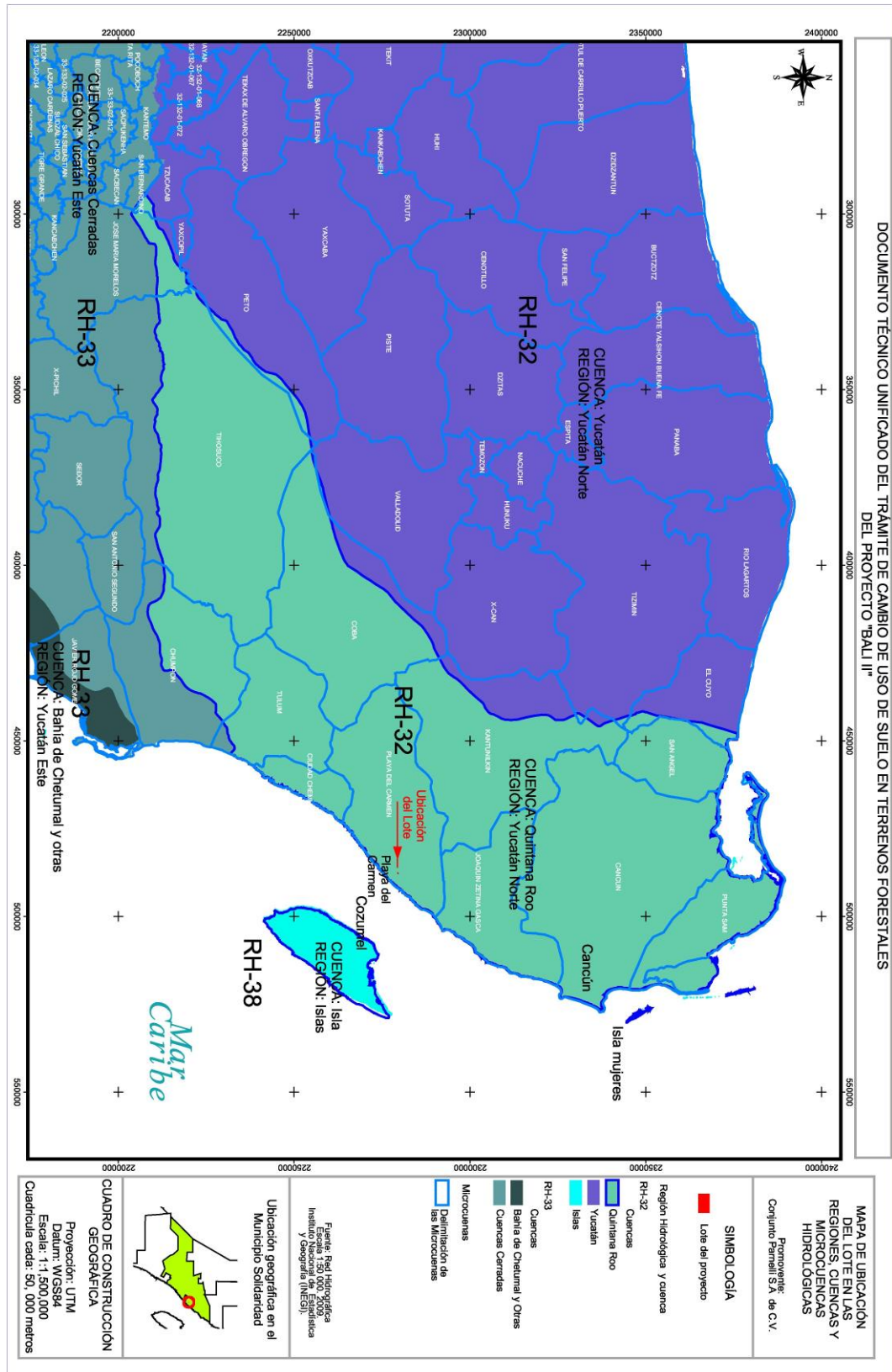
#### **IV.2.1.Hidrología subterránea**

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>.

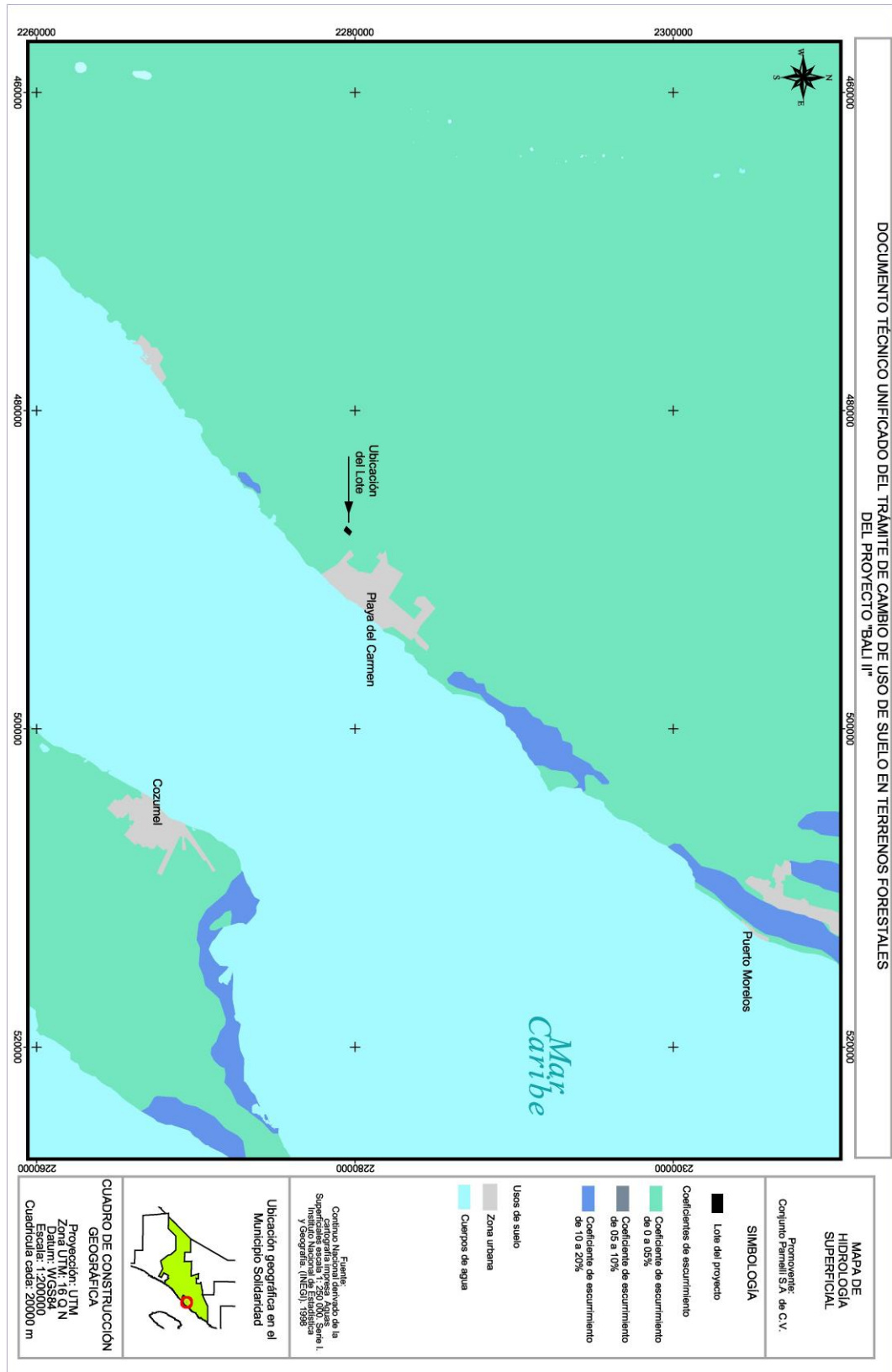
En lo referente a la dirección del flujo subterráneo, éste se da de Poniente a Oriente, aflorando en el mar. Los cambios del nivel base del flujo, generan diferentes zonas de carstificación y propician mayor desarrollo del carst en los materiales más antiguos y hacia niveles más profundos.

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.

En el plano de la página 5 se muestran las condiciones de hidrología subterránea antes descritas para la Cuenca.

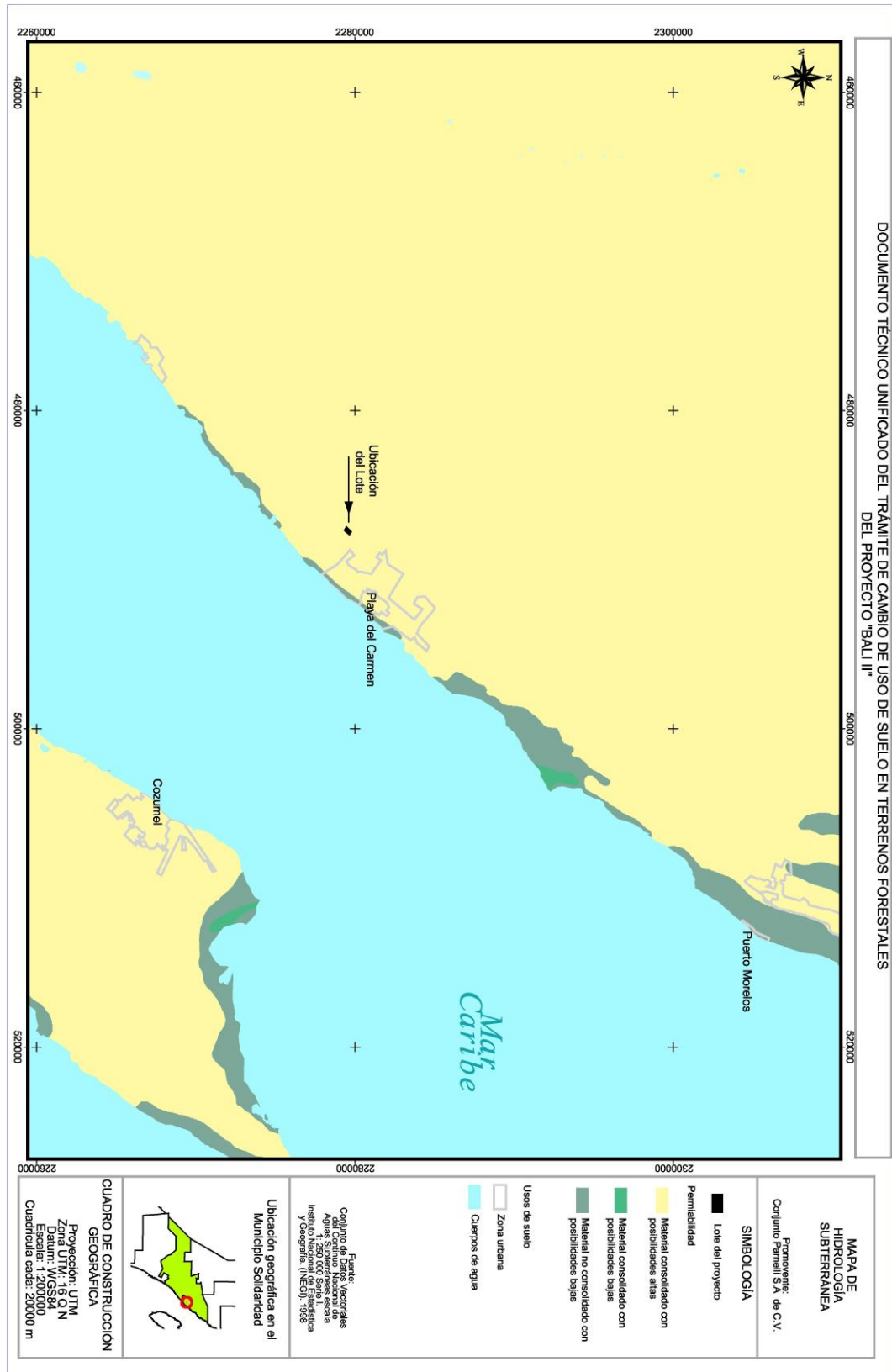


Ubicación del terreno forestal y la cuenca de Quintana Roo dentro del mapa de Regiones Hidrológicas.



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





Ubicación de la cuenca Quintana Roo dentro del mapa de hidrología subterránea.

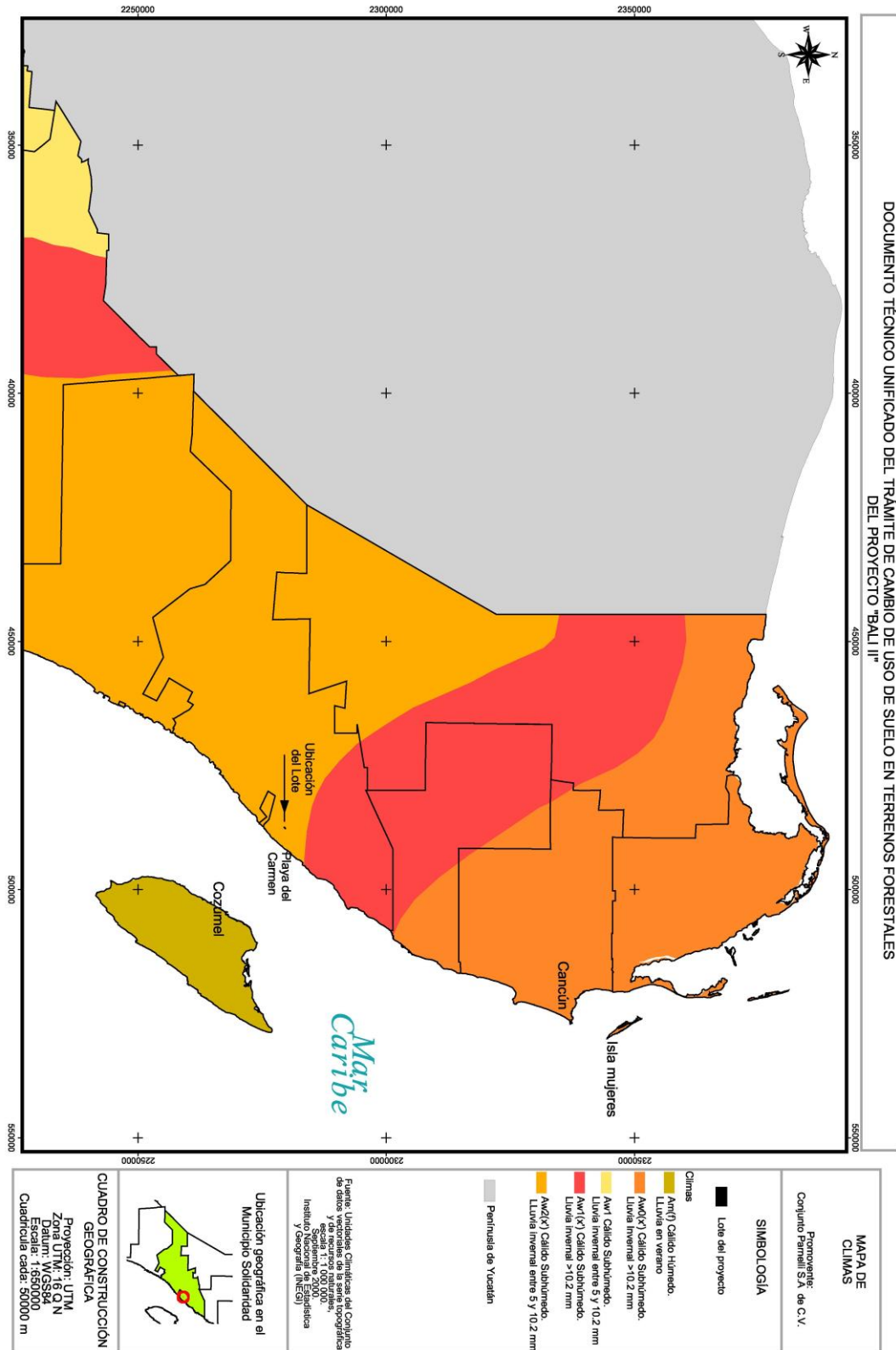
### IV.2.2. Clima

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

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

### IV.2.3. Precipitación

El régimen de lluvias es afectado por los ciclones que se generan en los centros de presión del Océano Atlántico y Mar Caribe. La Cuenca sufre la mayor incidencia ciclónica debido a su ubicación dentro de la trayectoria que sigue la mayoría de las tormentas tropicales y ciclones que se originan en el Atlántico. Con base en los registros de precipitación mensual y anual promedio en milímetros de la estación meteorológica de Puerto Morelos 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.



Ubicación la Cuenca dentro de la carta de unidades climáticas.

#### **IV.2.4. Temperatura y precipitación media anual**

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

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

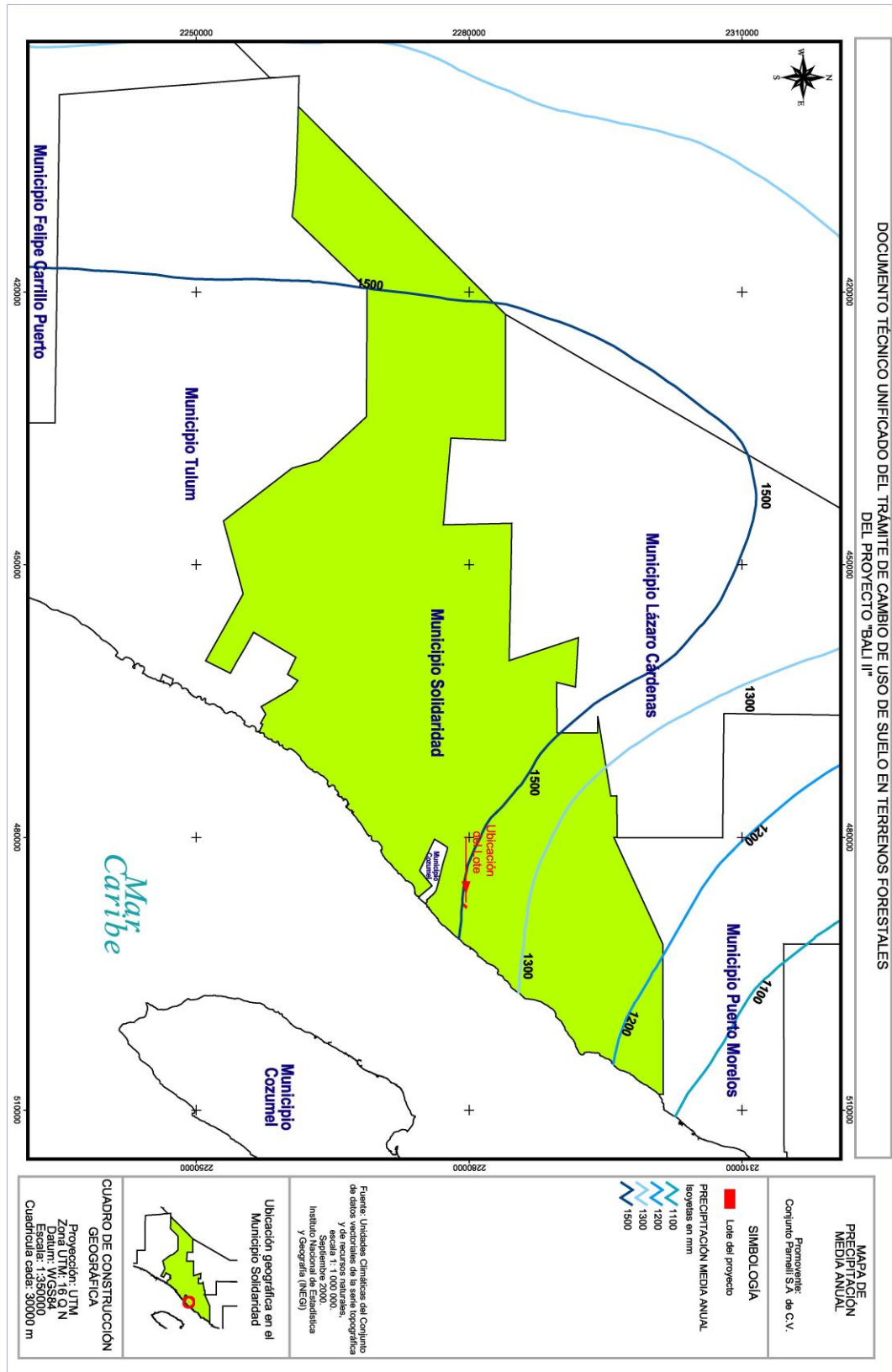
#### **IV.2.5. Humedad relativa**

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.

#### **IV.2.6. 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.



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

#### IV.2.7. Fisiografía

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

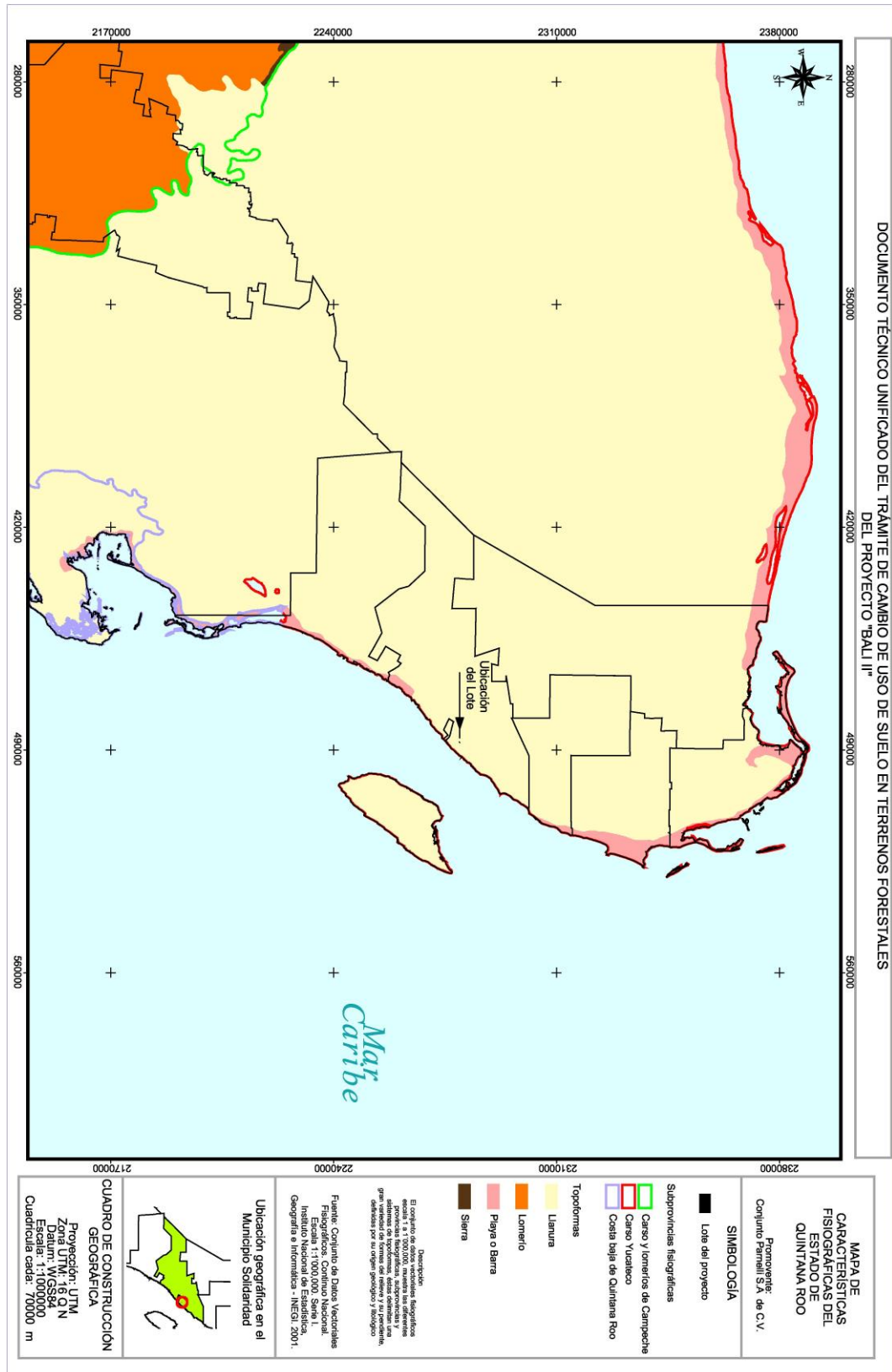
La superficie de la cuenca se encuentra ubicada en su mayor parte dentro de la subprovincia fisiográfica 62 Carso Yucateco, y en una mínima superficie dentro de la subprovincia 63 Carso y Lomeríos de Campeche, como se puede observar en los planos siguientes.

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 topografía: 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.

### IV.2.8. Geología

En la Cuenca Quintana Roo se presentan 4 tipos geológicos: Ts (cz); Te (cz); Q (s); y Tpl (cz), como se muestra en el plano de la página siguiente.

A continuación se presentan los atributos de cada unidad geológica identificada dentro de la Cuenca Quintana Roo, en las siguientes tablas:

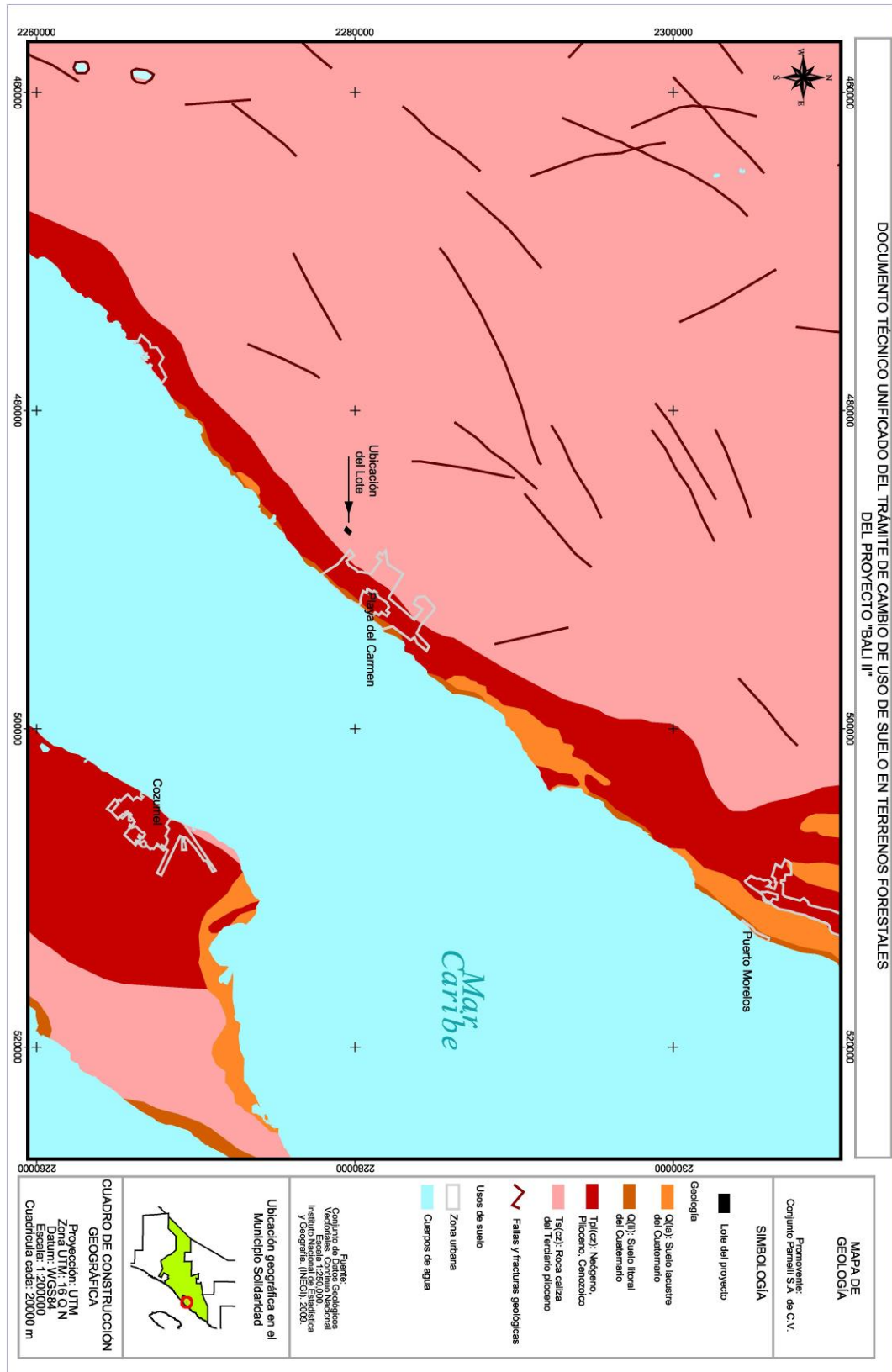
Resultados de la identificación		Resultados de la identificación		Resultados de la identificación		Resultados de la identificación	
Objeto espacial	Valor	Objeto espacial	Valor	Objeto espacial	Valor	Objeto espacial	Valor
0	GEOLOGÍA	0	GEOLOGÍA	0	GEOLOGÍA	0	GEOLOGÍA
<ul style="list-style-type: none"> <li>(Acciones)</li> <li>(Derivado) <ul style="list-style-type: none"> <li>CLASE Sedimentaria</li> <li>CLAVE Tpl(cz)</li> <li>ERA Cenozoico</li> <li>SERIE Plioceno</li> <li>SISTEMA Terciario</li> <li>TIPO Caliza</li> </ul> </li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>(Acciones)</li> <li>(Derivado) <ul style="list-style-type: none"> <li>CLASE Sedimentaria</li> <li>CLAVE Ts(cz)</li> <li>ERA Cenozoico</li> <li>SERIE N/D</li> <li>SISTEMA Neógeno</li> <li>TIPO Caliza</li> </ul> </li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>(Acciones)</li> <li>(Derivado) <ul style="list-style-type: none"> <li>CLASE N/A</li> <li>CLAVE Q(s)</li> <li>ERA Cenozoico</li> <li>SERIE N/A</li> <li>SISTEMA Cuaternario</li> <li>TIPO N/A</li> </ul> </li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>(Acciones)</li> <li>(Derivado) <ul style="list-style-type: none"> <li>CLASE Sedimentaria</li> <li>CLAVE Te(cz)</li> <li>ERA Cenozoico</li> <li>SERIE Eoceno</li> <li>SISTEMA Terciario</li> <li>TIPO Caliza</li> </ul> </li> </ul>	

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

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

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





Ubicación la cuenca Quintana Roo dentro de la carta geológica.

#### IV.2.9. Edafología

Dentro de la Cuenca Quintana Roo se identificaron 13 tipos edáficos: E+l/2/L; Lc+Vp/3/L; Lc+Vp+l/3/L; l+E+Lc/2; l+E/2; l+E+Zo/2; E+Lc+l/2/L; l+Lc/2, l+Lc+E/2; Lc+l+E/3/L; l+Lc+E/3; Gv+E+l/3/L; y Zo+Rc/1/n, los cuales se muestra en el plano de la página siguiente:

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

#### Unidades y subunidades de suelo identificadas en la Cuenca

**Unidad Rendzina** (símbolo: E), del polaco rzedzic: ruido; connotativo de suelos someros que producen ruido con el arado por su pedregosidad.

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

**Unidad Litosol** (símbolo: l), del griego lithos: piedra; literalmente, suelo de piedra.

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

**Unidad Luvisol** (símbolo: L), del latín luvi, luo: lavar; literalmente, suelo con acumulación de arcilla.

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

**Unidad Vertisol** (símbolo: V), del latín vertere, voltear; literalmente, suelo que se revuelve o que se voltea.

Son suelos muy arcillosos en cualquier capa a menos de 50 cm de profundidad; en época de secas tienen grietas muy visibles a menos de 50 cm de profundidad, siempre y cuando no haya riego artificial. Estos suelos se agrietan en la superficie cuando están muy mojados. Suelos de climas templados y cálidos, especialmente de zonas con una marcada estación seca y otra lluviosa. La vegetación natural va de selvas bajas a pastizales y matorrales. Se caracterizan por su estructura masiva y su alto contenido de arcilla, la cual es expandible en húmedo formando superficies de deslizamiento llamadas facetas y que por ser colapsables en seco pueden formar grietas en la superficie o a determinada profundidad. Tienen baja susceptibilidad a la erosión y alto riesgo de salinización. Para la cuenca se identificó la **subunidad Vertisol pélico** (símbolo: Vp), del griego plinthos: ladrillo. Suelos con una capa de color blanco o amarillo con manchas rojas muy notables que se endurecen si quedan expuestas permanentemente al aire; se trata de un Vertisol muy oscuro.

**Unidad Gleysol** (símbolo: G), del ruso gley: pantano; literalmente, suelo pantanoso.

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

**Solonchak** (símbolo: Z). Del ruso sol: sal; literalmente suelos salinos.

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

**Regosoles** (símbolo: R), del griego reghos: manto, cobija o capa de material suelto que cubre a la roca.

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

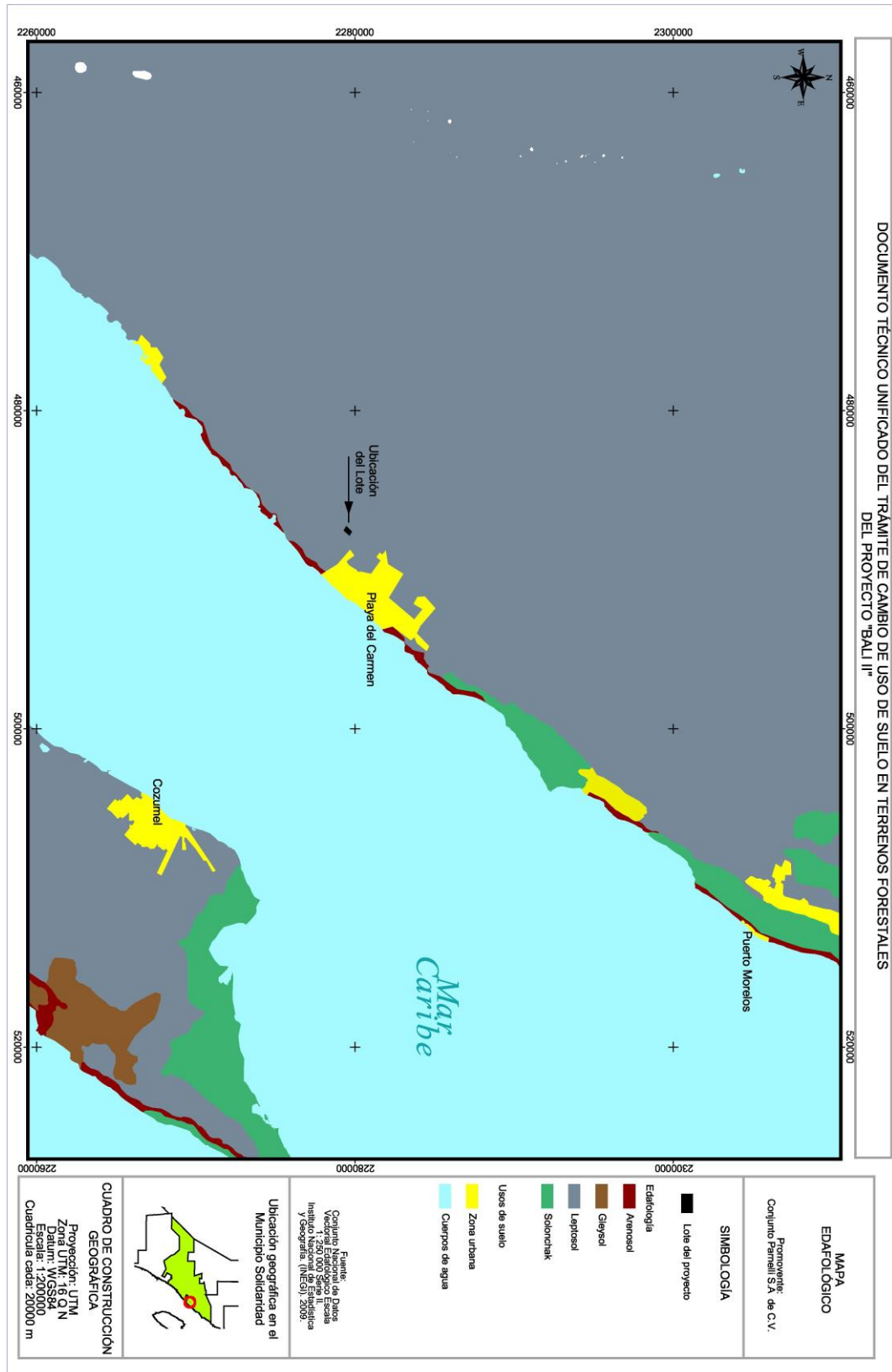
### **Clase textural de los tipos de suelo identificados en la Cuenca**

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

## Clasificación de los suelos identificados en la Cuenca

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

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



Ubicación la cuenca Quintana Roo dentro de la carta edafológica.

#### IV.2.10. 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 diez 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 V, respecto a la Cuenca Quintana Roo, donde se ubica el terreno forestal de interés, así como el plano tomado como base.

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

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

*albidae*, *Mimosa pudica*, *Paspalum virgatum*, *Paspalum notatum* y *Echinochloa crusgalli*. Entre las epífitas son comunes *Philodendron oxycardium* y *P. radiatum*; destacan herbáceas como *Gracca greenmanii*, *Canavalia mexicana*, *Bauhinia jenningsii* y los bejucos *Paullinia cururu* y *Cardiospermum corindum*.

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

**Selva Baja Perennifolia (SBP).** Esta selva se desarrolla bajo la influencia de climas cálido - húmedos y subhúmedos, bajo condiciones de inundación permanente. Se le puede encontrar entre 1 400 Y1 900 msnm. El estrato arbóreo de esta selva está constituido por individuos con altura promedio de 7 metros.

Especies importantes: *Pachira aquatica* (zapote de agua), *Annona glabra* (anona), *Chrysobalanus icaco* (icaco), *Calophyllum brasiliense* (bari), *Oreopanax xalapensis*, *Clusia salvinii*, *Myrica cerifera*, *Rapanea juergensenii*, *Alfaroa costaricensis*, *Alsophila salvinii*, *Hesdiomum mexicanum*, *Matayba oppositifolia*, *Ocotea efusa*, *Ropula montana*, *Weinmannia pinnanta*, *Ardisia sp.*, *Clethra sp.*, *Conostegia sp.*, *Eugenia sp.*, *Hediosmun sp.*, *Nectandra sp.*, *Rhamnus sp.*, *Styrax sp.*, *Matudaea trinervia*, *Clethra matudae*, *Podocarpus guatemalensis*, *Osmanthus americanus*, *Chichito olmediella*, *Betschleriana sp.*



(manzana de danta), *Haematoxylon campechianum*, *Bucida buceras*, *Metopium brownei*, *Cameraria latifolia*, *Byrsonima crassifolia*, *Manilkara zapota*, *Jatropha gaumeri*, *Crhysophylum mexicanum*, *Crescentia cujete*, *Coccoloba cozumelensis*, *Croton sp.*, *Hyperbaena winzerlingii*, *Psidium sartorianum*, *Cordia dodecandra*, *Gymnopodium floribundum*, *Cassia alata*, *Acacia millenaria*, *Mimosa bahamensis*, *Bursera simaruba*, *Bucida spinosa*, *Dalbergia glabra*, *Byrsonima bucidaefolia*, *Bravaisia tubiflora*, *Erithroxylon arolatum*, *Malpighia lundellii*, *Acoelorrhapha wrightii*, *Lysiloma latisiliquum*, *Sebastiania adenophora*, *Gymnopodium antigonoides*, *Byrsonima crassifolia* y *Coccoloba schiedana*. Abundan gramíneas y ciperáceas tales como: *Scleria spp.* y *Eleocharis sp.* Las epífitas las constituyen Orchidaceae como *Encyclia alata*, Piperaceae como *Peperomia sp.* y bromeliáceas, así como el bejuco *Dalbergia glabra*.

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

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

**Selva Baja Caducifolia (SBC).** Se desarrolla en condiciones climáticas en donde predominan los tipos cálidos subhúmedos, semisecos o subsecos. El más común es Aw, aunque también se presenta SS y Cw. El promedio de temperaturas anuales es superior a 20°C. Las precipitaciones anuales son de 1200 mm como máximo, teniendo como mínimo a los 600 mm con una temporada seca bien marcada, que puede durar hasta 7 u 8 meses y que es muy severa. Desde el nivel del mar hasta unos 1700 m, rara vez hasta 1900 se le encuentra a este tipo de selva, principalmente sobre laderas de cerros con suelos de buen drenaje. Esta selva presenta corta altura de sus componentes arbóreos (normalmente de 4

a 10m, muy eventualmente de hasta 15 m o un poco más). El estrato herbáceo es bastante reducido y sólo se puede apreciar después de que ha empezado claramente la época de lluvias y retoñan o germinan las especies herbáceas. Las formas de vida suculentas son frecuentes, especialmente en los géneros *Agave*, *Opuntia*, *Stenocereus* y *Cephalocereus*.

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

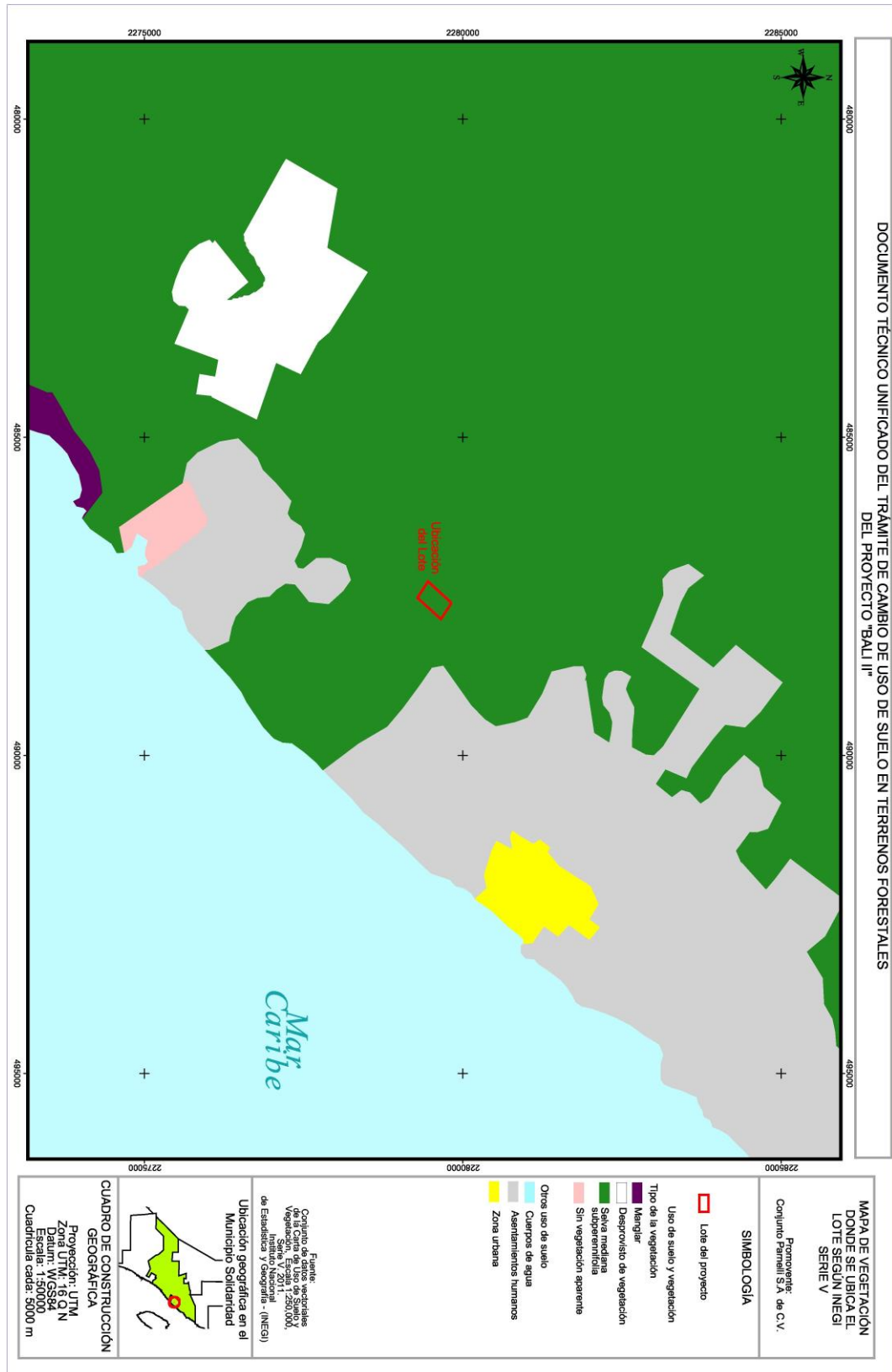
**Vegetación secundaria de las selvas.** Comunidades originadas por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original; en otros casos presenta un aspecto y composición florística diferente. Se desarrollan en zonas desmontadas para diferentes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

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

presenta el manglar es el albergue de muchas especies de invertebrados como los moluscos y crustáceos, destacando el camarón y el ostión cuyo valor alimenticio y económico es alto.

**Tular (VT).** Es una comunidad de plantas acuáticas, arraigadas en el fondo, constituida por monocotiledóneas de 80 cm hasta 2.5 m de alto, de hojas largas y angostas o bien carente de ellas. Su distribución es cosmopolita, se desarrollan en lagunas y lagos de agua dulce o salada y de escasa profundidad, principalmente en la zona del altiplano. Este tipo de vegetación está constituido básicamente por plantas de tule (*Typha spp.*), y tulario (*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 (VU).** Comunidad vegetal que se establece a lo largo de las costas, se caracteriza por plantas pequeñas y suculentas. Las especies que la forman juegan un papel importante como pioneras y fijadoras de arena, evitando con ello que sean arrastradas por el viento y el oleaje. Algunas de la especies que se pueden encontrar son nopal (*Opuntia dillenii*), riñonina (*Ipomoea pescarpe*), alfombrilla (*Abronia maritima*), (*Croton sp.*), verdolaga (*Sesuvium portulacastrum*), etc. También se pueden encontrar algunas leñosas y gramíneas como el uvero (*Coccoloba uvifera*), pepe (*Chrysobalanos icacos*), cruceta (*Randia sp.*), espino blanco (*Acacia sp. haerocephala*), mezquite (*Prosopis juliflora*), zacate salado (*Distichlis spicata*), zacate (*Sporobolus sp.*) entre otros. La actividad principal que se desarrolla en esta comunidad es el pastoreo de ganado bovino y caprino. En algunos casos se presenta la eliminación de la vegetación de dunas para incorporar terrenos a la agricultura



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

#### IV.2.11. 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) 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 schwartzei*), 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).

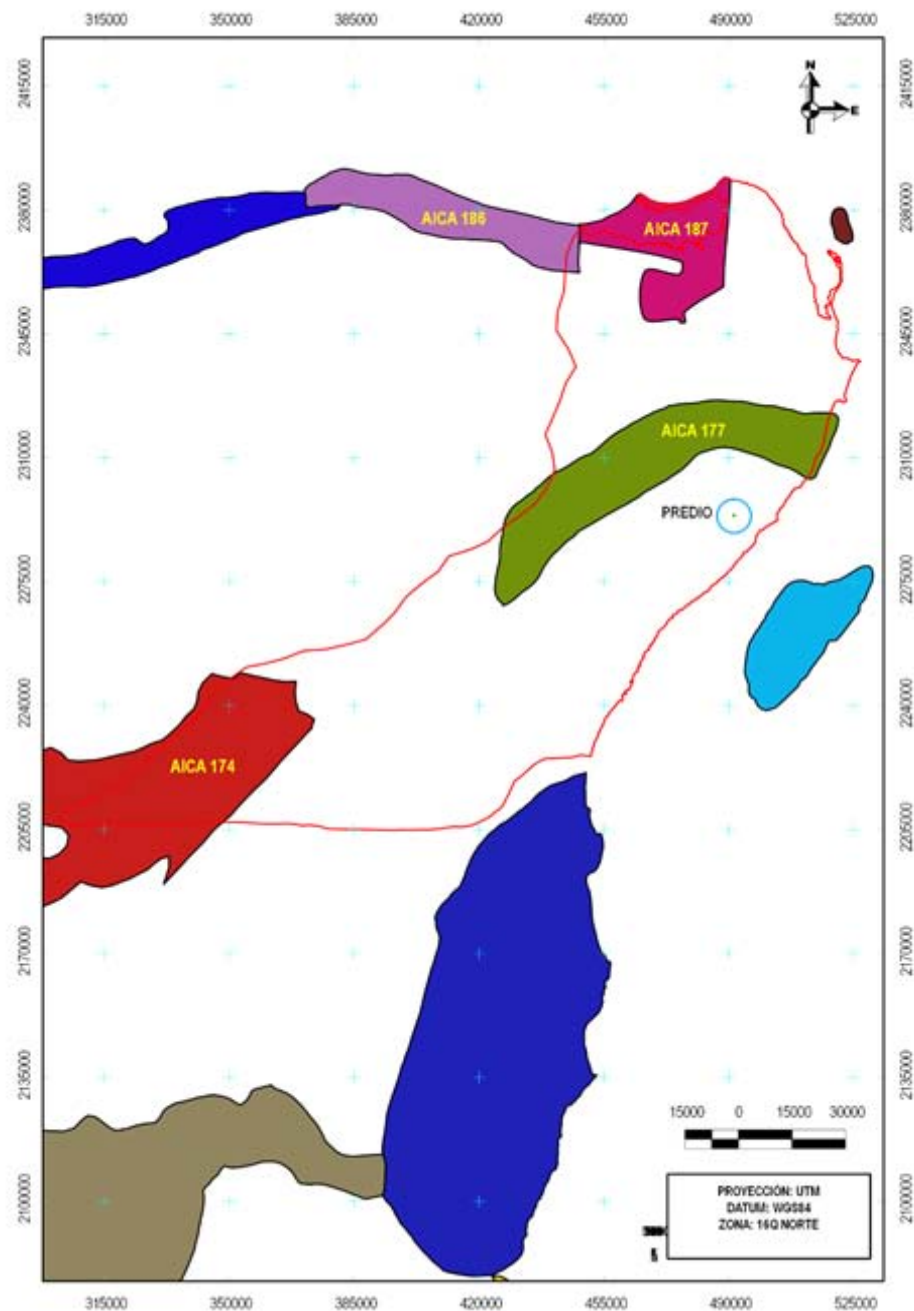
A continuación se presentan las especies listadas bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 para dichas AICAS.

ESPECIE	ESTACIONALIDAD	CATEGORÍA NOM-059
<b>AICA 177. Corredor Central Vallarta-Punta Laguna</b>		
<i>Mycteria americana</i>	Residente	A
<i>Aramus guarauna</i>	Residente	A
<i>Anas americana</i>	Residente de invierno	Pr
<i>Aythya affinis</i>	Residente de invierno	Pr
<i>Rostrhamus sociabilis</i>	Residente de invierno	A
<i>Buteo nitidus</i>	Residente	Pr
<i>Buteo magnirostris</i>	Residente	Pr
<i>Crax rubra</i>	Residente	P
<i>Meleagris ocellata</i>	Residente	A
<i>Glaucidium brasilianum</i>	Residente	A
<i>Ciccaba virgata</i>	Residente	A
<i>Ciccaba nigrolineata</i>	Residente	A
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	Residente	A
<i>Dendrocincla anabatina</i>	Residente	A
<i>Wilsonia citrina</i>	Residente de invierno	A
<i>Icterus cucullatus</i>	Residente	A
<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
<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
<i>Aramus guarauna</i>	Residente	A
<i>Charadrius melodus</i>	Residente de invierno	A
<i>Anas acuta</i>	Residente de invierno	Pr
<i>Anas discors</i>	Residente de invierno	Pr
<i>Aythya affinis</i>	Residente de invierno	Pr
<i>Oxyura dominica</i>	Nd	A
<i>Cathartes burrovianus</i>	Residente	A
<i>Sarcoramphus papa</i>	Residente	P
<i>Rostrhamus sociabilis</i>	Residente de invierno	A
<i>Circus cyaneus</i>	Residente de invierno	A
<i>Accipiter striatus</i>	Residente de invierno	A
<i>Accipiter cooperii</i>	Residente	A
<i>Geranospiza caerulescens</i>	Residente	A
<i>Buteogallus anthracinus</i>	Residente	A
<i>Buteogallus urubitinga</i>	Residente	A
<i>Buteo nitidus</i>	Residente	Pr
<i>Buteo magnirostris</i>	Residente	Pr
<i>Buteo albicaudatus</i>	Residente	Pr
<i>Buteo jamaicensis</i>	Residente de invierno	Pr
<i>Spizastur melanoleucus</i>	Residente	P
<i>Spizaetus tyrannus</i>	Residente	A
<i>Spizaetus ornatus</i>	Residente	P
<i>Falco columbarius</i>	Residente de invierno	A
<i>Falco ruficularis</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>Limnothlypis swainsonii</i>	Residente de invierno	P
<i>Wilsonia citrina</i>	Residente de invierno	A
<i>Icterus cucullatus</i>	Residente	A
<i>Icterus auratus</i>	Residente	A

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

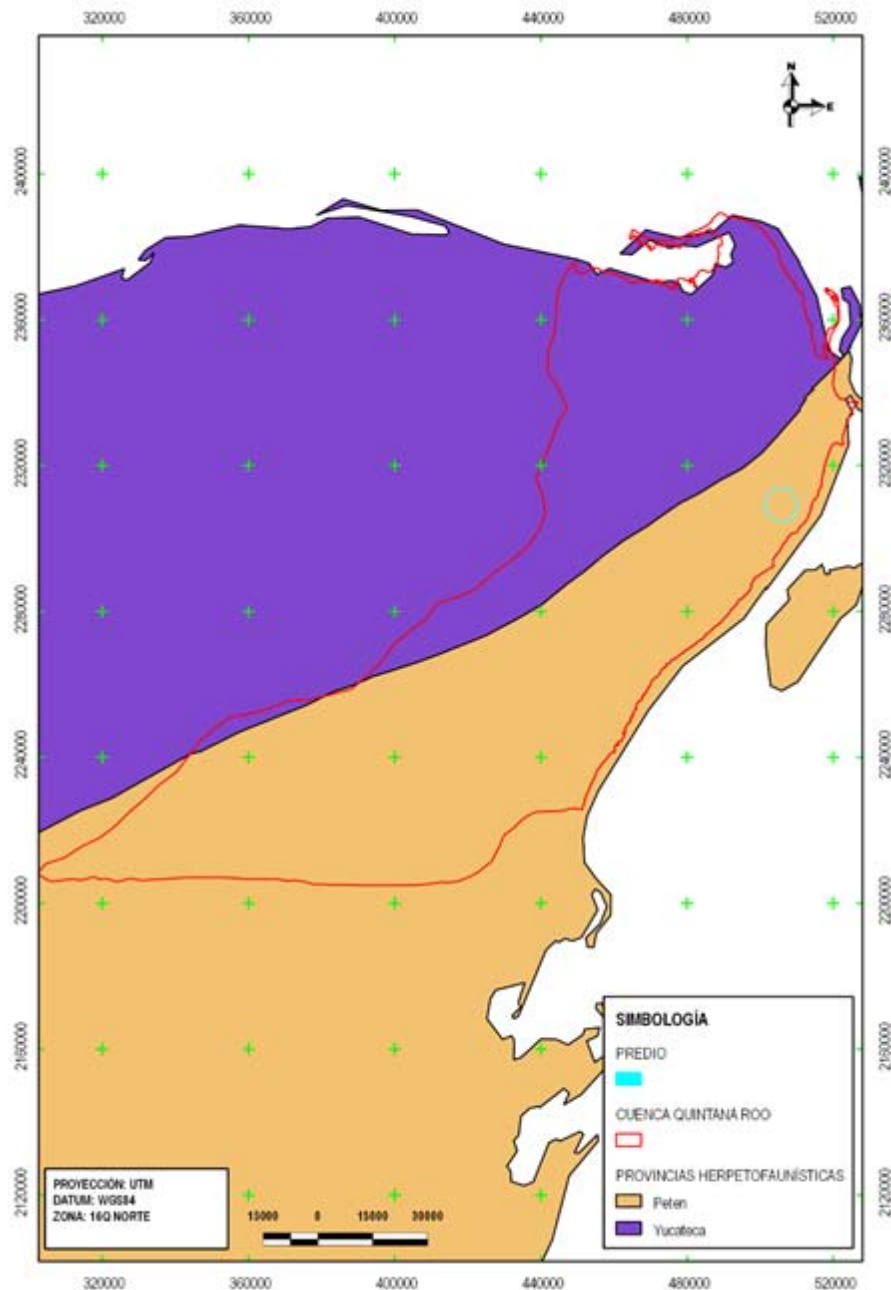
En el siguiente plano se muestra la ubicación de la cuenca Quintana Roo dentro del mapa de AICAS, según la CONABIO.



Ubicación de la cuenca Quintana Roo dentro del mapa de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves. Fuente: Datos vectoriales, CONABIO (escala 1:1000000).

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





*Ubicación la cuenca Quintana Roo dentro del mapa de provincias herpetofaunísticas.  
Fuente: Datos vectoriales, CONABIO (escala 1:1000000).*

La provincia Yucateca, por su ubicación, en relación con la circulación de vientos y su orografía llana, es una provincia relativamente seca; a pesar de que el aire que corre sobre ella contiene grandes cantidades de humedad, no produce nubes ni precipitación en la misma proporción, sino hasta elevarse en tierras de relieve más complejo, en Chiapas. Su extremo noroeste muestra una pequeña franja costera con clima semiárido, aunque la

mayor parte del área tiene un clima tropical subhúmedo (95%). Por eso, la vegetación predominante en su mayoría está compuesta por selvas bajas caducifolias (85%). Entre las especies endémicas de la provincia Yucateca se encuentran *Encyclia nematocaulon* (orquídea), *Sceloporus cozumelae* (lagartija), *Peromyscus yucatanicus yucatanicus* (ratón).

Por su parte, la provincia del Petén, se ubica hacia el sureste de la Península de Yucatán, donde hay mayor cantidad de lluvias, lo que permite que la vegetación dominante esté constituida por selvas altas perennifolias (72%) y en menor grado por selvas espinosas (13%). Esta provincia se extiende hasta el Petén de Guatemala y Belice, limitado por la Sierra de los Cuchumatanes hasta la Bahía de Amatique. En su extremo occidental, el Río Candelaria marca el límite de la distribución de muchos grupos de esta provincia, aunque en algunos sistemas incluye gran parte de la porción sur de la costa del Golfo de México, a partir de los pantanos de Centla, o el Usumacinta, en Tabasco. *Peromyscus yucatanicus badius* es un ratón típico del Petén.

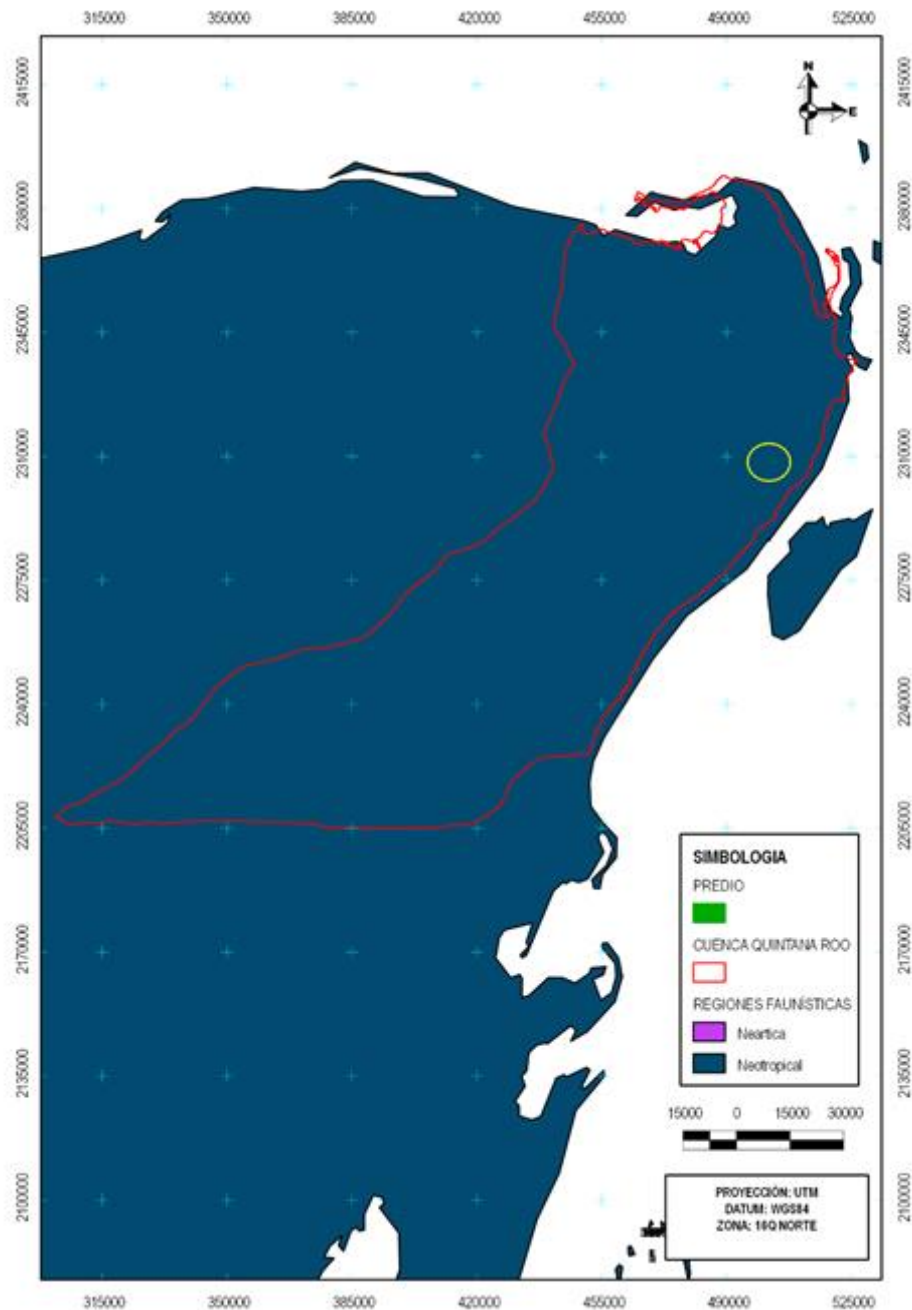
### Regiones zoogeográficas

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*).



*Ubicación la cuenca Quintana Roo dentro del mapa de regiones zoogeográficas. Fuente: Datos vectoriales, CONABIO (escala 1:100000).*

### **IV.3. 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 escasas de datos oficiales que se encuentran publicados a la fecha en relación a las microcuencas.

Por lo que toca a los aspectos bióticos, éstos se comportan de manera distinta, pues si bien es cierto que se pensaría que su distribución debiera ser relativamente homogénea dentro gran parte de la cuenca y los ecosistemas, lo anterior no sucede en la realidad debido a que los organismos responden ante las diversas presiones ambientales y antrópicas.

En este sentido, y considerando que las características florísticas y faunísticas citadas en apartados anteriores consisten en su mayoría en datos crudos que difícilmente podrían ser analizados respecto a la superficie del predio de interés en virtud de la gran diferencia que existe entre ambas superficies (cuenca 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 utilizar otra unidad de análisis más específica (subcuenca o microcuenca), se realizaron varios intentos por obtener literatura respecto a las microcuencas hidrológico forestales de la zona, no obstante, ninguna fuente oficial (INEGI, CONAFOR, CONABIO, CNA, etc.) cuenta con información disponible y vigente, que permita determinar en qué microcuenca se ubica el terreno en estudio; por lo que bajo dicho panorama se optó por utilizar los criterios de la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), establecidos para la delimitación de las microcuencas, a fin de poder establecer la unidad de análisis del proyecto, considerando la magnitud del área sujeta a cambio de uso de suelo. Los criterios antes referidos se describen a continuación.

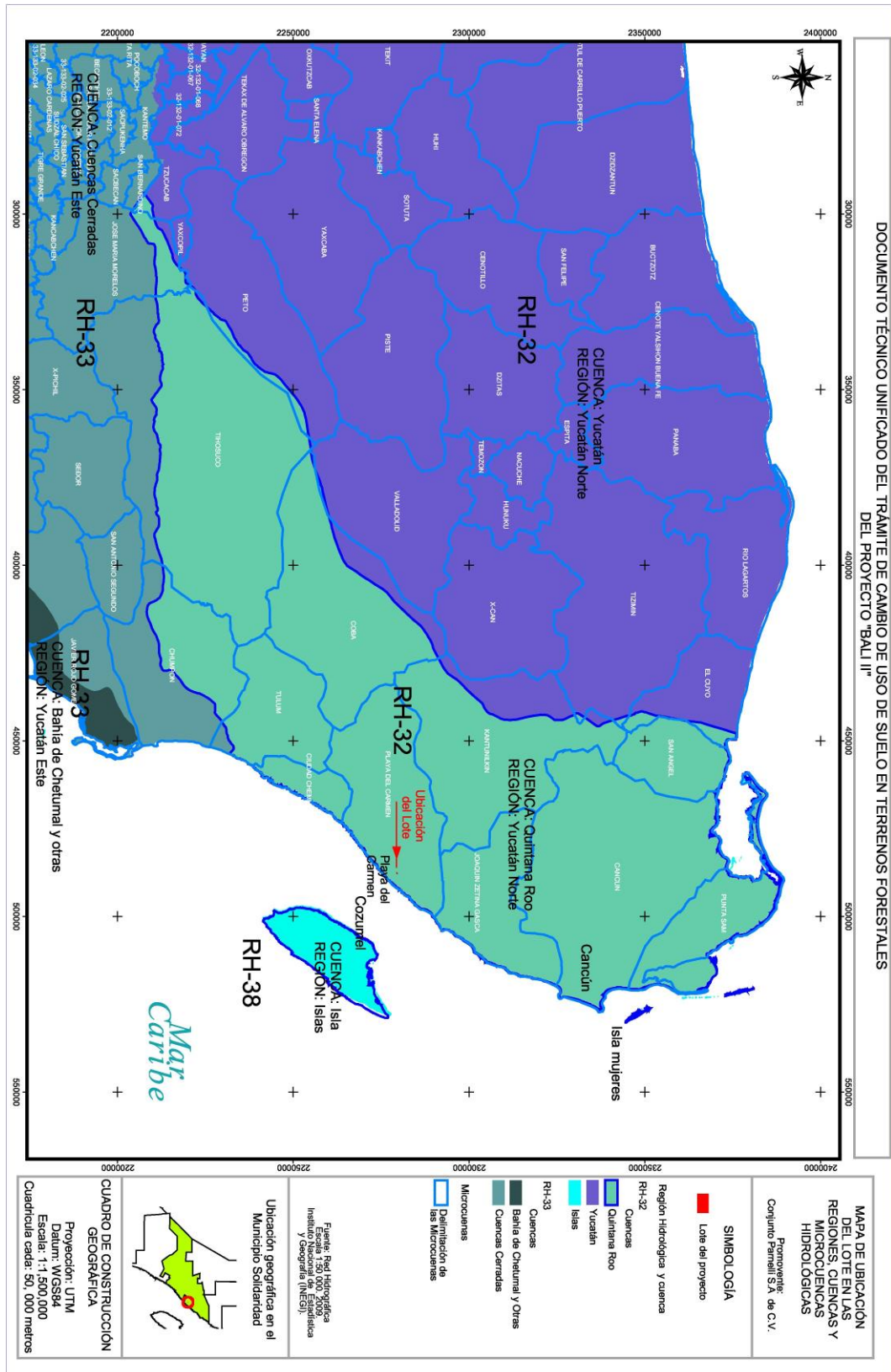
Los criterios que pueden ser elegidos para seleccionar microcuencas dependen del objetivo de la acción que se plantea desarrollar. Se pueden identificar cuatro grandes grupos de criterios:

- **Estratégicos:** Son criterios que pueden establecerse en un nivel macro, en el marco de políticas nacionales, departamentales o municipales. Por ejemplo, suministro de agua potable a poblaciones, presencia de embalses, corredores biológicos o áreas protegidas, ubicación de la microcuenca en áreas con planes de desarrollo integral, etc.
- **Institucionales:** Son criterios relacionados al rol de las instituciones; por ejemplo, ubicación en las zonas de atención o cobertura de éstas, tipo de público que atiende, prioridad en aspectos ambientales, etc.
- **Operativos:** Son criterios relacionados con aspectos de logística, tales como: distancia de las oficinas, tamaño de la microcuenca (área y población), posibilidades de coordinación con otras instituciones y actores, entre otros.
- **Técnicos agronómicos y ambientales:** Son criterios relacionados con los aspectos biofísicos (cabecera de subcuenca o cuenca, disponibilidad de agua, nivel de deterioro de los recursos naturales, riesgo para la población, etc.) y socioeconómicos (sistemas de producción dominantes, nivel de organización, motivación para el cambio, capacidad de inversión, relevancia del curso de agua como agua potable para la población, entre otros).

En este sentido, y considerando que las características florísticas y faunísticas citadas en apartados anteriores consisten en su mayoría en datos crudos que difícilmente podrían ser analizados respecto a la superficie del predio de interés en virtud de la gran diferencia que existe entre ambas superficies (Cuenca de Quintana Roo vs predio), se advierte la necesidad de contar con un panorama más preciso de las características bióticas en una escala menor; a fin de que los datos obtenidos permitan ser analizados respecto a la superficie 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 Ambiental (SIGEIA).

Ante lo arriba expuesto y considerando la ubicación del predio, se determinó como sistema ambiental a la Microcuenca de Playa del Carmen, con código 33-131-01-006, misma que cuenta con una superficie de 126,575.27 ha.



Microcuenca establecida

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

#### IV.4. Componentes bióticos

##### IV.4.1. Vegetación

A nivel de la microcuenca se identificaron tres tipos de vegetación (Selva mediana subperennifolia, manglar y tular) y dos usos de suelo predominantes (asentamientos humanos y zona urbana):

**Selva Mediana Subperennifolia.** Cubre una extensión de 120,132.817 ha. en la microcuenca. Este tipo de vegetación se caracteriza porque del 25 al 50 % de sus especies pierden sus hojas durante la época seca del año. Se constituye por varios estratos entre los 7 y los 25 m. de altura, un estrato arbustivo, otro herbáceo compuesto por plántulas de las especies arbóreas, hay algunas especies de suculentas y algunas secundarias, con gran cantidad de trepadoras o epífitas (Cabrera C.E *et al*, 1982). Las especies arbóreas que generalmente dominan en esta comunidad son: *Brosimum alicastrum*, *Bursera simaruba*, *Drypetes sp.*, *Manilkara zapota*, *Metopium brownei*, *Nectandra coriacea*, *Psidium sartorianum*, *Talisia olivaeformis*, *Vitex gaumeri*, *Thrinax radiata*, entre otras. Registros sobre la flora que circunda a la zona arqueológica de Coba, hacen mención de algunas otras especies sobresalientes, como son la ceiba (*Bombax ceiba*), el balché (*Lonchocarpus longistylus*), el palo de corcho (*Anona glabra*), entre otras (INAH, 1983).

**Manglar:** Cubre una extensión de 728.481 ha. de la superficie vegetal de la microcuenca. Es una comunidad densa, dominada principalmente por un grupo de especies arbóreas cuya altura es de 3 a 5 m, pudiendo alcanzar hasta los 30 m. Una característica que presenta los mangles son sus raíces en forma de zancos, cuya adaptación le permite estar en contacto directo con el agua salobre, sin ser necesariamente plantas halófitas. Se desarrolla en zonas bajas y fangosas de las costas, en lagunas, esteros y estuarios de los ríos. La composición florística que lo forman son el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle salado (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*). El uso principal desde el punto de vista forestal es la obtención de taninos para la curtiduría, la madera para la elaboración de carbón, aperos de labranza y embalses. Una característica importante que presenta la madera de mangle es la resistencia a la putrefacción. Pero quizá el uso más importante que presenta el manglar es el albergue de muchas especies de invertebrados como los moluscos y crustáceos, destacando el camarón y el ostión cuyo valor alimenticio y económico es alto.

**Tular:** Cubre una extensión de 129.890 ha. de la cobertura vegetal de la microcuenca y se caracteriza por ser una comunidad de plantas acuáticas, arraigadas en el fondo, constituida por monocotiledóneas de 80 cm hasta 2.5 m de alto, de hojas largas y angostas o bien carente de ellas. Su distribución es cosmopolita, se desarrollan en lagunas y lagos de agua dulce o salada y de escasa profundidad, principalmente en la zona del altiplano. Este tipo de vegetación está constituido básicamente por plantas de tule (*Typha spp.*), y tutillo (*Scirpus pp.*), también es común encontrar los llamados carrizales de (*Phragmites communis*) y (*Arundodonax*).

#### **IV.4.2. Fauna**

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

#### **IV.5. 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**

##### **IV.5.1. VEGETACIÓN**

#### **Delimitación del área de estudio**

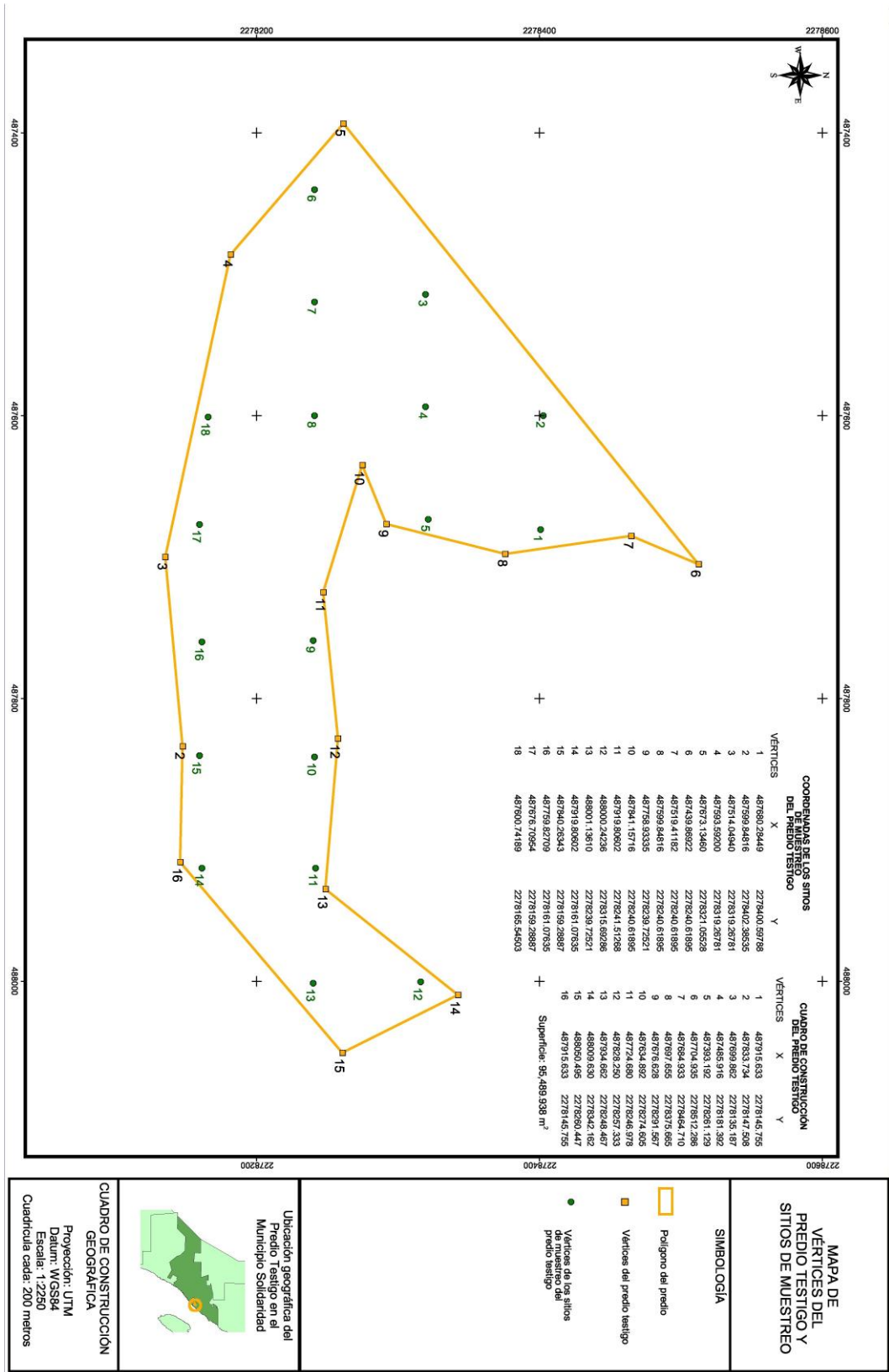
Para poder estimar los índices de diversidad de la flora y fauna, y con la intención de obtener resultados confiables y característicos del ecosistema que se analiza, se procedió a buscar dentro de la microcuenca un predio cercano al terreno forestar de interés, cuya característica principal fuera la total presencia de vegetación de Selva mediana subperennifolia (mismo ecosistema al que será afectado).

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



Para poder sustentar la información presentada, se utilizó el plano E\_14 Zonificación secundaria, usos y destinos de suelo contenido en el PDUPC, sobrepuesta en la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI (serie IV, escala 1:250,000). Cabe aclarar que con fines prácticos y metodológicos, se seleccionó sólo uno de los polígonos bajo el uso de suelo PE/rs; mismo que presentan una vegetación de Selva mediana subperennifolia (ecosistema similar al que será afectado). Dicho polígono presenta una superficie de 9.55 hectáreas (ver planos siguiente), cuyos vértices se citan en la siguiente tabla:

COORDENADAS UTM DEL PREDIO TESTIGO		
SITIO	X	Y
1	487915.633	2278145.755
2	487833.734	2278147.508
3	487699.862	2278135.187
4	487485.916	2278181.392
5	487393.192	2278261.129
6	487704.935	2278512.286
7	487684.933	2278464.710
8	487697.655	2278375.665
9	487676.628	2278291.567
10	487634.892	2278274.605
11	487724.680	2278246.978
12	487828.250	2278257.333
13	487934.662	2278248.467
14	488009.630	2278342.162
15	488050.495	2278260.447
16	487915.633	2278145.755



Ubicación y sitios de muestro del predio de referencia

### » Metodología del inventario

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

A continuación se presentan las coordenadas de los sitios de muestreo del polígono estudiado en la microcuenca.

COORDENADAS DE LOS SITIOS DE MUESTREO DEL PREDIO TESTIGO		
VÉRTICES	X	Y
1	487680.284	2278400.597
2	487599.848	2278402.385
3	487514.049	2278319.267
4	487593.592	2278319.267
5	487673.134	2278321.055
6	487439.869	2278240.618
7	487519.411	2278240.618
8	487599.848	2278240.618
9	487758.933	2278239.725
10	487841.157	2278240.618
11	487919.806	2278241.512
12	488000.242	2278315.692
13	488001.136	2278239.725
14	487919.806	2278161.076
15	487840.263	2278159.288
16	487759.827	2278161.076
17	487676.709	2278159.288
18	487600.741	2278165.545

### » 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 18 sitios de muestreo de dimensiones fijas, consistentes en cuadrantes anidados para poder cubrir todos los estratos de la vegetación, a saber:

- Estrato arbóreo: cuadrantes fijos de 500 m<sup>2</sup> (25 m por 20 m).
- Estrato arbustivo: cuadrantes fijos de 100 m<sup>2</sup> (10 m por 10 m).
- Estrato herbáceo: cuadrantes fijos de 4 m<sup>2</sup> (2 m por 2 m).

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

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

ESTRATO ARBÓREO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1.	Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechem
2.	Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>	Jobo
3.	Annonaceae	<i>Malmea depressa</i>	Elemuy
4.	Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akits
5.	Apocynaceae	<i>Cameraria latifolia</i>	Chechen blanco
6.	Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Sakchacah
7.	Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Huano
8.	Arecaceae	<i>Trinax radiata</i>	Chit
9.	Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i>	Nacax
10.	Bombacaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>	Pochote
11.	Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba
12.	Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	Siricote
13.	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
14.	Burseraceae	<i>Protium copal</i>	Copal
15.	Canellaceae	<i>Canella winterana</i>	Canela de cuyo
16.	Caparidaceae	<i>Capparis verrucosa</i>	Naranjillo
17.	Ebenaceae	<i>Diospyros cuneata</i>	Silil
18.	Euphorbiaceae	<i>Guettarda elliptica</i>	Ekulub o cascarillo
19.	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes licida</i>	Yayté
20.	Fabaceae	<i>Acacia cornigera</i>	Subin
21.	Fabaceae	<i>Acacia dolichostachya</i>	Tzalam verde
22.	Fabaceae	<i>Acacia glauveri</i>	Catzin
23.	Fabaceae	<i>Acacia glomerosa</i>	Sakpich
24.	Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
25.	Fabaceae	<i>Bauhinia jenningsii</i>	Tzimin

ESTRATO ARBÓREO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
26.	Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamché
27.	Fabaceae	<i>Diphysa carthagenensis</i>	Zuzuk
28.	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cacaoché
29.	Fabaceae	<i>Lonchocarpus</i>	Xu'ul
30.	Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canazin
31.	Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
32.	Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
33.	Fabaceae	<i>Swartzia cubensis</i>	Catalog
34.	Fabaceae	<i>Sweetia panamensis</i>	Huesillo
35.	Flacourtiaceae	<i>Laethia thamnina</i>	Huilote
36.	Flacourtiaceae	<i>Zuelania guidonia</i>	Palo volador
37.	Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
38.	Malpighiaceae	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	Sak paj
39.	Malpighiaceae	<i>Malpighia glabra</i>	Guayacte
40.	Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Majahua
41.	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón
42.	Moraceae	<i>Ficus continifolia</i>	Amatillo (hoja)
43.	Moraceae	<i>Ficus obtusifolia</i>	Higo copó
44.	Moraceae	<i>Ficus tecolutensis</i>	Mata palo
45.	Moraceae	<i>Ficus máxima</i>	Higuera
46.	Myrsinaceae	<i>Ardisia escallonioides</i>	Plomo ché
47.	Myrtaceae	<i>Eugenia trikii</i>	Escobeta
48.	Myrtaceae	<i>Psidium sartorianum</i>	Guayabillo
49.	Myrtaceae	<i>Myrcianthes fragrans</i>	Koj kaan'
50.	Nyctaginaceae	<i>Neea psychotrioides</i>	Xta'tsi
51.	Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadensis</i>	Sac boob
52.	Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
53.	Polygonaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Tzizilché
54.	Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	Tastab
55.	Rubiaceae	<i>Randia aculeata</i>	Cruceta
56.	Rutaceae	<i>Amyris sylvatica</i>	Palo de gas
57.	Rutaceae	<i>Casimiroa tetrameria</i>	Yuy
58.	Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i>	Sakpom
59.	Sapindaceae	<i>Matayba oppositifolia</i>	Guayancox
60.	Sapindaceae	<i>Talisia olivaeformis</i>	Huaya de monte
61.	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito
62.	Sapotaceae	<i>Dipholis salicifolia</i>	Zapote faisán
63.	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote
64.	Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i>	Kaniste o mante
65.	Sapotaceae	<i>Pouteria unilocularis</i>	Zapotillo
66.	Simaroubaceae	<i>Simarouba glauca</i>	Pa'sak'
67.	Urticaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i>	Guarumbo
68.	Verbenaceae	<i>Vitex graumeri</i>	Ya'a xnik

ESTRATO ARBUSTIVO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1.	Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechem

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

ESTRATO HERBÁCEO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechem
2	Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akits
3	Araceae	<i>Anthurium</i>	Bobtún
4	Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Huano
5	Arecaceae	<i>Trinax radiata</i>	Chit
6	Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i>	Nacax
7	Arecaceae	<i>Chamaedora seifrizii</i>	Xyaat
8	Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	Siricote

ESTRATO HERBÁCEO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
9	Bromeliaceae	<i>Aechmea bracteata</i>	Nej ku'uk
10	Bromeliaceae	<i>Bromelia karatas</i>	Piñuela
11	Bromeliaceae	<i>Tillandsia festucoides</i>	Xanab
12	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
13	Commelinaceae	<i>Rhoeo discolor</i>	Maguey morado
14	Convolvulaceae	<i>Jacquemontia nodiflora</i>	Abrazapalo
15	Dilleniaceae	<i>Tetracera volubilis</i>	Bejuco rasposo
16	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes licida</i>	Yayté
17	Fabaceae	<i>Acacia cornigera</i>	Subin
18	Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
19	Fabaceae	<i>Bauhinia jenningsii</i>	Tzimin
20	Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
21	Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
22	Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
23	Malpighiaceae	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	Sak paj
24	Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Majahua
25	Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Tulipancillo
26	Malvaceae	<i>Sida acuta</i>	Malva de caballo
27	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón
28	Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	Amatillo (hoja)
29	Myrsinaceae	<i>Ardisia escallonioides</i>	Plomo ché
30	Orchidaceae	<i>Catasetum integerrimum</i>	Cebolleta
31	Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Sac boob
32	Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
33	Polygonaceae	<i>Gymnopodium</i>	Tzizilché
34	Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	Tastab
35	Rubiaceae	<i>Psychotria nervosa</i>	Café de monte
36	Rubiaceae	<i>Randia aculeata</i>	Cruceta
37	Sapindaceae	<i>Cardiospermum</i>	P'aak ak'
38	Sapindaceae	<i>Paullinia cururu</i>	Xcheem ak'
39	Sapindaceae	<i>Serjania adiantoides</i>	Buy
40	Sapindaceae	<i>Serjania goniocarpa</i>	Bejuco tres lomos
41	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum</i>	Caimito
42	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote
43	Smilacaceae	<i>Smilax mollis</i>	Diente de perro
44	Vitaceae	<i>Cissus gossypiifolia</i>	Xta' kanil

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

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

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

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

REGISTRO	OTRAS ESPECIES REGISTRADAS EN LA MICROCUENCA		
	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Myrtaceae	<i>Calyptranthes pallens</i>	Chak ni
2	Euphorbiaceae	<i>Croton niveus</i>	Croton
3	Bignoniaceae	<i>Cydista potosina</i>	X-kan lol
4	Leguminosae	<i>Erythrina standleyana</i>	Chac chobenche
5	Sapindaceae	<i>Exothea diphylla</i>	Wayam
6	Euphorbiaceae	<i>Jatropha gaumeri</i>	Pomolche
7	Icacinaceae	<i>Ottoschulzia pallida</i>	Opta

REGISTRO	OTRAS ESPECIES REGISTRADAS EN LA MICROCUENCA		
	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
8	Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Sacpa
9	Sapindaceae	<i>Thouinia paucidentata</i>	K'anchunuup
10	Ebenaceae	<i>Diospyros yucatanensis</i>	Diospiro

Citado en: DTU modalidad A de los proyectos "Desarrollo Habitacional Villas del Sol" y "Bosques Bambú"

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

### » Análisis de abundancia

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

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



ESTRATO ARBÓREO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IN ÁREA MUESTREADA = 9,000 m <sup>2</sup>	Aa = # DE IND POR HECTÁREA	Pi= (ABUNDANCIA RELATIVA)
<i>Metopium brownei</i>	102	107	0.080
<i>Spondias mombin</i>	3	3	0.002
<i>Malmea depressa</i>	1	1	0.001
<i>Thevetia gaumeri</i>	9	9	0.007
<i>Cameraria latifolia</i>	1	1	0.001
<i>Dendropanax arboreus</i>	43	45	0.034
<i>Sabal yapa</i>	12	13	0.009
<i>Trinax radiata</i>	14	15	0.011
<i>Coccothrinax readii</i>	8	8	0.006
<i>Ceiba aesculifolia</i>	3	3	0.002
<i>Ceiba pentandra</i>	5	5	0.004
<i>Cordia dodecandra</i>	6	6	0.005
<i>Bursera simaruba</i>	92	97	0.072
<i>Protium copal</i>	4	4	0.003
<i>Canella winterana</i>	2	2	0.002
<i>Capparis verrucosa</i>	3	3	0.002
<i>Diospyros cuneata</i>	1	1	0.001
<i>Guettarda elliptica</i>	40	42	0.031
<i>Gymnanthes licida</i>	3	3	0.002
<i>Acacia cornigera</i>	1	1	0.001
<i>Acacia dolichostachya</i>	1	1	0.001
<i>Acacia gaumeri</i>	6	6	0.005
<i>Acacia glomerosa</i>	1	1	0.001
<i>Bauhinia divaricata</i>	1	1	0.001
<i>Bauhinia jenningsii</i>	2	2	0.002
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	2	2	0.002
<i>Diphysa carthagenensis</i>	5	5	0.004
<i>Gliricidia sepium</i>	9	9	0.007
<i>Lonchocarpus</i>	5	5	0.004
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	25	26	0.020
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	125	132	0.098
<i>Piscidia piscipula</i>	82	86	0.064
<i>Swartzia cubensis</i>	36	38	0.028
<i>Sweetia panamensis</i>	8	8	0.006
<i>Laethia thamnia</i>	1	1	0.001
<i>Zuelania guidonia</i>	2	2	0.002
<i>Nectandra coriacea</i>	12	13	0.009
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	5	5	0.004
<i>Malpighia glabra</i>	3	3	0.002
<i>Hampea trilobata</i>	2	2	0.002
<i>Brosimum alicastrum</i>	2	2	0.002
<i>Ficus cotinifolia</i>	92	97	0.072
<i>Ficus obtusifolia</i>	73	77	0.057
<i>Ficus tecolutensis</i>	84	88	0.066
<i>Ficus máxima</i>	10	11	0.008
<i>Ardisia escallonioides</i>	5	5	0.004
<i>Eugenia trikii</i>	1	1	0.001
<i>Psidium sartorianum</i>	12	13	0.009

ESTRATO ARBÓREO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IN ÁREA MUESTREADA = 9,000 m <sup>2</sup>	Aa = # DE IND POR HECTÁREA	Pi= (ABUNDANCIA RELATIVA)
<i>Myrcianthes fragrans</i>	6	6	0.005
<i>Neea psychotrioides</i>	2	2	0.002
<i>Coccoloba diversifolia</i>	6	6	0.005
<i>Coccoloba spicata</i>	7	7	0.005
<i>Gymnopodium</i>	10	11	0.008
<i>Guettarda combsii</i>	2	2	0.002
<i>Randia aculeata</i>	1	1	0.001
<i>Amyris sylvatica</i>	2	2	0.002
<i>Casimiroa tetrameria</i>	3	3	0.002
<i>Cupania dentata</i>	1	1	0.001
<i>Matayba oppositifolia</i>	3	3	0.002
<i>Talisia olivaeformis</i>	4	4	0.003
<i>Chrysophyllum</i>	1	1	0.001
<i>Dipholis salicifolia</i>	26	27	0.020
<i>Manilkara zapota</i>	60	63	0.047
<i>Pouteria campechiana</i>	10	11	0.008
<i>Pouteria unilocularis</i>	1	1	0.001
<i>Simarouba glauca</i>	15	16	0.012
<i>Cecropia obtusifolia</i>	3	3	0.002
<i>Vitex graumeri</i>	147	155	0.115
<b>TOTAL</b>	<b>1,275</b>	<b>1,336</b>	<b>1.000</b>

ESTRATO ARBUSTIVO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IN SUP. DE MUESTREO = 1,800 m <sup>2</sup>	Aa = # DE IND POR HECTÁREA	Pi= (ABUNDANCIA RELATIVA)
<i>Metopium brownei</i>	15	79	0.035
<i>Thevetia gaumeri</i>	22	116	0.051
<i>Sabal yapa</i>	14	74	0.032
<i>Trinax radiata</i>	23	121	0.053
<i>Coccothrinax readii</i>	12	63	0.028
<i>Chamaedora seifrizii</i>	53	279	0.122
<i>Cordia dodecandra</i>	8	42	0.018
<i>Bursera simaruba</i>	4	21	0.009
<i>Capparis verrucosa</i>	2	11	0.005
<i>Gymnanthes licida</i>	32	168	0.074
<i>Acacia cornigera</i>	18	95	0.042
<i>Acacia gaumeri</i>	2	11	0.005
<i>Bauhinia divaricata</i>	3	16	0.007
<i>Bauhinia jenningsii</i>	1	5	0.002
<i>Gliricidia sepium</i>	5	26	0.012
<i>Lonchocarpus</i>	6	32	0.014
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	8	42	0.018
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	28	147	0.065
<i>Piscidia piscipula</i>	48	253	0.111
<i>Nectandra coriacea</i>	15	79	0.035
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	3	16	0.007

ESTRATO ARBUSTIVO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE INDSUP. DE MUESTREO = 1,800 m <sup>2</sup>	Aa = # DE IND POR HECTÁREA	Pi= (ABUNDANCIA RELATIVA)
<i>Hampea trilobata</i>	9	47	0.021
<i>Brosimum alicastrum</i>	4	21	0.009
<i>Ficus cotinifolia</i>	6	32	0.014
<i>Ficus obtusifolia</i>	2	11	0.005
<i>Ficus tecolutensis</i>	1	5	0.002
<i>Ficus máxima</i>	2	11	0.005
<i>Ardisia escallonioides</i>	3	16	0.007
<i>Psidium sartorianum</i>	5	26	0.012
<i>Myrcianthes fragrans</i>	4	21	0.009
<i>Coccoloba diversifolia</i>	12	63	0.028
<i>Coccoloba spicata</i>	9	47	0.021
<i>Gymnopodium floribundum</i>	13	68	0.030
<i>Guettarda combsii</i>	6	32	0.014
<i>Randia aculeata</i>	2	11	0.005
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	4	21	0.009
<i>Manilkara zapota</i>	29	153	0.067
<b>TOTAL</b>	<b>433</b>	<b>2,281</b>	<b>1.000</b>

ESTRATO HERBÁCEO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO = 72 m <sup>2</sup>	Aa = # DE IND POR HECTÁREA	Pi= (ABUNDANCIA RELATIVA)
<i>Metopium brownei</i>	50	6579	0.033
<i>Thevetia gaumeri</i>	10	1,316	0.007
<i>Anthurium schlechtendalii</i>	6	789	0.004
<i>Sabal yapa</i>	66	8,684	0.044
<i>Trinax radiata</i>	199	26,184	0.132
<i>Coccothrinax readii</i>	349	45,921	0.231
<i>Chamaedora seifrizii</i>	76	10,000	0.050
<i>Cordia dodecandra</i>	6	789	0.004
<i>Aechmea bracteata</i>	3	395	0.002
<i>Bromelia karatas</i>	28	3,684	0.019
<i>Tillandsia festucoides</i>	3	395	0.002
<i>Bursera simaruba</i>	18	2368	0.012
<i>Rhoeo discolor</i>	32	4,211	0.021
<i>Jacquemontia nodiflora</i>	2	263	0.001
<i>Tetracera volubilis</i>	1	132	0.001
<i>Gymnanthes licida</i>	42	5,526	0.028
<i>Acacia cornigera</i>	23	3,026	0.015
<i>Bauhinia divaricata</i>	8	1053	0.005
<i>Bauhinia jenningsii</i>	12	1,579	0.008
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	7	921	0.005
<i>Piscidia piscipula</i>	19	2,500	0.013
<i>Nectandra coriacea</i>	2	263	0.001
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	1	132	0.001
<i>Hampea trilobata</i>	15	1,974	0.010
<i>Malvaviscus arboreus</i>	42	5,526	0.028

ESTRATO HERBÁCEO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO = 72 m <sup>2</sup>	Aa = # DE IND POR HECTÁREA	Pi= (ABUNDANCIA RELATIVA)
<i>Sida acuta</i>	10	1,316	0.007
<i>Brosimum alicastrum</i>	17	2,237	0.011
<i>Ficus cotinifolia</i>	1	132	0.001
<i>Ardisia escallonioides</i>	3	395	0.002
<i>Catasetum integerrimum</i>	1	132	0.001
<i>Coccoloba diversifolia</i>	21	2,763	0.014
<i>Coccoloba spicata</i>	36	4,737	0.024
<i>Gymnopodium</i>	15	1,974	0.010
<i>Guettarda combsii</i>	3	395	0.002
<i>Psychotria nervosa</i>	53	6,974	0.035
<i>Randia aculeata</i>	45	5,921	0.030
<i>Cardiospermum</i>	35	4,605	0.023
<i>Paullinia cururu</i>	63	8,289	0.042
<i>Serjania adiantoides</i>	25	3,289	0.017
<i>Serjania goniocarpa</i>	12	1,579	0.008
<i>Chrysophyllum</i>	9	1,184	0.006
<i>Manilkara zapota</i>	86	11,316	0.057
<i>Smilax mollis</i>	23	3,026	0.015
<i>Cissus gossypifolia</i>	31	4,079	0.021
<b>TOTAL</b>	<b>1,509</b>	<b>198,553</b>	<b>1.000</b>

### » Valor de importancia Flora

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

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

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

Donde:

A% = abundancia relativa

Dom% = dominancia relativa

Frec% = frecuencia relativa

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

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

Donde:

DeR = Densidad Relativa

Ei = Numero de ocurrencias de la especie i

$\Sigma\text{E}$  = Número total de individuos

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

$$\text{DR} = (\text{ABi} / \Sigma\text{AB}) \times 100$$

Donde:

DR = Dominancia relativa de la especie i

$\Sigma\text{ABi}$  = Sumatoria de las áreas basales de la especie i

$\Sigma\text{AB}$  = 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.

$$\text{FR} = (\text{Fi} / \Sigma\text{F}) \times 100$$

Donde:

FR = Frecuencia relativa de la especie i

Fi = Número de cuadrantes donde la especie i ocurre

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

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

- Estrato Arbóreo

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (DEN%+FR%+D%)				
ESPECIES	DEN%= NI/N * 100	FR%= FI/FT * 100	D%= GI / $\sum$ GI * 100	IVI
<i>Acacia cornigera</i>	0.07	0.28	0.03	0.38
<i>Acacia dolichostachya</i>	0.07	0.28	0.03	0.38
<i>Acacia gaumeri</i>	0.45	1.11	0.65	2.21
<i>Acacia glomerosa</i>	0.07	0.28	0.03	0.38
<i>Amyris sylvatica</i>	0.15	0.56	0.05	0.76
<i>Ardisia escallonioides</i>	0.37	1.11	0.27	1.75
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.07	0.28	0.12	0.47
<i>Bauhinia jenningsii</i>	0.15	0.56	0.37	1.08
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.15	0.56	0.05	0.76
<i>Bursera simaruba</i>	7.26	3.33	5.4	15.99
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	0.37	1.39	0.24	2.00
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	0.15	0.56	0.37	1.08
<i>Cameraria latifolia</i>	0.07	0.28	0.04	0.39
<i>Canella winterana</i>	0.15	0.28	0.37	0.80
<i>Capparis verrucosa</i>	0.22	0.83	0.08	1.13
<i>Casimiroa tetrameria</i>	0.22	0.83	0.38	1.43
<i>Cecropia obtusifolia</i>	0.22	0.83	0.14	1.19
<i>Ceiba aesculifolia</i>	0.22	0.56	0.41	1.19
<i>Ceiba pentandra</i>	0.37	0.56	0.21	1.14
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	0.07	0.28	0.06	0.41
<i>Coccoloba diversifolia</i>	0.45	1.67	0.29	2.41
<i>Coccoloba spicata</i>	0.52	1.67	0.88	3.07
<i>Coccothrinax readii</i>	0.60	1.67	0.27	2.54
<i>Cordia dodecandra</i>	0.45	0.83	0.24	1.52
<i>Cupania dentata</i>	0.07	0.28	0.11	0.46
<i>Dendropanax arboreus</i>	3.37	1.94	2.51	7.82
<i>Diospyros cuneata</i>	0.07	0.28	0.06	0.41
<i>Dipholis salicifolia</i>	2.02	3.61	1.68	7.31
<i>Diphysa carthagenensis</i>	0.37	0.83	0.18	1.38
<i>Eugenia tripii</i>	0.07	0.28	0.06	0.41
<i>Ficus cotinifolia</i>	7.26	3.61	5.22	16.10
<i>Ficus máxima</i>	0.82	2.22	0.63	3.67
<i>Ficus obtusifolia</i>	5.76	4.44	8.17	18.37
<i>Ficus tecolutensis</i>	6.59	3.89	12.79	23.27
<i>Gliricidia sepium</i>	0.67	1.39	0.74	2.80
<i>Guettarda combsii</i>	0.15	0.56	0.08	0.79
<i>Guettarda elliptica</i>	3.14	1.94	1.22	6.30
<i>Gymnanthes licida</i>	0.22	0.56	0.1	0.88

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (DEN%+FR%+D%)				
ESPECIES	DEN%= NI/N * 100	FR%= FI/FT * 100	D%= GI / $\sum$ GI * 100	IVI
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.82	2.22	0.39	3.43
<i>Hampea trilobata</i>	0.15	0.56	0.13	0.84
<i>Laethia thamnina</i>	0.07	0.28	0.02	0.37
<i>Lonchocarpus luteomaculatus</i>	0.37	0.83	0.29	1.49
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	1.95	1.67	1.68	5.30
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	9.88	3.33	10.39	23.60
<i>Malmea depressa</i>	0.07	0.28	0.03	0.38
<i>Malpighia glabra</i>	0.22	0.83	0.1	1.15
<i>Manilkara zapota</i>	4.72	3.89	3.88	12.49
<i>Matayba oppositifolia</i>	0.22	0.83	0.19	1.24
<i>Metopium brownei</i>	8.01	3.06	8	19.07
<i>Myrcianthes fragrans</i>	0.45	1.67	0.38	2.50
<i>Nectandra coriacea</i>	0.97	2.22	1.11	4.30
<i>Neea psychotrioides</i>	0.15	0.56	0.07	0.78
<i>Piscidia piscipula</i>	6.44	3.06	5.45	14.95
<i>Pouteria campechiana</i>	0.82	2.78	0.69	4.29
<i>Pouteria unilocularis</i>	0.07	0.28	0.03	0.38
<i>Protium copal</i>	0.30	1.11	0.13	1.54
<i>Psidium sartorianum</i>	0.97	1.67	0.67	3.31
<i>Randia aculeata</i>	0.07	0.28	0.03	0.38
<i>Sabal yapa</i>	0.97	1.39	0.86	3.22
<i>Simarouba glauca</i>	1.20	3.89	0.86	5.95
<i>Spondias mombin</i>	0.22	0.83	0.18	1.23
<i>Swartzia cubensis</i>	2.84	3.61	2.18	8.63
<i>Sweetia panamensis</i>	0.60	2.22	0.35	3.17
<i>Talisia olivaeformis</i>	0.30	1.11	0.16	1.57
<i>Thevetia gaumeri</i>	0.67	1.39	0.4	2.46
<i>Trinax radiata</i>	1.12	2.78	0.45	4.35
<i>Vitex graumeri</i>	11.60	4.44	16.33	32.37
<i>Zuelania guidonia</i>	0.15	0.56	0.05	0.76
				<b>300.00</b>

En el estrato arbóreo 68 especies contribuyeron en la estructura y composición del presente estrato observándose que las especies que más contribuyeron a la composición estructural fue *Randia aculeata* con un 32.37 %, seguida del *Ceiba pentandra* con un 23.60 % y así sucesivamente.

- Estrato Arbustivo

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (DEN%+FR%+D%)				
ESPECIES	DEN%= NI/N * 100	FR%= FI/FT * 100	D%= CC / $\sum$ CC * 100	IVI
<i>Acacia cornigera</i>	4.16	2.84	1	8.00
<i>Acacia gaumeri</i>	0.48	0.95	3.98	5.41
<i>Ardisia escallonioides</i>	0.70	1.42	1.26	3.38
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.70	1.42	2.83	4.95
<i>Bauhinia jenningsii</i>	0.22	0.47	2.1	2.79
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.92	1.9	1.68	4.50
<i>Bursera simaruba</i>	0.92	1.9	3.67	6.49
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	0.70	1.42	2.93	5.05
<i>Capparis verrucosa</i>	0.48	0.95	2.1	3.53
<i>Chamaedora seifrizii</i>	12.23	6.16	0.52	18.91
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	0.92	1.9	2.62	5.44
<i>Coccoloba diversifolia</i>	2.76	3.32	2.93	9.01
<i>Coccoloba spicata</i>	2.06	3.32	3.25	8.63
<i>Coccothrinax readii</i>	2.76	2.84	0.84	6.44
<i>Cordia dodecandra</i>	1.84	2.37	2.41	6.62
<i>Ficus cotinifolia</i>	1.40	2.84	4.82	9.06
<i>Ficus máxima</i>	0.48	0.95	4.3	5.73
<i>Ficus obtusifolia</i>	0.48	0.95	5.45	6.88
<i>Ficus tecolutensis</i>	0.22	0.47	4.09	4.78
<i>Gliricidia sepium</i>	1.14	2.37	4.09	7.60
<i>Guettarda combsii</i>	1.40	2.84	2.83	7.07
<i>Gymnanthes licida</i>	7.37	3.79	2.72	13.88
<i>Gymnopodium floribundum</i>	2.98	4.27	3.35	10.60
<i>Hampea trilobata</i>	2.06	2.84	2.1	7.00
<i>Lonchocarpus luteomaculatus</i>	1.40	2.84	2.2	6.44
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	1.84	2.84	3.46	8.14
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	6.44	3.79	4.4	14.63
<i>Manilkara zapota</i>	6.71	4.74	3.35	14.80
<i>Metopium brownei</i>	3.46	5.21	2.1	10.77
<i>Myrcianthes fragrans</i>	0.92	1.42	2.62	4.96
<i>Nectandra coriacea</i>	3.46	4.74	1.36	9.56
<i>Piscidia piscipula</i>	11.09	5.21	3.88	20.18
<i>Psidium sartorianum</i>	1.14	1.9	2.3	5.34
<i>Randia aculeata</i>	0.48	0.95	1.57	3.00
<i>Sabal yapa</i>	3.24	3.32	1.26	7.82
<i>Thevetia gaumeri</i>	5.09	4.74	2.62	12.45
<i>Trinax radiata</i>	5.30	3.79	1.05	10.14
				<b>300.00</b>



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

- Estrato herbáceo

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (DEN%+FR%+D%)				
ESPECIES	DEN%= NI/N * 100	FR%= FI/FT * 100	D%= GI / $\sum$ GI * 100	IVI
<i>Acacia cornigera</i>	1.52	2.59	2.16	6.27
<i>Aechmea bracteata</i>	0.20	1.11	3.27	4.58
<i>Anthurium schlechtendalii</i>	0.40	2.22	2.64	5.26
<i>Ardisia escallonioides</i>	0.20	1.11	1.32	2.63
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.53	1.85	3.91	6.29
<i>Bauhinia jenningsii</i>	0.80	2.22	1.32	4.34
<i>Bromelia karatas</i>	1.86	2.96	4.12	8.94
<i>Brosimum alicastrum</i>	1.13	2.22	1.9	5.25
<i>Bursera simaruba</i>	1.19	2.22	1.27	4.68
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	0.07	0.37	1.27	1.71
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	2.32	2.22	1.85	6.39
<i>Catasetum integerrimum</i>	0.07	0.37	1.21	1.65
<i>Chamaedora seifrizii</i>	5.04	2.96	1.85	9.85
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	0.60	1.85	1.8	4.25
<i>Cissus gossypifolia</i>	2.05	4.07	2.9	9.02
<i>Coccoloba diversifolia</i>	1.39	3.33	2.16	6.88
<i>Coccoloba spicata</i>	2.39	2.22	2.06	6.67
<i>Coccothrinax readii</i>	23.13	2.96	0.26	26.35
<i>Cordia dodecandra</i>	0.40	2.22	1.32	3.94
<i>Ficus cotinifolia</i>	0.07	0.37	2.48	2.92
<i>Guettarda combsii</i>	0.20	1.11	1.21	2.52
<i>Gymnanthes lida</i>	2.78	2.96	3.06	8.80
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.99	2.22	2.16	5.37
<i>Hampea trilobata</i>	0.99	2.96	3.43	7.38
<i>Jacquemontia nodiflora</i>	0.13	0.74	1.11	1.98
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0.46	1.48	3.33	5.27
<i>Malvaviscus arboreus</i>	2.78	4.44	2.9	10.12
<i>Manilkara zapota</i>	5.70	4.07	4.44	14.21
<i>Metopium brownei</i>	3.31	2.59	4.22	10.12
<i>Nectandra coriacea</i>	0.13	0.74	1.69	2.56
<i>Paullinia cururu</i>	4.18	4.07	4.49	12.74
<i>Piscidia piscipula</i>	1.26	2.59	2.75	6.60
<i>Psychotria nervosa</i>	3.51	4.07	1.74	9.32
<i>Randia aculeata</i>	2.98	2.59	3.48	9.05

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (DEN%+FR%+D%)				
ESPECIES	DEN%= NI/N * 100	FR%= FI/FT * 100	D%= GI / $\sum$ GI * 100	IVI
<i>Rhoeo discolor</i>	2.12	2.96	2.96	8.04
<i>Sabal yapa</i>	4.37	3.7	0.63	8.70
<i>Serjania adiantoides</i>	1.66	2.96	3.01	7.63
<i>Serjania goniocarpa</i>	0.80	2.22	3.33	6.35
<i>Sida acuta</i>	0.66	1.48	1.43	3.57
<i>Smilax mollis</i>	1.52	1.48	2.96	5.96
<i>Tetracera volubilis</i>	0.07	0.37	2.16	2.60
<i>Thevetia gaumeri</i>	0.66	1.48	1.32	3.46
<i>Tillandsia festucoides</i>	0.20	1.11	0.69	2.00
<i>Trinax radiata</i>	13.19	4.07	0.42	17.68
				<b>300.00</b>

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

#### » Métodos de muestreo aplicados al estudio de la fauna

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

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

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

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

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

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

La *trampa de huellas* tipo utilizada en el estudio, consistieron en parcelas de 1 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 4 m por un largo de 538 m (longitud de la brecha), para llevar a cabo el recorrido.

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

**Anfibios y Reptiles:** Los hábitos y la historia natural de los anfibios y reptiles llevan a plantear una serie de inconvenientes a la hora de pretender estimar su riqueza y abundancia en un sitio particular. El reconocimiento de la fauna de anuros y reptiles podría

demandar un inmenso trabajo de campo que depende fundamentalmente de la época del año en que el trabajo se ejecute. Es poco propicio un estudio de este tipo en un verano del tipo “seco” o excesivamente “lluvioso” y, en el caso de los anfibios, es necesario el relevamiento de numerosos charcos a fin de cubrir tanto a los pequeños como a los grandes, a los más y menos profundos, a los efímeros y los no tanto, a los que poseen vegetación emergente o no, y a todos las posibles combinaciones de estas variables.

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

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

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

### » Resultados obtenidos

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

AVES				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Accipitriforme	Accipitridae	<i>Buteo magnirostris</i>	Águila caminera
2	Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia yucatanensis</i>	Colibrí yucateco
3	Apodiformes	Trochilidae	<i>Chlorostilbon canivetii</i>	Esmeralda tijereta
4	Columbiforme	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita
5	Columbiforme	Columbidae	<i>Leptoptila verreauxi</i>	Tzutzuy
6	Columbiforme	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	Sac pacal
7	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	Pica buey
8	Falconiformes	Falconidae	<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Guaco
9	Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca
10	Passeriformes	Cardinalidae	<i>Saltator coerulescens</i>	Saltador ajicero
11	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara yucateca
12	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax morio</i>	Chara papán
13	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax inca</i>	Chara verde
14	Passeriformes	Fringillidae	<i>Euphonia affinis</i>	Coronilla
15	Passeriformes	Fringillidae	<i>Euphonia hirundinacea</i>	Fruterito garganta amarilla

AVES				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
16	Passeriformes	Icteridae	<i>Dives dives</i>	Tordo cantor
17	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus auratus</i>	Bolsero yucateco
18	Passeriformes	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle
19	Passeriformes	Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero
20	Passeriformes	Thraupidae	<i>Habia fuscicauda</i>	Tángara hormiguera
21	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryothorus ludovicianus</i>	Chivirín de carolina
22	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryothorus maculipectus</i>	Chivirín moteado
23	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario
24	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	X'takay
25	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical
26	Passeriformes	Vireonidae	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Vireón cejirrufo
27	Passeriformes	Sylviidae	<i>Poliptila caerulea</i>	Tacuarita azul
28	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Aratinga nana</i>	Perico pechi sucio
29	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona xantholora</i>	Loro yucateco
30	Strigiformes	Strigidae	<i>Glaucidium brasilianum</i>	Tecolote bajoño
31	Trogoniformes	Trogonidae	<i>Trogon melanocephalus</i>	Trogón cabeza negra

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

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

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

## OTRAS ESPECIES REGISTRADAS EN LA MICROCUENCA

GRUPO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Mamíferos	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Artibeus intermedius</i>	Frutero de Allen
Mamíferos	Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	Pecari
Aves	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona albifrons</i>	Perico frente blanca
Aves	Falconiformes	Falconidae	<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino
Aves	Coraciformes	Momotidae	<i>Eumomota superciliosa</i>	Toh
Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Leptotila cassini</i>	Paloma gris
Aves	Falconiformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote cabeza roja
Aves	Falconiformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote cabeza negra
Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate
Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus gularis</i>	Calandria
Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus cucullatus</i>	Oriol
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiodynastes luteiventris</i>	Mosquero ceji blanco
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Contopus virens</i>	Mosquero pewee
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus yucatanensis</i>	Papamoscas
Aves	Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo magister</i>	Vireo yucateco

OTRAS ESPECIES REGISTRADAS EN LA MICROCUENCA				
GRUPO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Anfibios	Anura	Bufo	<i>Bufo valliceps</i>	Sapo común
Anfibios	Anura	Leptodactylidae	<i>Eleutherodactylus yucatanensis</i>	Rana común
Reptiles	Squamata	Colubridae	<i>Oxybelis fulgidus</i>	Bejuquillo verde
Reptiles	Squamata	Teiidae	<i>Cnemidophorus angusticeps</i>	Lagartija llanera
Reptiles	Squamata	Polychridae	<i>Anolis cristatellus</i>	Anolis café
Citado en: Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad particular, para el cambio de uso del suelo del proyecto denominado "Fraccionamiento Las Palmas II", en un ecosistema de Selva mediana subperennifolia, promovido por "Conjunto Parnelli S.A de C.V". Enero del 2011.				

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

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

» **Análisis de abundancia**

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

AVES REGISTRADAS EN EL POLÍGONO DE ESTUDIO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE INSUP. DE MUESTREO = 100 m <sup>2</sup>	Aa = # DE IND POR HECTÁREA (10,000 m <sup>2</sup> )	ABUNDANCIA RELATIVA
<i>Buteo magnirostris</i>	2	6	0.014
<i>Amazilia yucatanensis</i>	1	3	0.007
<i>Chlorostilbon canivetii</i>	1	3	0.007
<i>Columbina talpacoti</i>	6	19	0.043
<i>Leptoptila verreauxi</i>	2	6	0.014
<i>Zenaida asiatica</i>	8	25	0.057
<i>Piaya cayana</i>	4	13	0.028
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	1	3	0.007
<i>Ortalis vetula</i>	8	25	0.057
<i>Saltator coerulescens</i>	2	6	0.014
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	5	16	0.035
<i>Cyanocorax morio</i>	2	6	0.014
<i>Cyanocorax inca</i>	2	6	0.014
<i>Euphonia affinis</i>	2	6	0.014
<i>Euphonia hirundinacea</i>	1	3	0.007
<i>Dives dives</i>	5	16	0.035
<i>Icterus auratus</i>	9	29	0.064
<i>Mimus gilvus</i>	5	16	0.035
<i>Melanerpes aurifrons</i>	2	6	0.014
<i>Habia fuscicauda</i>	2	6	0.014
<i>Thryothorus ludovicianus</i>	8	25	0.057
<i>Thryothorus maculipectus</i>	9	29	0.064
<i>Myiozetetes similis</i>	2	6	0.014
<i>Pitangus sulphuratus</i>	6	19	0.043
<i>Tyrannus melancholicus</i>	4	13	0.028
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	13	41	0.092
<i>Polioptila caerulea</i>	4	13	0.028
<i>Aratinga nana</i>	10	32	0.071
<i>Amazona xantholora</i>	8	25	0.057
<i>Glaucidium brasilianum</i>	1	3	0.007
<i>Trogon melanocephalus</i>	6	19	0.043
<b>TOTAL</b>	<b>141</b>	<b>449</b>	<b>1.000</b>

ANFIBIOS Y REPTILES REGISTRADOS EN EL POLÍGONO DE ESTUDIO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO = 1,614 m <sup>2</sup>	Aa = # DE IND POR HECTÁREA (10,000 m <sup>2</sup> )	ABUNDANCIA RELATIVA
<i>Boa constrictor</i>	2	12	0.02
<i>Basiliscus vittatus</i>	15	93	0.13
<i>Ctenosaura similis</i>	6	37	0.05
<i>Anolis sagrei</i>	22	136	0.18
<i>Anolis tropidonotus</i>	8	50	0.07
<i>Ameiva undulata</i>	12	74	0.10
<i>Oxybelis aeneus</i>	1	6	0.01
<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	5	31	0.04
<i>Drymobius margaritiferus</i>	1	6	0.01
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	45	279	0.38
<i>Rhinoclemmys areolata</i>	1	6	0.01
<i>Bufo marinus</i>	2	12	0.02
<b>TOTAL</b>	<b>120</b>	<b>743</b>	<b>1.00</b>

MAMÍFEROS REGISTRADOS EN EL POLÍGONO DE ESTUDIO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO = 2,152 m <sup>2</sup>	Aa = # DE IND POR HECTÁREA (10,000 m <sup>2</sup> )	ABUNDANCIA RELATIVA
<i>Odocoileus virginianus</i>	5	23	0.11
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	3	14	0.07
<i>Nasua narica</i>	15	70	0.33
<i>Artibeus jamaicensis</i>	4	19	0.09
<i>Didelphis virginiana</i>	5	23	0.11
<i>Sylvilagus floridanus</i>	2	9	0.04
<i>Agouti paca</i>	3	14	0.07
<i>Heteromys gaumeri</i>	3	14	0.07
<i>Sciurus yucatanensis</i>	5	23	0.11
<i>Dasypus novemcinctus</i>	1	5	0.02
<b>TOTAL</b>	<b>46</b>	<b>214</b>	<b>1.00</b>

## » Valor de importancia Fauna

### Herpetofauna

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (DEN%+FR%)			
ESPECIES	DEN%= NI/N * 100	FR%= FI/FT * 100	IVI
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	38	8.33	45.83
<i>Anolis sagrei</i>	18	8.33	26.67
<i>Ameiva undulata</i>	10	8.33	18.33
<i>Anolis tropidonotus</i>	7	8.33	15.00
<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	4	8.33	12.50
<i>Ctenosaura similis</i>	5	8.33	13.33
<i>Bufo marinus</i>	2	8.33	10.00
<i>Oxybelis aeneus</i>	1	8.33	9.17



<i>Boa constrictor</i>	2	8.33	10.00
<i>Basiliscus vittatus</i>	13	8.33	20.83
<i>Drymobius margaritiferus</i>	1	8.33	9.17
<i>Rhinoclemmys areolata</i>	1	8.33	9.17
			200.00

En lo conveniente al grupo de anfibios y reptiles 12 especies contribuyeron en la estructura y composición del presente grupo obteniéndose los valores más altos para las especies *Sceloporus chrysostictus*.y *Anolis sagrei*

### Avifauna

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (DEN%+FR%)			
ESPECIES	DEN%= NI/N * 100	FR%= FI/FT * 100	IVI
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	9.22	7.29	16.51
<i>Thryothorus maculipectus</i>	6.38	9.38	15.76
<i>Thryothorus ludovicianus</i>	5.67	8.33	14.01
<i>Icterus auratus</i>	6.38	6.25	12.63
<i>Zenaida asiatica</i>	5.67	5.21	10.88
<i>Trogon melanocephalus</i>	4.26	6.25	10.51
<i>Aratinga nana</i>	7.09	2.08	9.18
<i>Amazona xantholora</i>	5.67	3.13	8.80
<i>Columbina talpacoti</i>	4.26	4.17	8.42
<i>Pitangus sulphuratus</i>	4.26	4.17	8.42
<i>Ortalis vetula</i>	5.67	2.08	7.76
<i>Mimus gilvus</i>	3.55	4.17	7.71
<i>Piaya cayana</i>	2.84	4.17	7.00
<i>Polioptila caerulea</i>	2.84	4.17	7.00
<i>Dives dives</i>	3.55	3.13	6.67
<i>Tyrannus melancholicus</i>	2.84	3.13	5.96
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	3.55	1.04	4.59
<i>Buteo magnirostris</i>	1.42	2.08	3.50
<i>Leptoptila verreauxi</i>	1.42	2.08	3.50
<i>Cyanocorax morio</i>	1.42	2.08	3.50
<i>Cyanocorax inca</i>	1.42	2.08	3.50
<i>Melanerpes aurifrons</i>	1.42	2.08	3.50
<i>Habia fuscicauda</i>	1.42	2.08	3.50
<i>Myiozetetes similis</i>	1.42	2.08	3.50
<i>Saltator coerulescens</i>	1.42	1.04	2.46
<i>Euphonia affinis</i>	1.42	1.04	2.46
<i>Amazilia yucatanensis</i>	0.71	1.04	1.75
<i>Chlorostilbon canivetii</i>	0.71	1.04	1.75
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	0.71	1.04	1.75
<i>Euphonia hirundinacea</i>	0.71	1.04	1.75
<i>Glaucidium brasilianum</i>	0.71	1.04	1.75
			200.00

En lo relativo al grupo de las aves 31 especies contribuyeron en la estructura y composición del presente grupo observándose una nula dominancia entre las especies, mostrándose entonces una distribución homogénea de las especies registradas dentro del SA,

detectándose un grupo bien conformados en el SA, así mismo, las especies que más contribuyeron a la composición estructural fue *Cyclarhis gujanensis* con un 16.51 %, seguida de la *Thryothorus maculipectus* con un 15.76 % y así sucesivamente.

## Mamíferos

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (DEN%+FR%)			
ESPECIES	DEN%= NI/N * 100	FR%= FI/FT * 100	IVI
<i>Nasua narica</i>	32.61	14.81	47.42
<i>Sciurus yucatanensis</i>	10.87	18.52	29.39
<i>Didelphis virginiana</i>	10.87	14.81	25.68
<i>Odocoileus virginianus</i>	10.87	7.41	18.28
<i>Agouti paca</i>	6.52	11.11	17.63
<i>Heteromys gaumeri</i>	6.52	11.11	17.63
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	6.52	7.41	13.93
<i>Artibeus jamaicensis</i>	8.70	3.70	12.40
<i>Sylvilagus floridanus</i>	4.35	7.41	11.76
<i>Dasyus novemcinctus</i>	2.17	3.70	5.88
			200.00

En lo concerniente al grupo de los mamíferos 10 especies contribuyeron en la estructura y composición del presente grupo observándose una leve dominancia entre las especies, mostrándose entonces una distribución casi homogénea de las especies registradas dentro del SA, detectándose un grupo bien conformados en el SA, así mismo, las especies que más contribuyeron a la composición estructural fue *Nasua narica* con un 47.42 %, seguida de la *Sciurus yucatanensis* con un 29.39 % y así sucesivamente.

## Cálculo de la biodiversidad de flora y fauna

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

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

Donde:

S = número total de especies.

$\Sigma i = 1$  = número total de individuos.

Pi = abundancia relativa de la especie i.

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

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

## » Flora

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

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO ARBÓREO			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG2 Pi	Pi * LOG2 Pi
<i>Metopium brownei</i>	0.080	-3.64	-0.29
<i>Spondias mombin</i>	0.002	-8.73	-0.02
<i>Malmea depressa</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Thevetia gaumeri</i>	0.007	-7.15	-0.05
<i>Cameraria latifolia</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Dendropanax arboreus</i>	0.034	-4.89	-0.16
<i>Sabal yapa</i>	0.009	-6.73	-0.06
<i>Trinax radiata</i>	0.011	-6.51	-0.07
<i>Coccothrinax readii</i>	0.006	-7.32	-0.05
<i>Ceiba aesculifolia</i>	0.002	-8.73	-0.02
<i>Ceiba pentandra</i>	0.004	-7.99	-0.03
<i>Cordia dodecandra</i>	0.005	-7.73	-0.04
<i>Bursera simaruba</i>	0.072	-3.79	-0.27
<i>Protium copal</i>	0.003	-8.32	-0.03
<i>Canella winterana</i>	0.002	-9.32	-0.01
<i>Capparis verrucosa</i>	0.002	-8.73	-0.02
<i>Diospyros cuneata</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Guettarda elliptica</i>	0.031	-4.99	-0.16
<i>Gymnanthes licida</i>	0.002	-8.73	-0.02
<i>Acacia cornigera</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Acacia dolichostachya</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Acacia gaumeri</i>	0.005	-7.73	-0.04
<i>Acacia glomerosa</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Bauhinia jenningsii</i>	0.002	-9.32	-0.01
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	0.002	-9.32	-0.01
<i>Diphysa carthagenensis</i>	0.004	-7.99	-0.03
<i>Gliricidia sepium</i>	0.007	-7.15	-0.05
<i>Lonchocarpus luteomaculatus</i>	0.004	-7.99	-0.03
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	0.020	-5.67	-0.11
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0.098	-3.35	-0.33
<i>Piscidia piscipula</i>	0.064	-3.96	-0.25
<i>Swartzia cubensis</i>	0.028	-5.15	-0.15
<i>Sweetia panamensis</i>	0.006	-7.32	-0.05
<i>Laethia thamnia</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Zuelania guidonia</i>	0.002	-9.32	-0.01
<i>Nectandra coriacea</i>	0.009	-6.73	-0.06
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	0.004	-7.99	-0.03
<i>Malpighia glabra</i>	0.002	-8.73	-0.02
<i>Hampea trilobata</i>	0.002	-9.32	-0.01

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO ARBÓREO			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG2 Pi	Pi * LOG2 Pi
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.002	-9.32	-0.01
<i>Ficus cotinifolia</i>	0.072	-3.79	-0.27
<i>Ficus obtusifolia</i>	0.057	-4.13	-0.24
<i>Ficus tecolutensis</i>	0.066	-3.92	-0.26
<i>Ficus máxima</i>	0.008	-6.99	-0.05
<i>Ardisia escallonioides</i>	0.004	-7.99	-0.03
<i>Eugenia trikii</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Psidium sartorianum</i>	0.009	-6.73	-0.06
<i>Myrcianthes fragrans</i>	0.005	-7.73	-0.04
<i>Neea psychotrioides</i>	0.002	-9.32	-0.01
<i>Coccoloba diversifolia</i>	0.005	-7.73	-0.04
<i>Coccoloba spicata</i>	0.005	-7.51	-0.04
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.008	-6.99	-0.05
<i>Guettarda combsii</i>	0.002	-9.32	-0.01
<i>Randia aculeata</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Amyris sylvatica</i>	0.002	-9.32	-0.01
<i>Casimiroa tetrameria</i>	0.002	-8.73	-0.02
<i>Cupania dentata</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Matayba oppositifoliai</i>	0.002	-8.73	-0.02
<i>Talisia olivaeformis</i>	0.003	-8.32	-0.03
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Dipholis salicifolia</i>	0.020	-5.62	-0.11
<i>Manilkara zapota</i>	0.047	-4.41	-0.21
<i>Pouteria campechiana</i>	0.008	-6.99	-0.05
<i>Pouteria unilocularis</i>	0.001	-10.32	-0.01
<i>Simarouba glauca</i>	0.012	-6.41	-0.08
<i>Cecropia obtusifolia</i>	0.002	-8.73	-0.02
<i>Vitex graumeri</i>	0.115	-3.12	-0.36
		$H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$	4.67 bits/ind

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO ARBUSTIVO			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG2 Pi	Pi * LOG2 Pi
<i>Metopium brownei</i>	0.035	-4.85	-0.17
<i>Thevetia gaumeri</i>	0.051	-4.30	-0.22
<i>Sabal yapa</i>	0.032	-4.95	-0.16
<i>Trinax radiata</i>	0.053	-4.23	-0.22
<i>Coccothrinax readii</i>	0.028	-5.17	-0.14
<i>Chamaedora seifrizii</i>	0.122	-3.03	-0.37
<i>Cordia dodecandra</i>	0.018	-5.76	-0.11
<i>Bursera simaruba</i>	0.009	-6.76	-0.06
<i>Capparis verrucosa</i>	0.005	-7.76	-0.04
<i>Gymnanthes licida</i>	0.074	-3.76	-0.28
<i>Acacia cornigera</i>	0.042	-4.59	-0.19
<i>Acacia gaumeri</i>	0.005	-7.76	-0.04
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.007	-7.17	-0.05
<i>Bauhinia jenningsii</i>	0.002	-8.76	-0.02
<i>Gliricidia sepium</i>	0.012	-6.44	-0.07

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO ARBUSTIVO			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG2 Pi	Pi * LOG2 Pi
<i>Lonchocarpus luteomaculatus</i>	0.014	-6.17	-0.09
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	0.018	-5.76	-0.11
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0.065	-3.95	-0.26
<i>Piscidia piscipula</i>	0.111	-3.17	-0.35
<i>Nectandra coriacea</i>	0.035	-4.85	-0.17
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	0.007	-7.17	-0.05
<i>Hampea trilobata</i>	0.021	-5.59	-0.12
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.009	-6.76	-0.06
<i>Ficus cotinifolia</i>	0.014	-6.17	-0.09
<i>Ficus obtusifolia</i>	0.005	-7.76	-0.04
<i>Ficus tecolutensis</i>	0.002	-8.76	-0.02
<i>Ficus máxima</i>	0.005	-7.76	-0.04
<i>Ardisia escallonioides</i>	0.007	-7.17	-0.05
<i>Psidium sartorianum</i>	0.012	-6.44	-0.07
<i>Myrcianthes fragrans</i>	0.009	-6.76	-0.06
<i>Coccoloba diversifolia</i>	0.028	-5.17	-0.14
<i>Coccoloba spicata</i>	0.021	-5.59	-0.12
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.030	-5.06	-0.15
<i>Guettarda combsii</i>	0.014	-6.17	-0.09
<i>Randia aculeata</i>	0.005	-7.76	-0.04
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	0.009	-6.76	-0.06
<i>Manilkara zapota</i>	0.067	-3.90	-0.26
		$H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$	4.55 bits/ind

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO HERBÁCEO			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG2 Pi	Pi * LOG2 Pi
<i>Metopium brownei</i>	0.033	-4.92	-0.16
<i>Thevetia gaumeri</i>	0.007	-7.24	-0.05
<i>Anthurium schlechtendalii</i>	0.004	-7.97	-0.03
<i>Sabal yapa</i>	0.044	-4.51	-0.20
<i>Trinax radiata</i>	0.132	-2.92	-0.39
<i>Coccothrinax readii</i>	0.231	-2.11	-0.49
<i>Chamaedora seifrizii</i>	0.050	-4.31	-0.22
<i>Cordia dodecandra</i>	0.004	-7.97	-0.03
<i>Aechmea bracteata</i>	0.002	-8.97	-0.02
<i>Bromelia karatas</i>	0.019	-5.75	-0.11
<i>Tillandsia festucoides</i>	0.002	-8.97	-0.02
<i>Bursera simaruba</i>	0.012	-6.39	-0.08
<i>Rhoeo discolor</i>	0.021	-5.56	-0.12
<i>Jacquemontia nodiflora</i>	0.001	-9.56	-0.01
<i>Tetracera volubilis</i>	0.001	-10.56	-0.01
<i>Gymnanthes licida</i>	0.028	-5.17	-0.14
<i>Acacia cornigera</i>	0.015	-6.04	-0.09
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.005	-7.56	-0.04
<i>Bauhinia jenningsii</i>	0.008	-6.97	-0.06
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0.005	-7.75	-0.04
<i>Piscidia piscipula</i>	0.013	-6.31	-0.08
<i>Nectandra coriacea</i>	0.001	-9.56	-0.01
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	0.001	-10.56	-0.01

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO HERBÁCEO			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG2 Pi	Pi * LOG2 Pi
<i>Hampea trilobata</i>	0.010	-6.65	-0.07
<i>Malvaviscus arboreus</i>	0.028	-5.17	-0.14
<i>Sida acuta</i>	0.007	-7.24	-0.05
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.011	-6.47	-0.07
<i>Ficus cotinifolia</i>	0.001	-10.56	-0.01
<i>Ardisia escallonioides</i>	0.002	-8.97	-0.02
<i>Catsetum integerrimum</i>	0.001	-10.56	-0.01
<i>Coccoloba diversifolia</i>	0.014	-6.17	-0.09
<i>Coccoloba spicata</i>	0.024	-5.39	-0.13
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.010	-6.65	-0.07
<i>Guettarda combsii</i>	0.002	-8.97	-0.02
<i>Psychotria nervosa</i>	0.035	-4.83	-0.17
<i>Randia aculeata</i>	0.030	-5.07	-0.15
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	0.023	-5.43	-0.13
<i>Paullinia cururu</i>	0.042	-4.58	-0.19
<i>Serjania adiantoides</i>	0.017	-5.92	-0.10
<i>Serjania goniocarpa</i>	0.008	-6.97	-0.06
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	0.006	-7.39	-0.04
<i>Manilkara zapota</i>	0.057	-4.13	-0.24
<i>Smilax mollis</i>	0.015	-6.04	-0.09
<i>Cissus gossypifolia</i>	0.021	-5.61	-0.12
		$H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$	4.32 bits/ind

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

#### » Fauna

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

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE AVES			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG2 Pi	Pi * LOG2 Pi
<i>Buteo magnirostris</i>	0.014	-6.14	-0.09
<i>Amazilia yucatanensis</i>	0.007	-7.14	-0.05
<i>Chlorostilbon canivetii</i>	0.007	-7.14	-0.05
<i>Columbina talpacoti</i>	0.043	-4.56	-0.19
<i>Leptoptila verreauxi</i>	0.014	-6.14	-0.09
<i>Zenaida asiatica</i>	0.057	-4.14	-0.23
<i>Piaya cayana</i>	0.028	-5.14	-0.15

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE AVES			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG2 Pi	Pi * LOG2 Pi
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	0.007	-7.14	-0.05
<i>Ortalis vetula</i>	0.057	-4.14	-0.23
<i>Saltator coerulescens</i>	0.014	-6.14	-0.09
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	0.035	-4.82	-0.17
<i>Cyanocorax morio</i>	0.014	-6.14	-0.09
<i>Cyanocorax inca</i>	0.014	-6.14	-0.09
<i>Euphonia affinis</i>	0.014	-6.14	-0.09
<i>Euphonia hirundinacea</i>	0.007	-7.14	-0.05
<i>Dives dives</i>	0.035	-4.82	-0.17
<i>Icterus auratus</i>	0.064	-3.97	-0.25
<i>Mimus gilvus</i>	0.035	-4.82	-0.17
<i>Melanerpes aurifrons</i>	0.014	-6.14	-0.09
<i>Habia fuscicauda</i>	0.014	-6.14	-0.09
<i>Thryothorus ludovicianus</i>	0.057	-4.14	-0.23
<i>Thryothorus maculipectus</i>	0.064	-3.97	-0.25
<i>Myiozetetes similis</i>	0.014	-6.14	-0.09
<i>Pitangus sulphuratus</i>	0.043	-4.56	-0.19
<i>Tyrannus melancholicus</i>	0.028	-5.14	-0.15
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	0.092	-3.44	-0.32
<i>Polioptila caerulea</i>	0.028	-5.14	-0.15
<i>Aratinga nana</i>	0.071	-3.82	-0.27
<i>Amazona xanholora</i>	0.057	-4.14	-0.23
<i>Glauucidium brasilianum</i>	0.007	-7.14	-0.05
<i>Trogon melanocephalus</i>	0.043	-4.56	-0.19
		$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$	4.60 bits/ind

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE ANFIBIOS Y REPTILES			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG2 Pi	Pi * LOG2 Pi
<i>Boa constrictor</i>	0.02	-5.91	-0.10
<i>Basiliscus vittatus</i>	0.13	-3.00	-0.38
<i>Ctenosaura similis</i>	0.05	-4.32	-0.22
<i>Anolis sagrei</i>	0.18	-2.45	-0.45
<i>Anolis tropidonotus</i>	0.07	-3.91	-0.26
<i>Ameiva undulata</i>	0.10	-3.32	-0.33
<i>Oxybelis aeneus</i>	0.01	-6.91	-0.06
<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	0.04	-4.58	-0.19
<i>Drymobius margaritiferus</i>	0.01	-6.91	-0.06
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	0.38	-1.41	-0.53
<i>Rhinoclemmys areolata</i>	0.01	-6.91	-0.06
<i>Bufo marinus</i>	0.02	-5.91	-0.10
		$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$	2.72 bits/ind

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE MAMÍFEROS			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG2 Pi	Pi * LOG2 Pi
<i>Odocoileus virginianus</i>	0.11	-3.20	-0.35
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	0.07	-3.94	-0.26
<i>Nasua narica</i>	0.33	-1.62	-0.53
<i>Artibeus jamaicensis</i>	0.09	-3.53	-0.31
<i>Didelphis virginiana</i>	0.11	-3.20	-0.35
<i>Sylvilagus floridanus</i>	0.04	-4.53	-0.20
<i>Agouti paca</i>	0.07	-3.94	-0.26
<i>Heteromys gaumeri</i>	0.07	-3.94	-0.26
<i>Sciurus yucatanensis</i>	0.11	-3.20	-0.35
<i>Dasypus novemcinctus</i>	0.02	-5.53	-0.12
		$H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$	2.96 bits/ind

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



## **V. FINES A LOS QUE ESTÁ DESTINADO EL PREDIO**

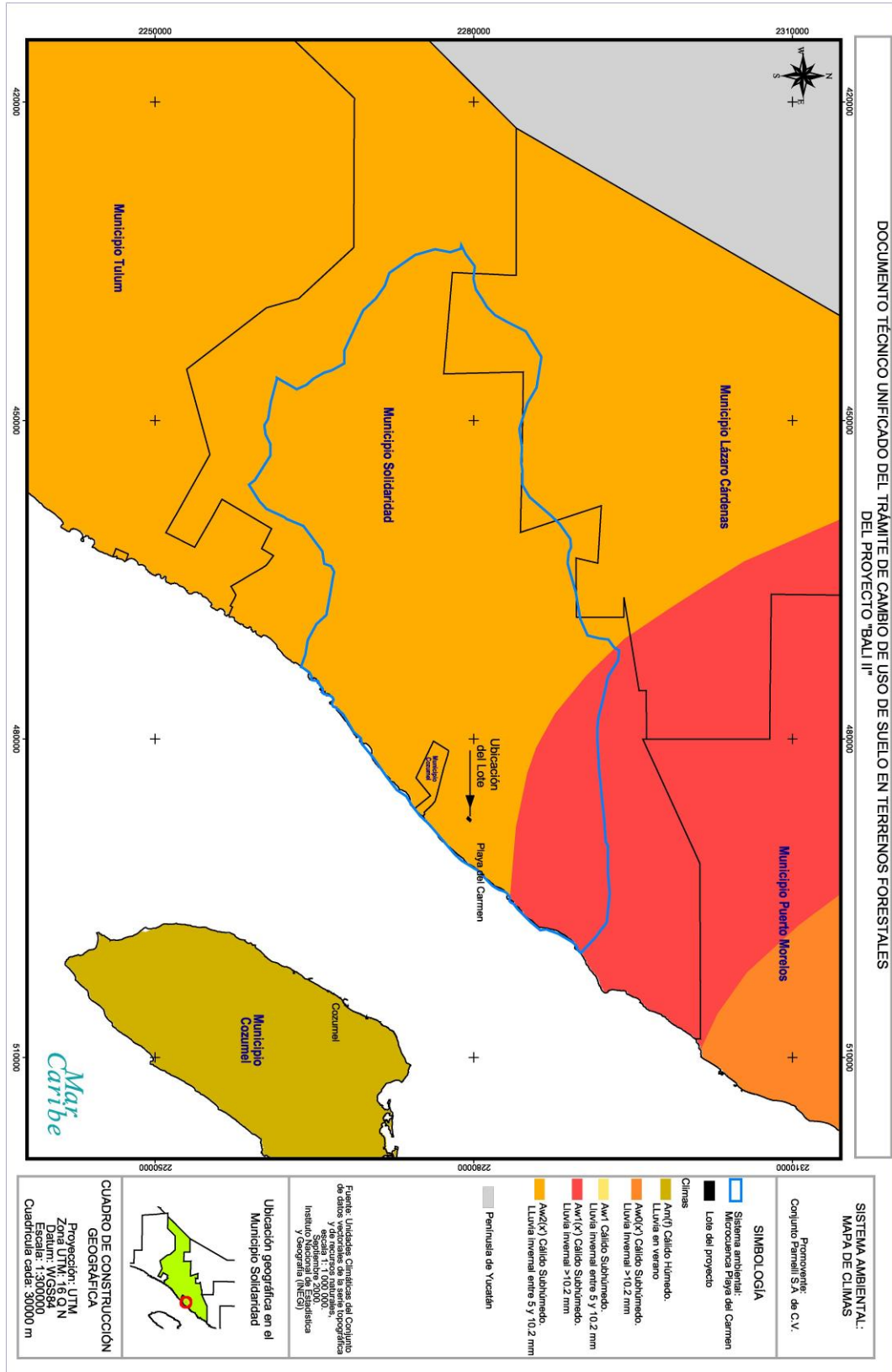
El terreno forestal donde se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo corresponde a la en la Manzana 236, Lote 01, Región 007, ubicado en el ejido de Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo; mismo que de acuerdo a su ubicación se encuentra regulado por el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad dentro de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA 10) denominada Zona Urbana de Playa del Carmen, que tiene política de “Aprovechamiento Sustentable” y con un usos de suelo urbano y en la Unidad de Gestión Ambiental (UGA 14) denominada “Reserva urbana norte-sur de Playa del Carmen”, que tiene política de “Aprovechamiento Sustentable” y con un usos de suelo urbano, es decir, el aprovechamiento del territorio al interior de los centros de población legalmente establecidos, para el desarrollo de proyectos que cumplan con los usos y destinos del suelo en los términos que se indiquen en el Plan o Programa de Desarrollo Urbano vigente y de acuerdo con la Ley de Asentamientos Humanos del Estado de Quintana Roo y la Ley de Fraccionamientos del Estado de Quintana Roo. Por otra parte, en materia de desarrollo urbano, el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Playa del Carmen, establece un uso de suelo habitacional, con lo que se anticipa que se permite la construcción de proyectos habitacionales y por ende la remoción de vegetación forestal que es lo que nos ocupa en el presente proyecto.

Considerando ambos instrumentos normativos, se ha tomado la decisión de destinar el predio a la construcción de un fraccionamiento habitacional acorde al uso de suelo urbano. Sin embargo, en esta etapa del proyecto sólo se somete a evaluación el cambio de uso de suelo a través de la remoción de vegetación forestal.

### **V.1. ELEMENTOS ABIÓTICOS**

#### **V.1.1. Clima**

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1983), el predio se ubica en el subtipo climático cálido subhúmedo Aw2(x'), el cual presenta una temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C (ver plano de la página siguiente). (ver plano de la página siguiente).



Ubicación del predio dentro de la carta unidades climáticas.

### **V.1.1.1. Temperaturas y precipitación**

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

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

#### **V.1.1.1. 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”.

#### **V.1.1.2. Intemperismos severos**

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

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

Estos fenómenos naturales pueden evolucionar hasta tres etapas (depresión tropical, tormenta tropical y huracán) de acuerdo a la velocidad del viento que logren alcanzar.

En la zona norte de Quintana Roo, lugar donde se encuentra el predio de interés, se tienen registros del paso de los ciclones que se expresan en el siguiente cuadro.

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

En septiembre de 1988, el huracán Gilberto atravesó la zona sur de la ciudad afectando las condiciones naturales del ecosistema, el ojo del huracán alcanzó 15 km de diámetro y su zona de influencia fue de 1,250 km (mientras embestía a la Península de Yucatán también afectaba a la Isla de Cuba). En 1998, la zona fue afectada por un sin número de precipitaciones pluviales generadas por el huracán Mitch, el cual aunque no pasó por la región, tuvo un diámetro bastante considerable que prácticamente abarcó todo el Estado. El huracán Isidoro, durante el mes de octubre del año 2002, bordeó la ciudad de Cancún

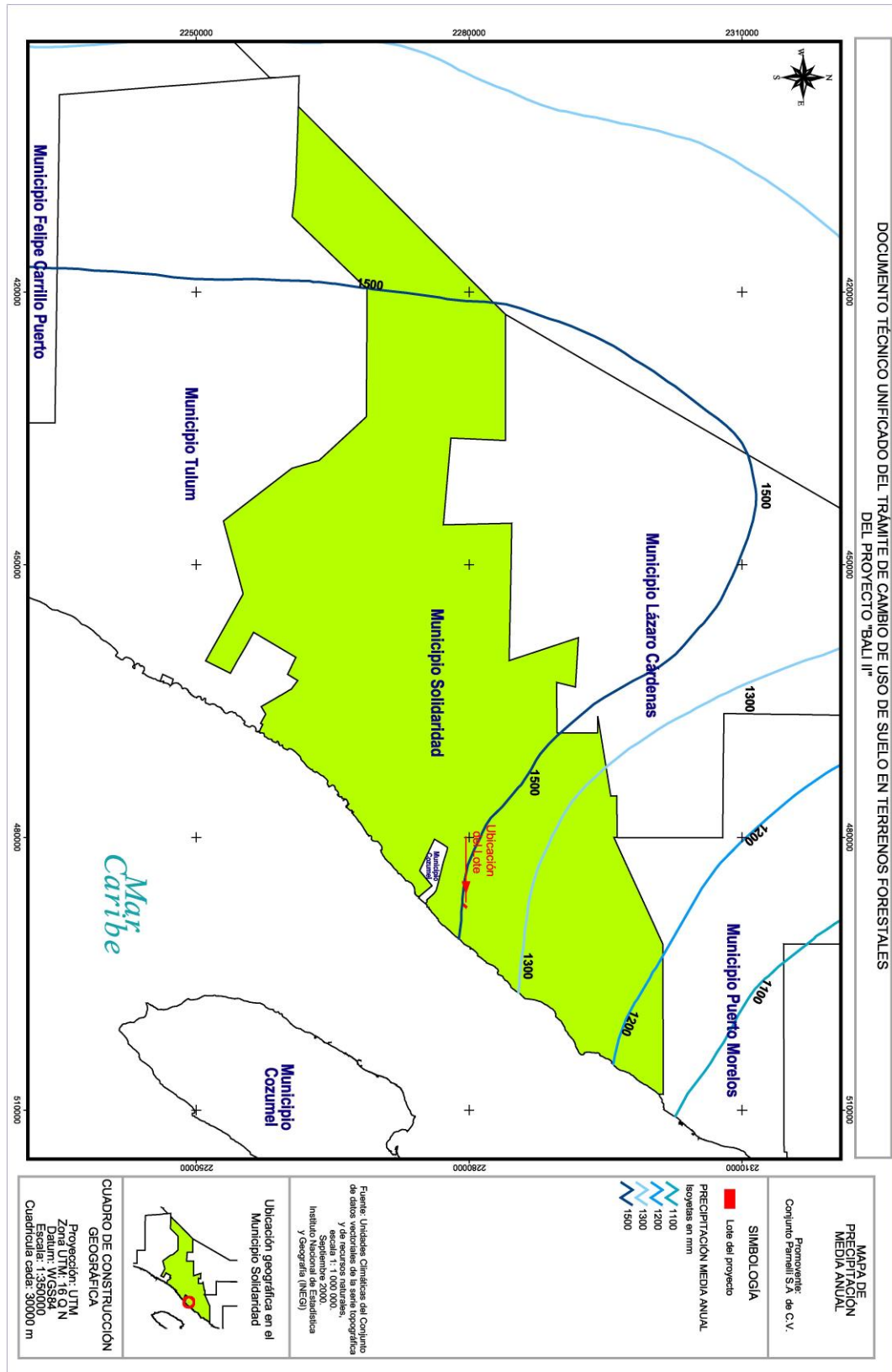
en su franja costera, causando numerosas precipitaciones e inundaciones en diferentes puntos de la ciudad. El 17 de julio del 2005, el huracán Emily dejó por la fuerza con la que llegó a tierra, numerosas afectaciones en la zona norte, ocasionando pérdida de la vegetación ó marchitamiento del follaje de la vegetación distribuida en la parte norte del estado y numerosas inundaciones debido a la precipitación recibida. El 21 de octubre de 2005, se presentó el huracán Wilma con categoría 4 en la escala SAFFIR-SIMPSON, ocasionando daños catastróficos en la zona Norte del estado, tales como destrucción de la vegetación, modificación de la línea de costa, inundaciones serias y pérdida de infraestructura urbana y turística, por lo que ahora es considerado el huracán más catastrófico registrado para la zona; afectó gran parte del territorio del estado de Quintana Roo y Yucatán, con mayor intensidad al Municipio de Benito Juárez (entre Cancún y Puerto Morelos), así como Cozumel. Desde el 2005 a la fecha, no se han presentado eventos de consideración. Dentro del área de estudio, las principales afectaciones se reflejan en árboles dañados reduciendo con ello la calidad ecosistémica

#### **V.1.1.3. 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.



Ubicación del predio dentro de la carta de precipitación media anual.

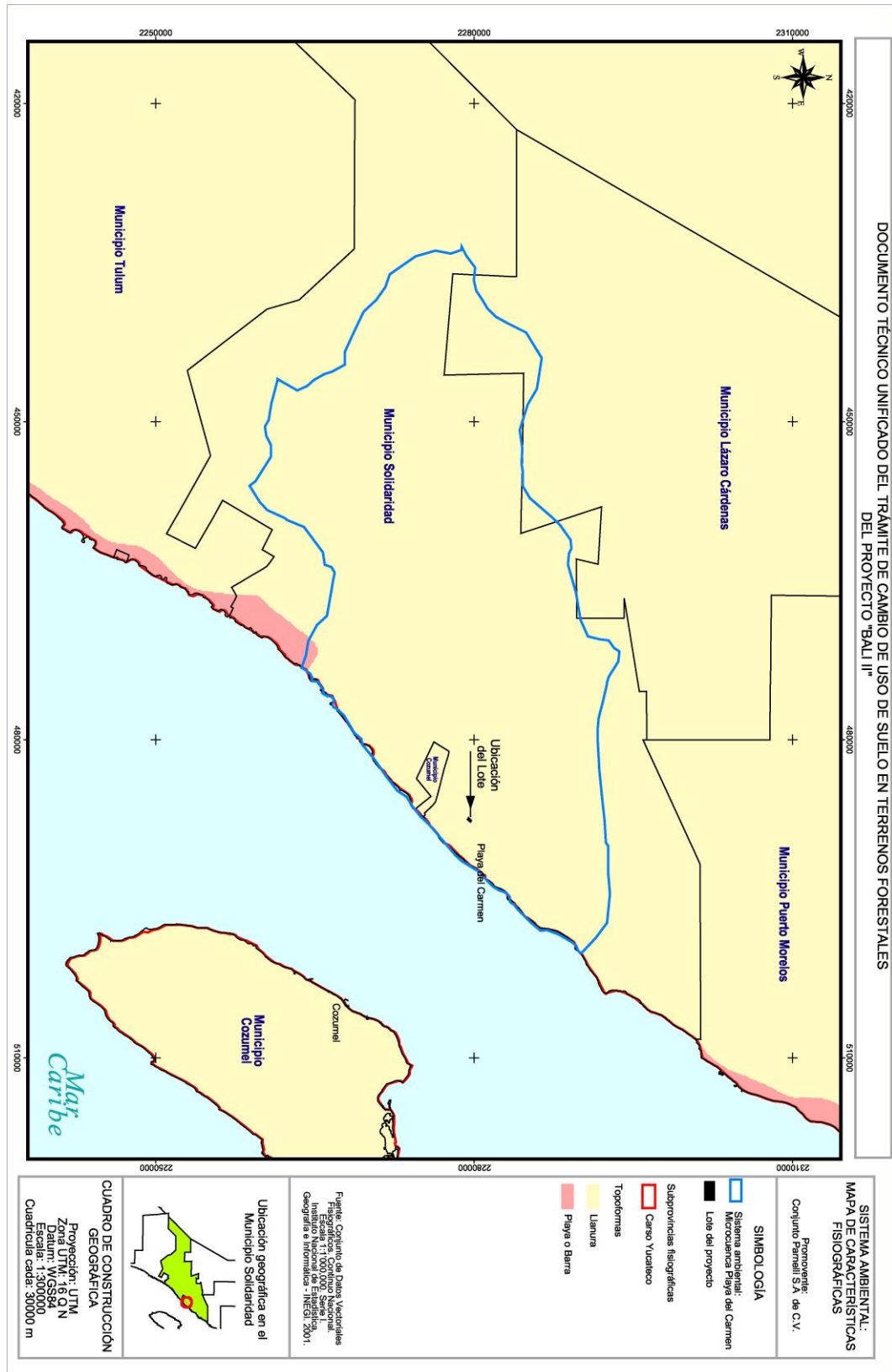
### V.1.2. Fisiografía

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

El paso de las partes altas de la región anterior a las bajas situadas en el Este de Quintana Roo, se realiza por una serie de escalones bruscos que corresponden a líneas de fallas, mostrando las características de una meseta baja tectónica (horst), que se extiende hacia el Sur. Esta zona presenta en su porción media y occidental, junto a las elevaciones, frecuentes depresiones y pequeñas cimas interrumpidas por grandes áreas de menor relieve, casi planas, con altitudes en Quintana Roo de 20 a 40 m.

Otra de sus características, refiere a que a lo largo de la franja costera, con una variación de entre 70 y 200 m de distancia a la línea de mar se genera un desnivel de entre dos y cuatro metros de altura dividiendo una zona baja de playa y el nivel medio de la población, por lo demás no se detectan elevaciones importantes o accidentes salvo los que existen de forma puntual generando cenotes con profundidades que fluctúan entre los 8 y los 30 metros bajo el nivel medio del mar. En el estado la conformación del territorio puede ser descrita en términos de las subprovincias fisiográficas que se encuentran en él, y que son Carso y Lomeríos de Campeche, Carso Yucateco y Costa Baja de Quintana Roo.

El predio se localiza en la subprovincia denominada Carso Yucateco (ver plano siguiente). Ésta, abarca el 54% de la superficie estatal y se distribuye a lo largo de la costa del Estado, desde Isla Mujeres, Cancún, Playa del Carmen y Tulum para posteriormente internarse hasta Carrillo Puerto y José María Morelos. Además de ser la más amplia planicie que comprende la parte norte de la península, se eleva sólo unos metros del nivel del mar, caracterizada por ser una losa constituida de calizas granulosas de color blanquecino llamadas Sascab. La naturaleza de su formación no permitió la mineralización, razón por la cual, la geología económica de la zona, se reduce a la explotación de algunos yacimientos de yeso, arcillas y calizas, localmente son aprovechadas para la fabricación de materiales de construcción, como tabiques, industria cementera, piedras y gravas. La composición geológica y su estratificación generalmente horizontal, no permite grandes perturbaciones geológicas. En su porción litoral son frecuentes las salientes rocosas, caletas, pequeños escarpes, cordones y espolones, así como lagunas pantanosas intercomunicadas con el mar por canales o bocas y extensas zonas de inundación con vegetación de manglar.



Ubicación del predio dentro de la carta de fisiográficas.



### V.1.3. 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 subtipos geológicos en el que se inserta el predio del proyecto es el Ts(cz), el cual está formado en su parte inferior por un cuerpo masivo coquinífero, poco compacto, cubierto por calizas laminares con estratificación cruzada que presenta dos buzamientos diferentes con ángulos distintos de inclinación. Estas calizas de texturas ooespatíticas, 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 ooespatita bioespatita y biomicrita, dispuesta en capas delgadas y medianas de color blanco, con un echado horizontal.

### V.1.1. Edafología

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

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

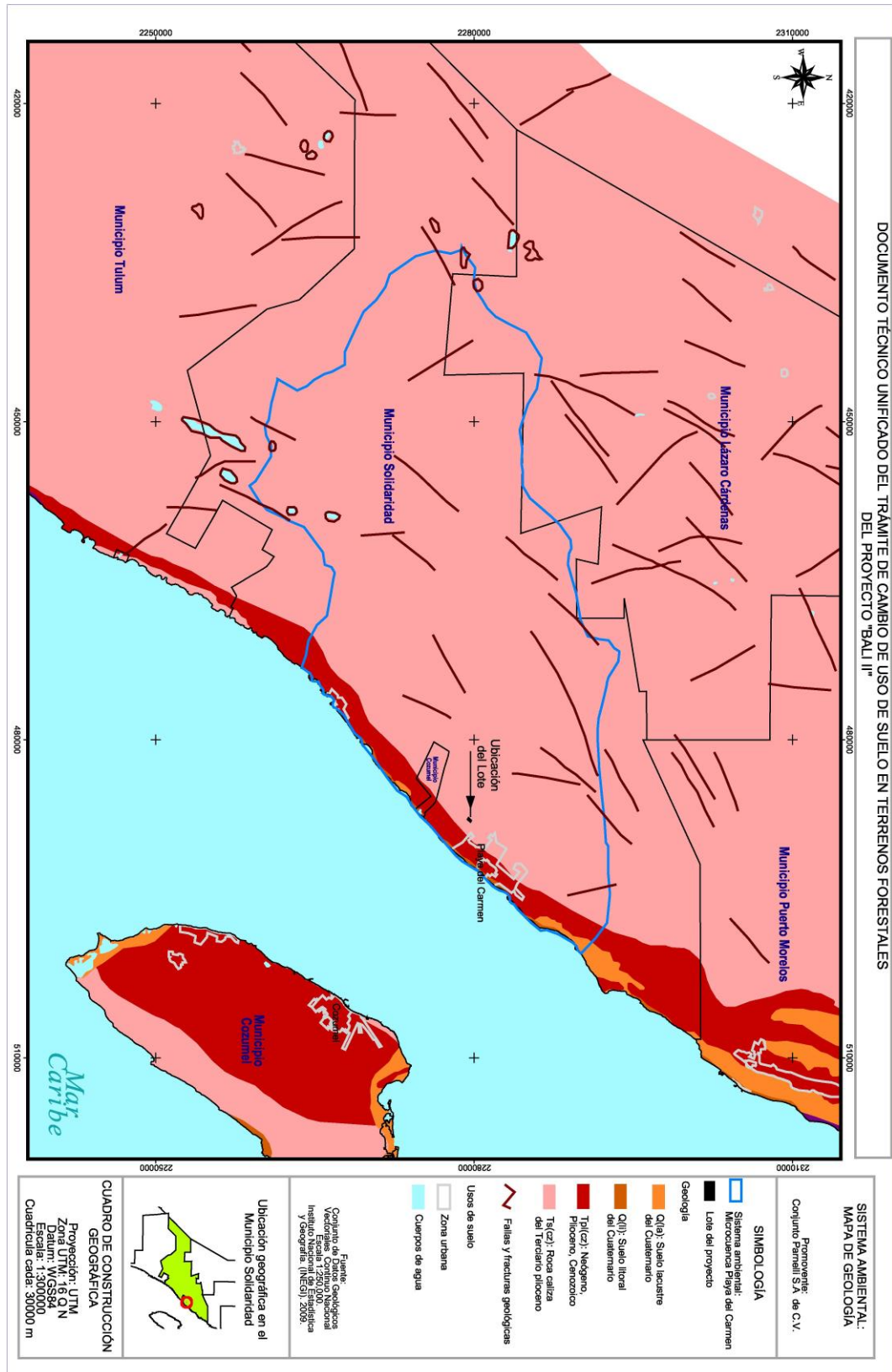
**Leptosoles:** Del griego leptos, (delgado) se caracterizan por su escasa profundidad (menor a 25 cm). Una proporción importante de estos suelos se clasifica como leptosoles líticos, con una profundidad de 10 centímetros o menos. Otro componente destacado de este grupo son los leptosoles réndzicos, 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.

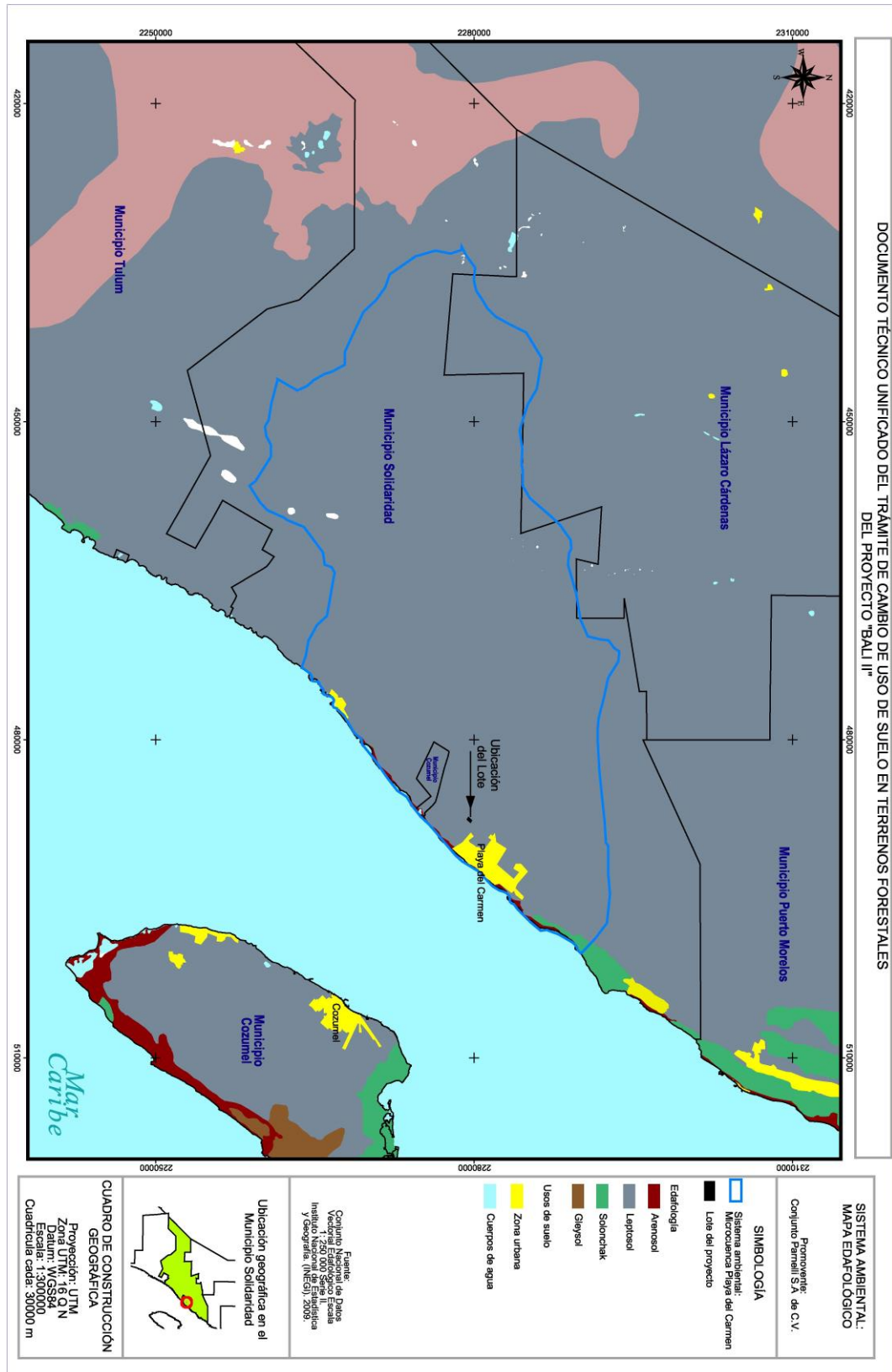
### **V.1.1. Hidrología superficial y subterránea**

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.

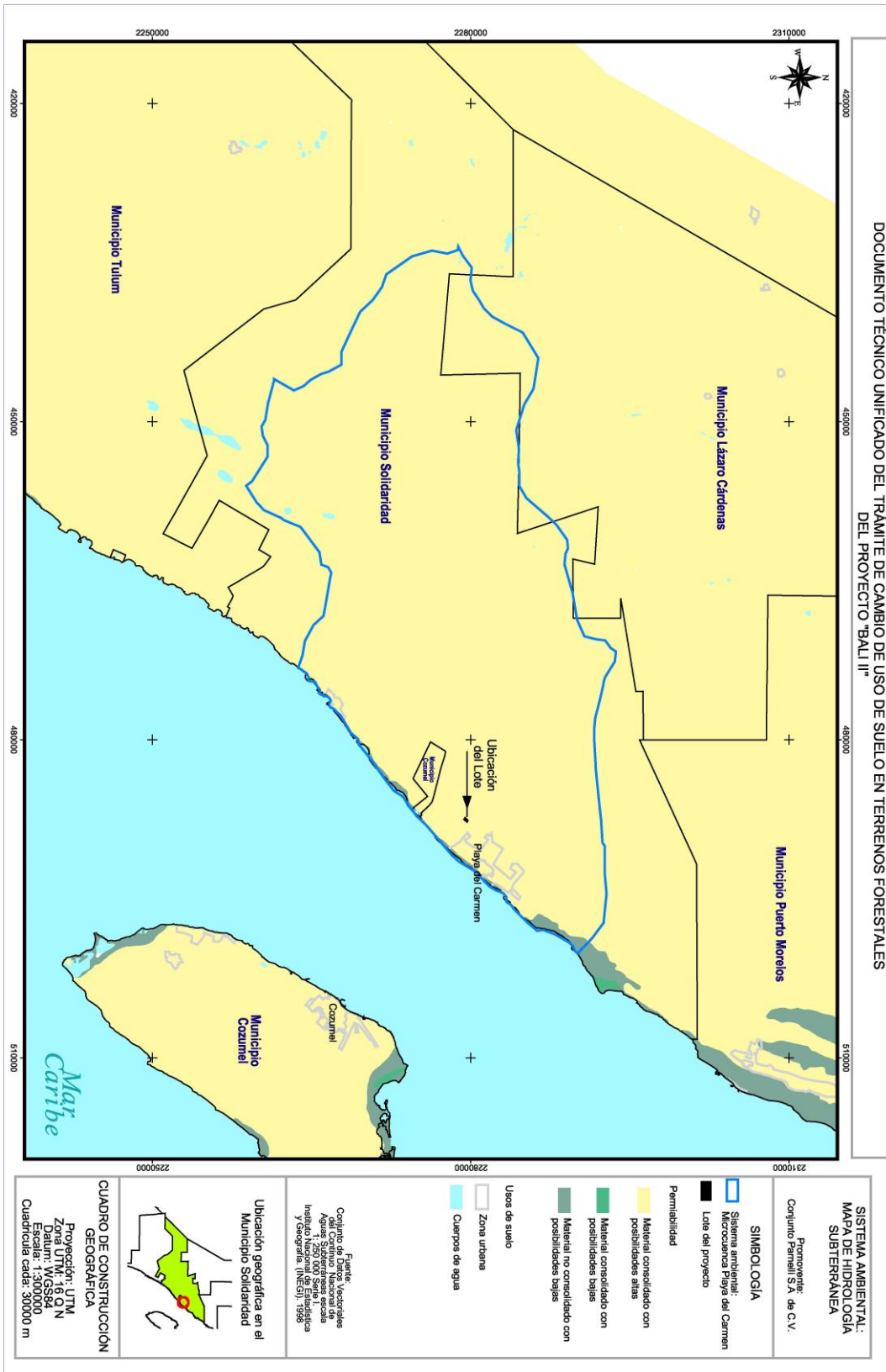
No obstante lo anterior, en el predio del proyecto no existen cuerpos de agua ni afloraciones del manto freático. En imágenes de las páginas siguientes se presentan los planos de hidrología superficial y subterránea del predio de interés; según los cuales, éste se ubica dentro de una zona con material 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).



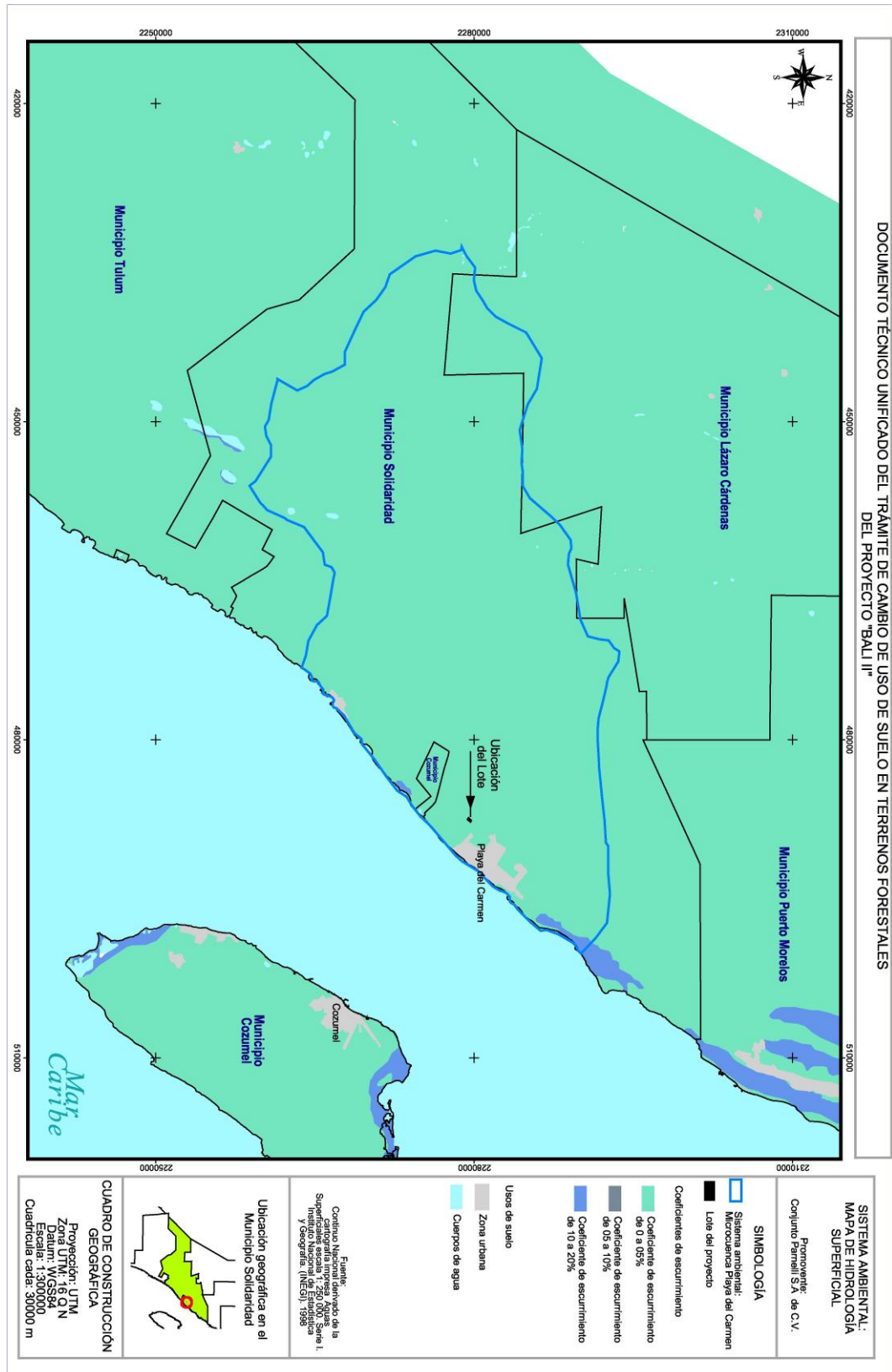
Ubicación del predio dentro de la carta geológica.



Ubicación del predio dentro de la carta edafológica.



Ubicación del predio del proyecto dentro de la carta de hidrología subterránea.

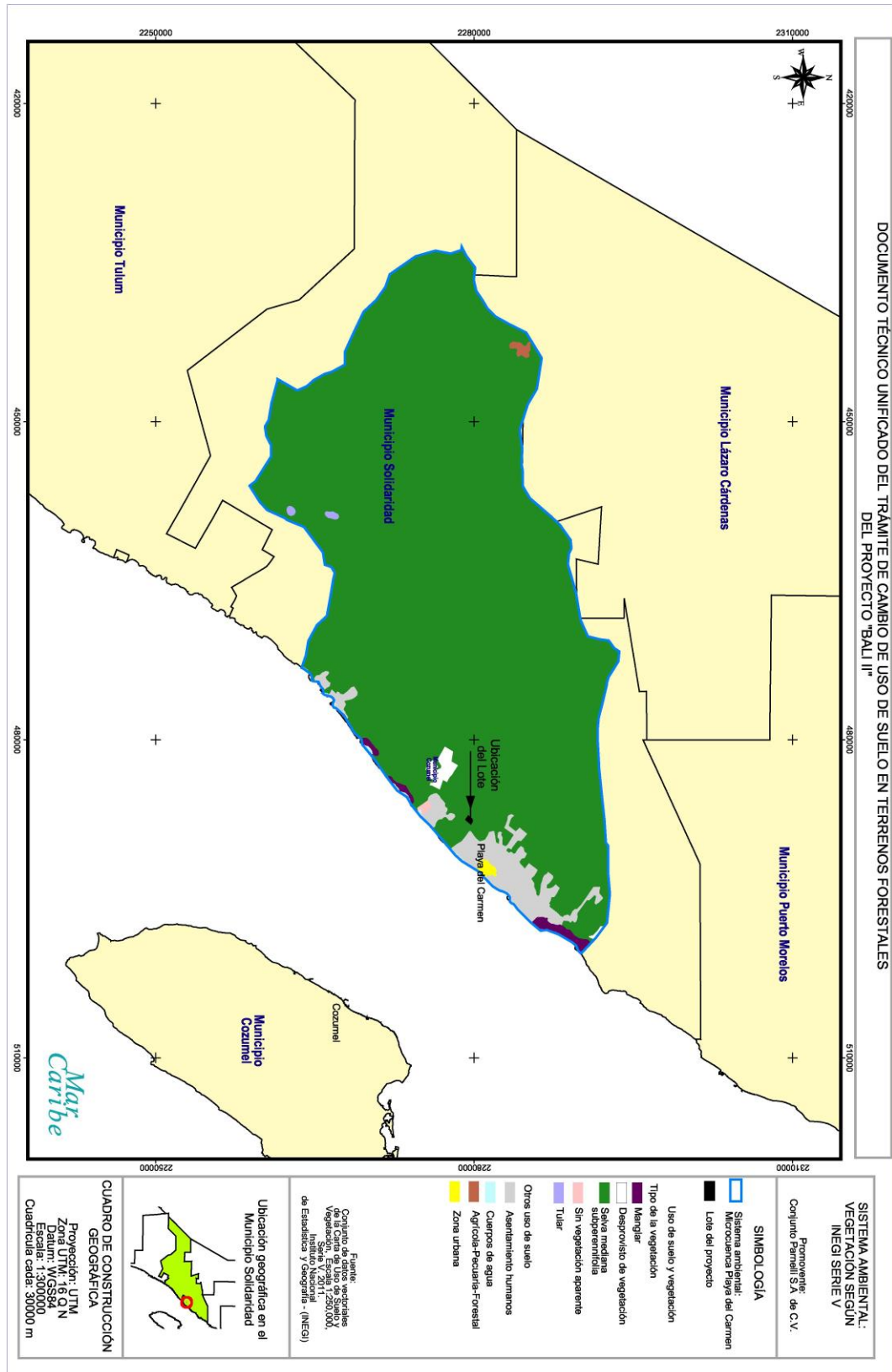


Ubicación del predio dentro de la carta de hidrología superficial.

## **V.2. ELEMENTOS BIÓTICOS**

### **V.2.1. Vegetación**

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



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



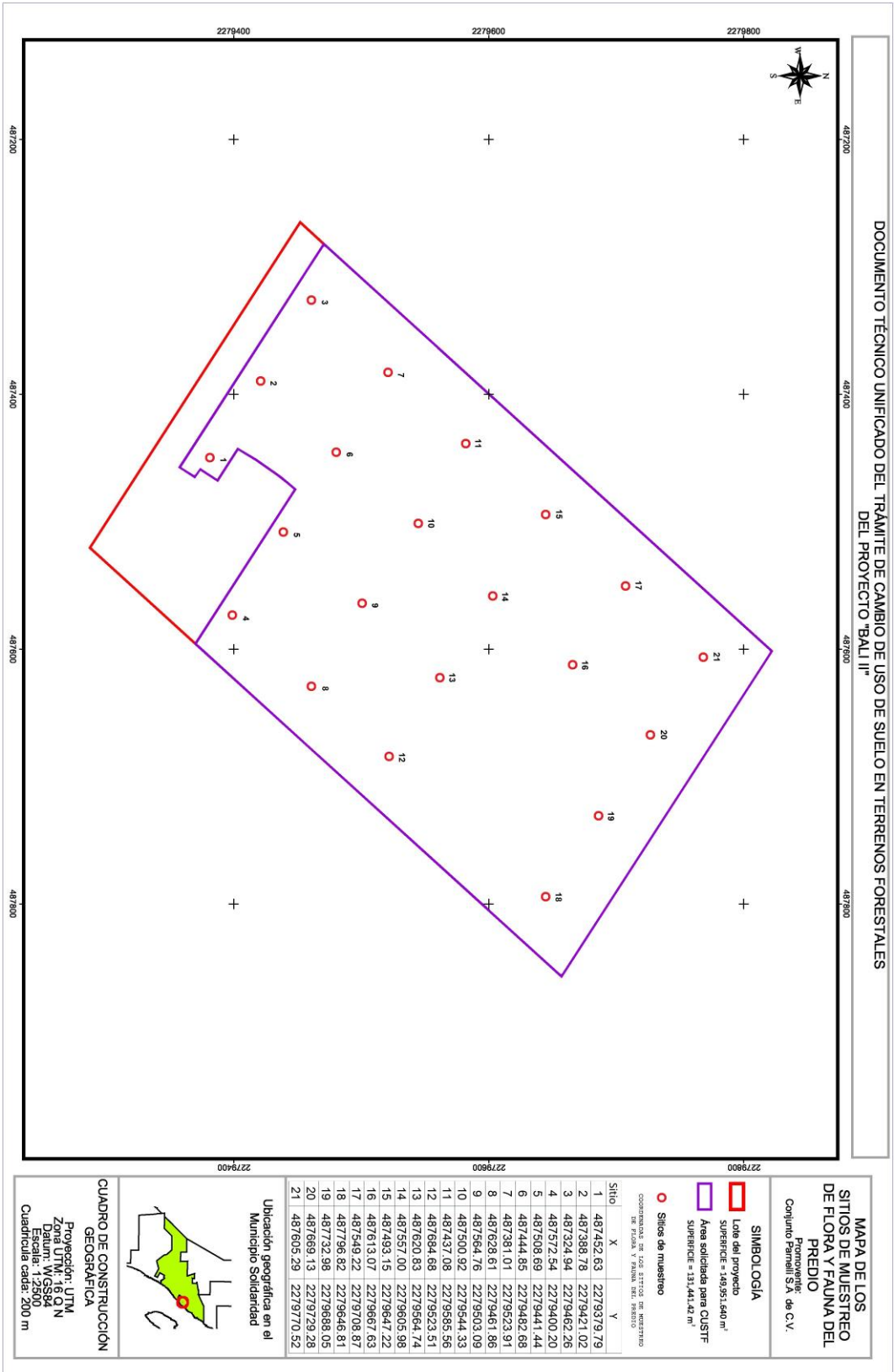
Con el fin de caracterizar la vegetación presente en el predio en el que se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo en terreno forestal, se realizó un muestreo sistemático que consistió en la delimitación de 21 sitios de muestreo. Cada sitio de muestreo consistió en una serie de tres cuadrantes anidados, cuyas características se describen a continuación:

- **Primer cuadrante:** de 25 x 25 mts. (625 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 2 x 2 mts. (4 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 x 1 mts. (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 13,125 m<sup>2</sup> (1.31 hectáreas), las cuales considerando que la superficie solicitada para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales corresponde a 131,341.42 m<sup>2</sup> ha, representa una intensidad de muestreo del 9.99 %. En la siguiente imagen se presentan las coordenadas (UTM Datum WGS84) de los sitios de muestreo, así como la distribución espacial que ocupan en el predio del proyecto.

VÉRTICES	X COORD	Y COORD
1	487452.63	2279379.79
2	487388.78	2279421.02
3	487324.94	2279462.26
4	487572.54	2279400.20
5	487508.69	2279441.44
6	487444.85	2279482.68
7	487381.01	2279523.91
8	487628.61	2279461.86
9	487564.76	2279503.09
10	487500.92	2279544.33
11	487437.08	2279585.56
12	487684.68	2279523.51
13	487620.83	2279564.74
14	487557.00	2279605.98
15	487493.15	2279647.22
16	487613.07	2279667.63
17	487549.22	2279708.87
18	487796.82	2279646.81
19	487732.98	2279688.05
20	487669.13	2279729.28
21	487605.29	2279770.52

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO DEL TRÁMITE DE CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES  
 DEL PROYECTO "BALI II"



**MAPA DE LOS SITIOS DE MUESTREO DE FLORA Y FAUNA DEL PREDIO**  
 Promoviente:  
 Conjunto Parnelli S.A. de C.V.

**SIMBOLOGÍA**  
 Lote del proyecto  
 SUPERFICIE = 148,951,640 m<sup>2</sup>  
 Área solicitada para CUSTF  
 SUPERFICIE = 131,441,42 m<sup>2</sup>

 Sitios de muestreo  
 COORDENADAS DE LOS SITIOS DE MUESTREO DE FLORA Y FAUNA DEL PREDIO

Sitio	X	Y
1	487452.63	2279379.79
2	487388.78	2279421.02
3	487324.94	2279462.26
4	487572.54	2279400.20
5	487308.69	2279441.44
6	487444.85	2279482.68
7	487381.01	2279523.91
8	487628.61	2279461.86
9	487564.76	2279503.09
10	487500.92	2279544.33
11	487437.08	2279585.56
12	487684.68	2279523.51
13	487620.83	2279564.74
14	487357.00	2279605.98
15	487493.15	2279647.22
16	487613.07	2279667.63
17	487549.22	2279708.87
18	487796.82	2279646.81
19	487732.98	2279688.05
20	487669.13	2279729.28
21	487605.29	2279770.52

Ubicación geográfica en el Municipio Solidaridad  


**CUADRO DE CONSTRUCCIÓN GEOGRÁFICA**  
 Proyección: UTM  
 Zona UTM: 16 Q N  
 Datum: WGS84  
 Escala: 1:2500  
 Cuadrícula cada: 200 m

### V.2.1.1. 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 14.7 cm para las especies que componen éste estrato. La altura promedio del arbolado es de 8.4 metros; siendo la altura mayor 10.5 mts mientras que la altura menor registrada fue de 6 metros. Entre las especies más representativas de éste estrato destacan *Lysiloma latisiliquum*, *Bursera simaruba* y *Vitex gaumeri*.

**Estrato arbustivo.** Éste estrato se encuentra compuesto por individuos jóvenes de las distintas especies que componen la vegetación, arrojan un diámetro promedio de 3 cm para las especies que componen éste estrato. 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 8 y 0.7 metros y entre las especies más representativas se encuentran *Nectandra salicifolia*, *Diospyros tetrasperma* y *Gymnanthes lucida*.

**Estrato herbáceo.** Este estrato representa principalmente el crecimiento de plántulas durante el proceso de regeneración natural. La altura promedio de éste estrato no va más allá de un metro y entre las especies más representativas se encuentran *Randia longiloba* y *Nectandra salicifolia*.

### V.2.1.2. 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:

No	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Leguminosae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tsalam
2	Leguminosae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	k'anasín
3	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chakaj
4	Leguminosae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cocoite
5	Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
6	Sapindaceae	<i>Thouinia paucidentata</i>	K'an chuunup
7	Leguminosae	<i>Swartzia cubensis</i>	K'aatal oox
8	Moraceae	<i>Ficus maxima</i>	Higo maxima
9	Apiaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Sak chacaj
10	Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik
11	Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Ccheechem
12	Leguminosae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabin

13	Ebenaceae	<i>Diospyros tetrasperma</i>	Siliil
14	Malvaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>	Piin
15	Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Uvero
16	Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akitz
17	Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	Higo kopo'
18	Leguminosae	<i>Pithecellobium dulce</i>	Escobeta
19	Leguminosae	<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	Pamul
20	Sapindaceae	<i>Melicoccus oliviformis</i>	Huaya
21	Celastraceae	<i>Elaeodendron xylocarpum</i>	Sak boob
22	Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i>	Pixoy
23	Malpighiaceae	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	Sak paj
24	Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	Siricote
25	Leguminosae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	kitam che'
26	Leguminosae	<i>Platymiscium yucatanum</i>	Granadillo
27	Rubiaceae	<i>Gutterda combsii</i>	Taastaab
28	Leguminosae	<i>Mariosousa dolichostachya</i>	Tzalam verde
29	Lauraceae	<i>Nectandra salicifolia</i>	Laurelillo
30	Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i>	Mak'ulis
31	Myrtaceae	<i>Pscidium sartorianum</i>	Guayabillo
32	Polygonaceae	<i>Coccoloba sp.</i>	Hoja dura
33	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote
34	Euphorbiaceae	<i>Croton reflexifolius</i>	P'e'es' kúuch
35	Salicaceae	<i>Zuelania guidonia</i>	Tamay
36	Fabaceae	<i>Diphysa carthagenensis</i>	Ruda
37	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes lucida</i>	Ya'ay tiik
38	Polygonaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Ts'iits'ilche'
39	Sapotaceae	<i>Sideroxylon salicifolium</i>	Zapote faisán
40	Leguminosae	<i>Caesalpinia mollis</i>	Chak te'
41	Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Huano
42	Boraginaceae	<i>Cordia gerascanthus</i>	Bojom
43	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito de monte
44	Verbenaceae	<i>Lippia myriocephala</i>	Gusanillo
45	Moraceae	<i>Ficus benjamina</i>	Higo benjamina

Estrato arbustivo:

No	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
2	Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
3	Myrtaceae	<i>Pscidium sartorianum</i>	Guayabillo
4	Lauraceae	<i>Nectandra salicifolia</i>	Laurelillo
5	Rubiaceae	<i>Randia longiloba</i>	Cruzeta
6	Ebenaceae	<i>Diospyros tetrasperma</i>	Siliil
7	Fabaceae	<i>Bauhinia unguolata</i>	Pata de venado
8	Sapindaceae	<i>Thouinia paucidentata</i>	K'an chuunup
9	Leguminosae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabin
10	Annonaceae	<i>Mosannonna depressa</i>	Éelemuy
11	Leguminosae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	k'anasín
12	Rubiaceae	<i>Gutterda combsii</i>	Taastaab
13	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes lucida</i>	Ya'ay tiik
14	Leguminosae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cocoite
15	Polygonaceae	<i>Coccoloba sp.</i>	Hoja dura

16	Leguminosae	<i>Senna peralteana</i>	Hoja apestosa
17	Apiaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Sak chacaj
18	Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Majaua
19	Euphorbiaceae	<i>Croton reflexifolius</i>	P'e'es' kúuch
20	Boraginaceae	<i>Cordia gerascanthus</i>	Bojom
21	Leguminosae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tsalam
22	Verbenaceae	<i>Lippia myriocephala</i>	Gusanillo
23	Sapindaceae	<i>Melicoccus oliviformis</i>	Huaya
24	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chakaj

Estrato herbáceo:

No	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Rubiaceae	<i>Randia longiloba</i>	Cruzeta
2	Leguminosae	<i>Platymiscium yucatanum</i>	Granadillo
3	Lauraceae	<i>Nectandra salicifolia</i>	Laurelillo
4	Leguminosae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	k'anasín
5	Rubiaceae	<i>Alseis yucatanensis</i>	Tabaquillo
6	Euphorbiaceae	<i>Jatropha gaumeri</i>	Pomol che'
7	Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
8	Leguminosae	<i>Swartzia cubensis</i>	K'aatal oox
9	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes lucida</i>	Ya'ay tiik
10	Myrtaceae	<i>Pscidium sartorianum</i>	Guayabillo
11	Putranjivaceae	<i>Drypetes lateriflora</i>	Ekulub
12	Ebenaceae	<i>Diospyros tetrasperma</i>	Siliil

Es importante resaltar que de las especies citadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo; sólo se registraron las especies *Thrinax radiata* (palma chit) y *Coccothrinax readii* (Nakax), la cuales se encuentran listadas en la categoría de especies amenazadas. (Aquellas especies que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones).

ESPECIES EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010				
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTATUS
1	Arecaceae	<i>Trinax radiata</i>	Chit	Amenazada
2	Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i>	Nakax	Amenazada

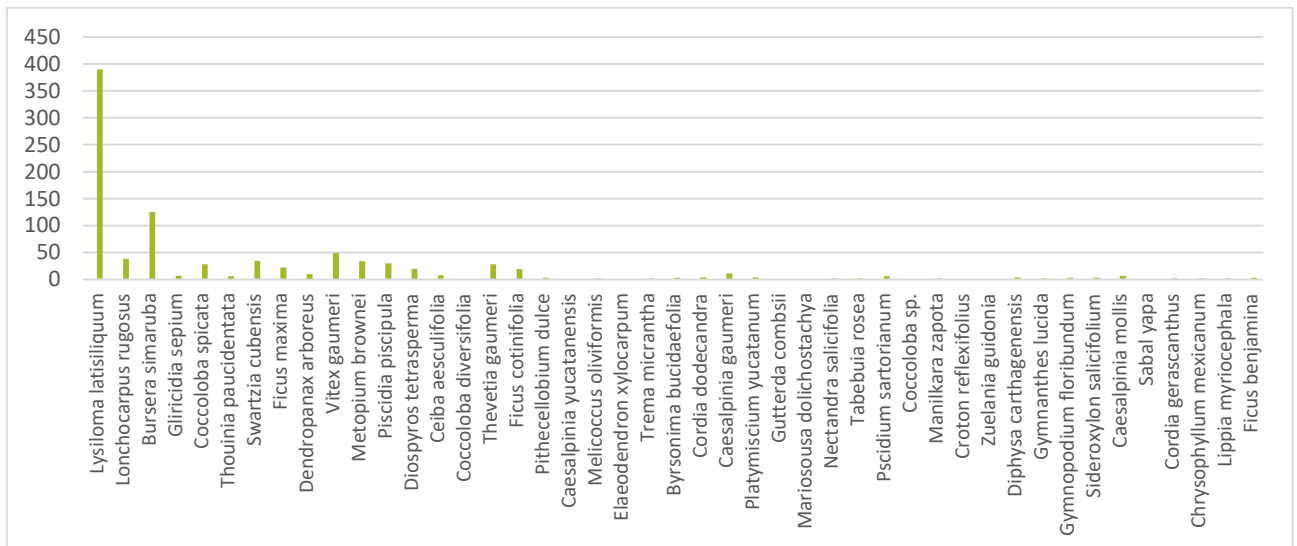
De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior, la vegetación del predio se encuentra compuesta por 54 especies distribuidas en 26 familias, de las cuales Leguminosae y Polygonaceae fueron las más abundantes, representadas por 12 y 4

especies respectivamente; en tanto que el resto de las familias sólo estuvieron representadas por 3 o menos especies.

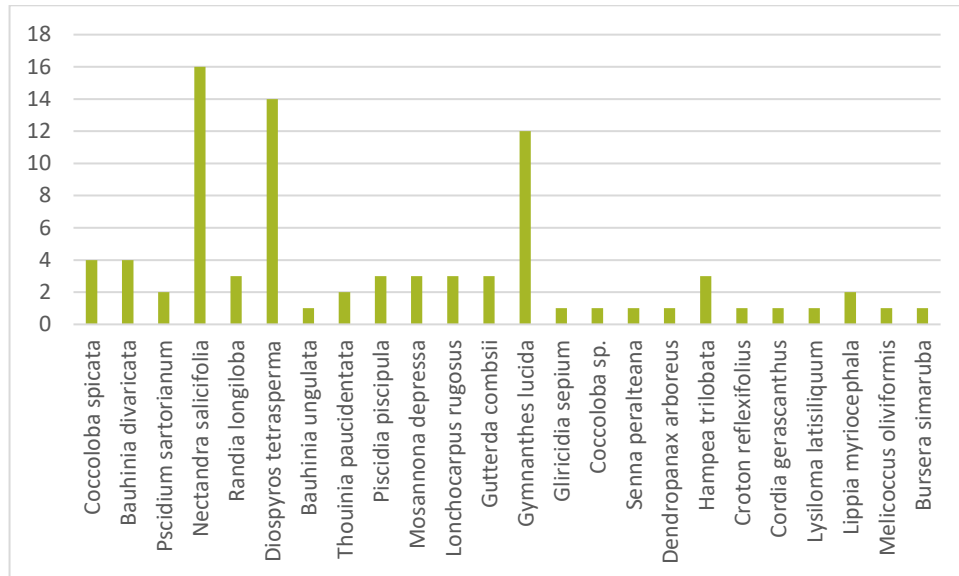
Al respecto de las especies epifitas que pudieran encontrarse en el predio del proyecto, se hace mención que en el mismo no se registró individuo epifito alguno en la vegetación estudiada. Asimismo, en los muestreos realizados en la superficie del predio se puede recalcar que no se encontró especies epifitas dentro de la propiedad tal como se enlisto las especies forestales de los tres estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo que se muestrearon para el presente DTU-A.

En las siguientes gráficas se muestra el comportamiento del número de organismos por especies para cada estrato registrado:

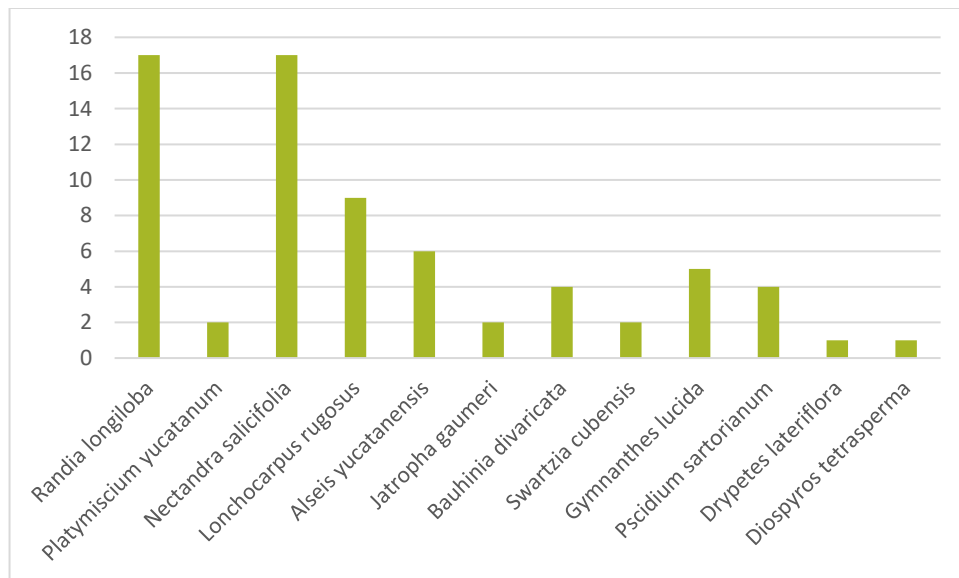
### Estrato arbóreo



### Estrato arbustivo



### Estrato herbáceo



#### V.2.1.3. 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:

### Índice de diversidad de la comunidad estudiada

Para estimar la biodiversidad de la flora presente en la superficie de CUSTF, 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).

Este índice considera los individuos que se muestran al azar a partir de una población "indefinidamente grande", esto es, una población efectivamente infinita, considerando que todas las especies están representadas en la muestra.

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  $S$ . También puede considerarse a la diversidad como una medida de la incertidumbre para predecir a qué especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una muestra de  $S$  especies y  $N$  individuos. Por lo tanto,  $H' = 0$  cuando la muestra contenga solo una especie, y,  $H'$  será máxima cuando todas las especies  $S$  estén representadas por el mismo número de individuos  $n_i$ , es decir, que la comunidad tenga una distribución de abundancias perfectamente equitativa.

Este índice subestima la diversidad específica si la muestra es pequeña. En la ecuación original se utilizan logaritmos en base 2, las unidades se expresan como bits/ind, y se calcula a partir de:

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

Donde:

**S** = número total de especies.

**( $\sum i = 1$ )** = número total de individuos.

**P<sub>i</sub>** = abundancia relativa de la especie  $i$ .

**ln P<sub>i</sub>** = logaritmo natural (base 2 según la fórmula original) de la abundancia relativa de la especie  $i$ .

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



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

Estrato Arbóreo				
ESPECIES	# de individuos del inventario	ABUNDANCIA RELATIVA (Pi)	LOG Pi	LOG Pi * Pi
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	390	0.421	-1.25	-0.526
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	38	0.041	-4.61	-0.189
<i>Bursera simaruba</i>	125	0.135	-2.89	-0.390
<i>Gliricidia sepium</i>	7	0.008	-7.05	-0.053
<i>Coccoloba spicata</i>	28	0.030	-5.05	-0.153
<i>Thouinia paucidentata</i>	6	0.006	-7.27	-0.047
<i>Swartzia cubensis</i>	35	0.038	-4.73	-0.178
<i>Ficus maxima</i>	22	0.024	-5.40	-0.128
<i>Dendropanax arboreus</i>	10	0.011	-6.53	-0.070
<i>Vitex gaumeri</i>	49	0.053	-4.24	-0.224
<i>Metopium brownei</i>	34	0.037	-4.77	-0.175
<i>Piscidia piscipula</i>	30	0.032	-4.95	-0.160
<i>Diospyros tetrasperma</i>	20	0.022	-5.53	-0.119
<i>Ceiba aesculifolia</i>	8	0.009	-6.86	-0.059
<i>Coccoloba diversifolia</i>	1	0.001	-9.86	-0.011
<i>Thevetia gaumeri</i>	28	0.030	-5.05	-0.153
<i>Ficus cotinifolia</i>	19	0.020	-5.61	-0.115
<i>Pithecellobium dulce</i>	3	0.003	-8.27	-0.027
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	1	0.001	-9.86	-0.011
<i>Melicoccus oliviformis</i>	2	0.002	-8.86	-0.019
<i>Elaeodendron xylocarpum</i>	1	0.001	-9.86	-0.011
<i>Trema micrantha</i>	2	0.002	-8.86	-0.019
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	3	0.003	-8.27	-0.027
<i>Cordia dodecandra</i>	4	0.004	-7.86	-0.034
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	11	0.012	-6.40	-0.076
<i>Platymiscium yucatanum</i>	4	0.004	-7.86	-0.034
<i>Gutterda combsii</i>	1	0.001	-9.86	-0.011
<i>Mariosousa dolichostachya</i>	1	0.001	-9.86	-0.011
<i>Nectandra salicifolia</i>	2	0.002	-8.86	-0.019
<i>Tabebuia rosea</i>	2	0.002	-8.86	-0.019
<i>Pscidium sartorianum</i>	6	0.006	-7.27	-0.047
<i>Coccoloba sp.</i>	1	0.001	-9.86	-0.011
<i>Manilkara zapota</i>	2	0.002	-8.86	-0.019
<i>Croton reflexifolius</i>	1	0.001	-9.86	-0.011
<i>Zuelania guidonia</i>	1	0.001	-9.86	-0.011
<i>Diphysa carthagenensis</i>	4	0.004	-7.86	-0.034
<i>Gymnanthes lucida</i>	2	0.002	-8.86	-0.019
<i>Gymnopodium floribundum</i>	3	0.003	-8.27	-0.027
<i>Sideroxylon salicifolium</i>	3	0.003	-8.27	-0.027
<i>Caesalpinia mollis</i>	7	0.008	-7.05	-0.053
<i>Sabal yapa</i>	1	0.001	-9.86	-0.011

Estrato Arbóreo				
ESPECIES	# de individuos del inventario	ABUNDANCIA RELATIVA (Pi)	LOG Pi	LOG Pi * Pi
<i>Cordia gerascanthus</i>	2	0.002	-8.86	-0.019
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	2	0.002	-8.86	-0.019
<i>Lippia myriocephala</i>	2	0.002	-8.86	-0.019
<i>Ficus benjamina</i>	3	0.003	-8.27	-0.027
$\Sigma i =$	<b>927</b>		$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$	<b>3.41</b>

Estrato Arbustivo				
ESPECIES	# de individuos del inventario	ABUNDANCIA RELATIVA (Pi)	LOG Pi	LOG Pi * Pi
<i>Coccoloba spicata</i>	4	0.048	-4.39	-0.209
<i>Bauhinia divaricata</i>	4	0.048	-4.39	-0.209
<i>Pscidium sartorianum</i>	2	0.024	-5.39	-0.128
<i>Nectandra salicifolia</i>	16	0.190	-2.39	-0.456
<i>Randia longiloba</i>	3	0.036	-4.81	-0.172
<i>Diospyros tetrasperma</i>	14	0.167	-2.58	-0.431
<i>Bauhinia unguolata</i>	1	0.012	-6.39	-0.076
<i>Thouinia paucidentata</i>	2	0.024	-5.39	-0.128
<i>Piscidia piscipula</i>	3	0.036	-4.81	-0.172
<i>Mosannonna depressa</i>	3	0.036	-4.81	-0.172
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	3	0.036	-4.81	-0.172
<i>Gutterda combsii</i>	3	0.036	-4.81	-0.172
<i>Gymnanthes lucida</i>	12	0.143	-2.81	-0.401
<i>Gliricidia sepium</i>	1	0.012	-6.39	-0.076
<i>Coccoloba sp.</i>	1	0.012	-6.39	-0.076
<i>Senna peralteana</i>	1	0.012	-6.39	-0.076
<i>Dendropanax arboreus</i>	1	0.012	-6.39	-0.076
<i>Hampea trilobata</i>	3	0.036	-4.81	-0.172
<i>Croton reflexifolius</i>	1	0.012	-6.39	-0.076
<i>Cordia gerascanthus</i>	1	0.012	-6.39	-0.076
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	1	0.012	-6.39	-0.076
<i>Lippia myriocephala</i>	2	0.024	-5.39	-0.128
<i>Melicoccus oliviformis</i>	1	0.012	-6.39	-0.076
<i>Bursera simaruba</i>	1	0.012	-6.39	-0.076
$\Sigma i =$	<b>84</b>		$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$	<b>3.88</b>

Estrato Herbáceo				
ESPECIES	# de individuos del inventario	ABUNDANCIA RELATIVA (Pi)	LOG Pi	LOG Pi * Pi
<i>Thrinax radiata</i>	193	0.393	-1.35	-0.530
<i>Pteridium caudatum</i>	17	0.035	-4.85	-0.168
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	45	0.092	-3.45	-0.316
<i>Nectandra coriacea</i>	79	0.161	-2.64	-0.424

Estrato Herbáceo				
ESPECIES	# de individuos del inventario	ABUNDANCIA RELATIVA (Pi)	LOG Pi	LOG Pi * Pi
<i>Randia longiloba</i>	17	0.243	-2.04	-0.496
<i>Platymiscium yucatanum</i>	2	0.029	-5.13	-0.147
<i>Nectandra salicifolia</i>	17	0.243	-2.04	-0.496
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	9	0.129	-2.96	-0.380
<i>Alseis yucatanensis</i>	6	0.086	-3.54	-0.304
<i>Jatropha gaumeri</i>	2	0.029	-5.13	-0.147
<i>Bauhinia divaricata</i>	4	0.057	-4.13	-0.236
<i>Swartzia cubensis</i>	2	0.029	-5.13	-0.147
<i>Gymnanthes lucida</i>	5	0.071	-3.81	-0.272
<i>Pscidium sartorianum</i>	4	0.057	-4.13	-0.236
<i>Drypetes lateriflora</i>	1	0.014	-6.13	-0.088
<i>Diospyros tetrasperma</i>	1	0.014	-6.13	-0.088
$\Sigma i =$	<b>70</b>		$H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$	<b>3.03</b>

### Índice de Valor de Importancia (IVI) de la comunidad estudiada

El Índice de Valor de Importancia (IVI), fue desarrollado por Curtis & McIntosh (1951) y aplicado por Pool *et al.* (1977), Cox (1981), Cintrón & Schaeffer-Novelli (1983) y Corella *et al.* (2001). Es un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados, bajo la premisa de que la variación en la composición florística es una de las características más importantes que deben ser determinadas en el estudio de una vegetación.

El Índice de Valor de Importancia (IVI) es un indicador de la importancia fitosociológica de una especie, dentro de una comunidad, y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$IVI = A\% + F\% + D\%$$

Donde:

**IVI:** índice de valor de importancia

**A%:** abundancia relativa

**F%:** frecuencia relativa

**D%:** dominancia relativa

**Abundancia.** Hace referencia al número de individuos por hectárea y por especie en relación con el número total de individuos. Se distingue la abundancia absoluta (número total de individuos de la comunidad inventariada) y la abundancia relativa (proporción de los individuos de cada especie entre el total de los individuos inventariados) y se calcula mediante la siguiente ecuación.

**Abundancia relativa:**

$$A\% = Ni/Nt * 100$$

Donde:

**Ni** = número de individuos de la *i*ésima especie

**Nt** = Número total de individuos inventariados (Abundancia absoluta)

**Frecuencia.** Permite determinar el número de parcelas en que aparece una determinada especie, en relación al total de parcelas inventariadas, o existencia o ausencia de una determinada especie en una parcela. La frecuencia relativa de una especie se determina como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies y es el resultado de dividir la frecuencia absoluta de un determinado valor entre el número total de datos, por lo que se calcula utilizando la siguiente ecuación.

**Frecuencia relativa:**

$$F\% = Fi/Ft * 100$$

Donde:

**Fi** = Número de sitios en los que aparece la *i*ésima especie

**Ft** = Número total de las frecuencias del muestreo.

**Dominancia:** Se relaciona con el grado de cobertura de las especies como manifestación del espacio ocupado por ellas y se determina como la suma de las proyecciones horizontales de las copas de los árboles en el suelo. Debido a que la estructura vertical de los bosques naturales tropicales es bastante compleja, la determinación de las proyecciones de las copas de los árboles resulta difícil y a veces imposible de realizar; por esta razón se utiliza las áreas basales, debido a que existe una correlación lineal alta entre el diámetro de la copa y el fuste.

Bajo este esquema, la dominancia absoluta es la sumatoria de las áreas basales de todas las especies expresada en metros cuadrados, y la dominancia relativa es la relación expresada en porcentaje entre la dominancia de una especie cualquiera y la dominancia absoluta de la comunidad inventariada. Este último parámetro se calcula aplicando la siguiente ecuación.

**Dominancia relativa:**

$$D\% = Gi/Gt * 100$$

Donde:

**Gi** = Área basal en m<sup>2</sup> para la *i*ésima especie

**Gt** = Área basal en m<sup>2</sup> de todas las especies (dominancia absoluta)

Cabe aclarar que para el estrato herbáceo se consideró la cobertura relativa y no el área basal para el cálculo de la dominancia relativa, de acuerdo con la metodología aplicada.

Visto lo anterior, a continuación, se presentan los índices de valor de importancia de los estratos que integran la vegetación que se desarrolla dentro de la superficie de CUSTF.

Estrato Arbóreo				
ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%)				
ESPECIES	A%= NI/NT * 100	F%= FI/FT * 100	D%= GI / GT * 100	IVI
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	42.07	9.21	54.93	106.21
<i>Bursera simaruba</i>	13.48	7.89	8.95	30.33
<i>Vitex gaumeri</i>	5.29	6.58	4.57	16.44
<i>Metopium brownei</i>	3.67	5.70	3.64	13.01
<i>Coccoloba spicata</i>	3.02	7.46	2.05	12.53
<i>Piscidia piscipula</i>	3.24	5.26	3.51	12.01
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	4.10	5.26	2.58	11.94
<i>Thevetia gaumeri</i>	3.02	6.14	2.02	11.18
<i>Swartzia cubensis</i>	3.78	3.51	2.56	9.84
<i>Ficus maxima</i>	2.37	3.95	3.12	9.44
<i>Diospyros tetrasperma</i>	2.16	4.82	1.15	8.13
<i>Ficus cotinifolia</i>	2.05	3.51	1.94	7.50
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	1.19	2.19	0.66	4.04
<i>Dendropanax arboreus</i>	1.08	1.75	0.92	3.75
<i>Ceiba aesculifolia</i>	0.86	1.75	1.05	3.66
<i>Thouinia paucidentata</i>	0.65	2.19	0.41	3.25
<i>Platymiscium yucatanum</i>	0.43	1.75	0.33	2.52
<i>Gliricidia sepium</i>	0.76	1.32	0.41	2.49
<i>Sideroxylon salicifolium</i>	0.32	1.32	0.42	2.06
<i>Pscidium sartorianum</i>	0.65	0.88	0.51	2.04
<i>Cordia dodecandra</i>	0.43	1.32	0.28	2.02
<i>Diphysa carthagenensis</i>	0.43	1.32	0.23	1.98
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.32	1.32	0.14	1.78
<i>Caesalpinia mollis</i>	0.76	0.44	0.41	1.61
<i>Pithecellobium dulce</i>	0.32	0.88	0.28	1.49
<i>Ficus benjamina</i>	0.32	0.88	0.28	1.48
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	0.32	0.88	0.24	1.45
<i>Cordia gerascanthus</i>	0.22	0.88	0.24	1.33
<i>Manilkara zapota</i>	0.22	0.44	0.58	1.24
<i>Gymnanthes lucida</i>	0.22	0.88	0.14	1.23
<i>Melicoccus oliviformis</i>	0.22	0.88	0.13	1.22
<i>Nectandra salicifolia</i>	0.22	0.88	0.12	1.21
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	0.22	0.88	0.12	1.21
<i>Trema micrantha</i>	0.22	0.88	0.10	1.19

Estrato Arbóreo				
ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%)				
ESPECIES	A%= NI/NT * 100	F%= FI/FT * 100	D%= GI / GT * 100	IVI
<i>Lippia myriocephala</i>	0.22	0.44	0.10	0.75
<i>Tabebuia rosea</i>	0.22	0.44	0.09	0.75
<i>Sabal yapa</i>	0.11	0.44	0.20	0.74
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	0.11	0.44	0.15	0.69
<i>Zuelania guidonia</i>	0.11	0.44	0.08	0.63
<i>Mariosousa dolichostachya</i>	0.11	0.44	0.08	0.62
<i>Elaeodendron xylocarpum</i>	0.11	0.44	0.06	0.61
<i>Coccoloba diversifolia</i>	0.11	0.44	0.06	0.61
<i>Coccoloba sp.</i>	0.11	0.44	0.05	0.60
<i>Gutterda combsii</i>	0.11	0.44	0.04	0.59
<i>Croton reflexifolius</i>	0.11	0.44	0.04	0.59
	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

Estrato Arbustivo				
ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%)				
ESPECIES	A%= NI/NT * 100	F%= FI/FT * 100	D%= GI / GT * 100	IVI
<i>Diospyros tetrasperma</i>	16.67	12.28	17.56	46.51
<i>Nectandra salicifolia</i>	19.05	14.04	10.48	43.57
<i>Gymnanthes lucida</i>	14.29	12.28	16.88	43.45
<i>Bauhinia divaricata</i>	4.76	5.26	11.82	21.85
<i>Coccoloba spicata</i>	4.76	5.26	4.56	14.58
<i>Piscidia piscipula</i>	3.57	5.26	5.49	14.33
<i>Hampea trilobata</i>	3.57	3.51	6.46	13.54
<i>Randia longiloba</i>	3.57	5.26	1.24	10.07
<i>Gutterda combsii</i>	3.57	3.51	2.83	9.91
<i>Thouinia paucidentata</i>	2.38	3.51	3.12	9.01
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	3.57	3.51	1.92	9.00
<i>Mosannonna depressa</i>	3.57	3.51	1.39	8.47
<i>Pscidium sartorianum</i>	2.38	3.51	1.49	7.38
<i>Lippia myriocephala</i>	2.38	1.75	2.55	6.69
<i>Gliricidia sepium</i>	1.19	1.75	3.23	6.18
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	1.19	1.75	3.12	6.06
<i>Dendropanax arboreus</i>	1.19	1.75	2.18	5.13
<i>Cordia gerascanthus</i>	1.19	1.75	0.99	3.94
<i>Bursera simaruba</i>	1.19	1.75	0.99	3.94
<i>Melicoccus oliviformis</i>	1.19	1.75	0.55	3.49
<i>Senna peralteana</i>	1.19	1.75	0.50	3.44
<i>Coccoloba sp.</i>	1.19	1.75	0.26	3.21
<i>Bauhinia unguolata</i>	1.19	1.75	0.23	3.18
<i>Croton reflexifolius</i>	1.19	1.75	0.15	3.09
	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

Estrato Herbáceo			
ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%)			
ESPECIES	A%= NI/NT * 100	F%= FI/FT * 100	IVI
Randia longiloba	24.29	21.62	45.91
Nectandra salicifolia	24.29	16.22	40.50
Lonchocarpus rugosus	12.86	16.22	29.07
Gymnanthes lucida	7.14	8.11	15.25
Alseis yucatanensis	8.57	2.70	11.27
Pscidium sartorianum	5.71	8.11	13.82
Bauhinia divaricata	5.71	5.41	11.12
Swartzia cubensis	2.86	5.41	8.26
Jatropha gaumeri	2.86	5.41	8.26
Platymiscium yucatanum	2.86	5.41	8.26
Drypetes lateriflora	1.43	2.70	4.13
Diospyros tetrasperma	1.43	2.70	4.13
	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>200</b>

ESTRATOS	ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA RESUMEN	
	ESPECIES	IVI
ARBÓREO	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	106.21
	<i>Bursera simaruba</i>	30.33
	<i>Vitex gaumeri</i>	16.44
ARBUSTIVO	<i>Diospyros tetrasperma</i>	46.51
	<i>Nectandra salicifolia</i>	43.57
	<i>Gymnanthes lucida</i>	43.45
HERBÁCEO	<i>Randia longiloba</i>	70.19
	<i>Nectandra salicifolia</i>	64.79
	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	41.93

### V.2.2. 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.

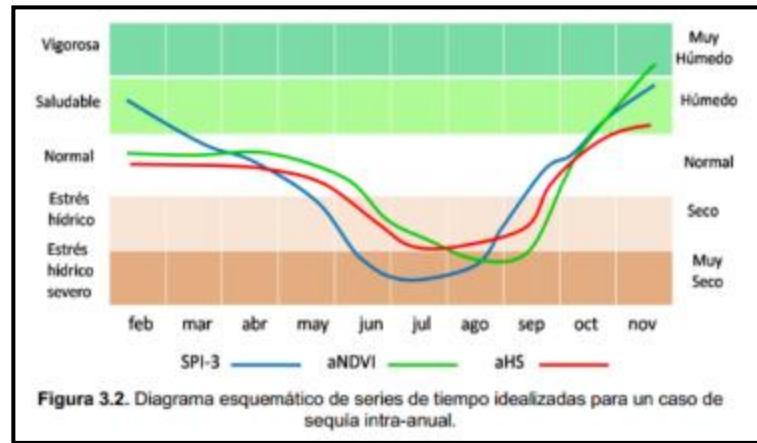
Causas ambientales	
Fenómenos hidrometeorológicos	<p>Se refieren principalmente a fenómenos atmosféricos que inciden de forma directa en la zona continental, pero que se originan en mar abierto, hablamos entonces de los huracanes y tormentas, fenómenos hidrometeorológicos que arrastran consigo grandes 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</p>

	<p>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 Mahahual 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 más dañadas <i>M. brownei</i>, <i>L. rugosus</i>, <i>L. latisiliquum</i>, entre otras.</p>
Sequía	<p>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.</p> <p>La sequía se puede diferenciar en: meteorológica, hidrológica, agrícola y socioeconómica. Para el caso particular de la zona donde se ubica el</p>



predio del proyecto, el tipo de sequía que se puede considerar como una causa de deterioro en la vegetación, es la hidrológica, ya que esta se encuentra asociada con los efectos de los períodos de precipitación deficientes que afectan la disponibilidad de agua superficial o del subsuelo. La frecuencia y severidad de este tipo de sequía 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 Playa del Carmen. 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

	<p>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.</p>
Fragmentación ecológica y efecto de borde	<p>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 <i>et al</i>, 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 viales 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).</p>

### V.2.3. Fauna

#### V.2.3.1. Composición faunística

##### a) Caracterización de la fauna (metodología del inventario)

Para el inventario faunístico del sitio del proyecto, se llevó a cabo un muestreo a través de observaciones directas en campo, para lo cual se aprovecharon las brechas existentes en las zonas aledañas a los polígonos de aprovechamiento; así como los cuadrantes que se utilizaron para el inventario forestal descritos en el apartado anterior.

De acuerdo con la metodología aplicada se obtuvieron los siguientes resultados, en lo que respecta a la composición de especies de fauna que ocupan la zona de aprovechamiento:

##### b) Caracterización de la fauna (composición de especies)

Durante los muestreos realizados en el predio del proyecto se logró registrar individuos representativos de tres grupos faunísticos: aves, mamíferos, reptiles; mientras que el grupo

de los anfibios no obtuvo registros. En las siguientes tablas se presentan los resultados del inventario faunístico.

GRUPO		FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
AVES	1	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	Tórtola rojiza
	2	Icteridae	<i>Dives dives</i>	Tordo cantor
	3	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle
	4	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma alas blanca
	5	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate
	6	Tyrannidae	<i>Myiozetes similis</i>	Luis gregario
	7	Chachalaca	<i>Ortalis vetula</i>	Cracidae
REPTILES	1	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana rayada
	2	Polychridae	<i>Norops sagrei</i>	Lagartija común
	3	Polychridae	<i>Anolis cristatellus</i>	Lagartija
	4	Polychridae	<i>Norops tropidonotus</i>	Anolis pardo
MAMÍFEROS	1	Sciuridae	<i>Sciurus yucatanensis</i>	Ardilla gris
	2	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache
	3	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Coatí
	4	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	Sereque

De acuerdo con la tabla anterior, encontramos que para el sitio del proyecto se registraron 15 especies faunísticas de las cuales el grupo mejor representado es el de las aves con 7 especies distribuidas entre 5 familias.

Por lo que toca a la herpetofauna, se registraron 4 especies de reptiles, encontrándose que las lagartijas son los organismos mejor representados de este grupo no se observaron ejemplares de anfibios. En relación a los mamíferos, se registraron 4 especies, los cuales corresponden a organismo de tallas pequeñas y medianas.

Respecto a las especies listadas bajo alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, el estudio arrojó solo una especie (*Ctenosaura similis*) 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.

#### **V.2.3.2. 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 REGISTRADAS EN EL POLÍGONO DE ESTUDIO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO= 13,125 m <sup>2</sup>	Aa = # DE IND POR HECTÁREA (10,000 m <sup>2</sup> )	ABUNDANCIA RELATIVA
<i>Columbina talpacoti</i>	11	8	0.175
<i>Dives dives</i>	7	5	0.111
<i>Mimus gilvus</i>	5	4	0.079
<i>Zenaida asiatica</i>	20	15	0.317
<i>Quiscalus mexicanus</i>	15	11	0.238
<i>Myiozetes similis</i>	4	3	0.063
<i>Ortalis vetula</i>	1	1	0.016
<b>TOTAL</b>	<b>63</b>	<b>48</b>	<b>1</b>

ANFIBIOS Y REPTILES REGISTRADOS EN EL POLÍGONO DE ESTUDIO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO= 13,125 m <sup>2</sup>	Aa = # DE IND POR HECTÁREA (10,000 m <sup>2</sup> )	ABUNDANCIA RELATIVA
<i>Ctenosaura similis</i>	11	8	0.407
<i>Norops sagrei</i>	10	8	0.370
<i>Anolis cristatellus</i>	5	4	0.185
<i>Norops tropidonotus</i>	1	1	0.037
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	<b>21</b>	<b>1</b>

MAMÍFEROS REGISTRADOS EN EL POLÍGONO DE ESTUDIO (MEMORIA DE CÁLCULO)			
ESPECIE	# DE IND SUP. DE MUESTREO= 115,200 m <sup>2</sup>	Aa = # DE IND POR HECTÁREA (10,000 m <sup>2</sup> )	ABUNDANCIA RELATIVA
<i>Sciurus yucatanensis</i>	7	5	0.636
<i>Didelphis virginiana</i>	2	2	0.182
<i>Nasua narica</i>	1	1	0.091
<i>Dasyprocta punctata</i>	1	1	0.091
<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	<b>9</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>	0.175	-2.52	-0.440
<i>Dives dives</i>	0.111	-3.17	-0.352
<i>Mimus gilvus</i>	0.079	-3.66	-0.290
<i>Zenaida asiatica</i>	0.317	-1.66	-0.526
<i>Quiscalus mexicanus</i>	0.238	-2.07	-0.493
<i>Myiozetes similis</i>	0.063	-3.98	-0.253
<i>Ortalis vetula</i>	0.016	-5.98	-0.095
$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$			<b>2.44</b>

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD HERPETOFAUNA			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG <sub>2</sub> Pi	Pi * LOG <sub>2</sub> Pi
<i>Ctenosaura similis</i>	0.407	-1.30	-0.528
<i>Norops sagrei</i>	0.370	-1.43	-0.531
<i>Anolis cristatellus</i>	0.185	-2.43	-0.451
<i>Norops tropidonotus</i>	0.037	-4.75	-0.176
$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$			<b>1.68</b>

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE MAMÍFEROS			
ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG <sub>2</sub> Pi	Pi * LOG <sub>2</sub> Pi
<i>Sciurus yucatanensis</i>	0.636	-0.65	-0.415
<i>Didelphis virginiana</i>	0.182	-2.46	-0.447
<i>Nasua narica</i>	0.091	-3.46	-0.314
<i>Dasyprocta punctata</i>	0.091	-3.46	-0.314
$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$			<b>1.49</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 media en cuanto a especies de **aves** se refiere, ya que el índice de Shannon – Wiener (1949) alcanza un valor de **H= 2.44**; 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 similar a lo que ocurre con el grupo herpetofaunístico (**H= 1.68**) y mamíferos (**H= 1.49**), en donde el índice alcanzó un valor cercano a 2, lo que indica que su biodiversidad en el ecosistema es moderada.

Aun cuando se mencionó con anterioridad, es importante mencionar que la metodología utilizada en el muestreo de fauna dentro de la microcuenca, fue la misma que se aplicó en el predio, y por ende, en la superficie de cambio de uso de suelo. Por lo tanto, la superficie de muestreo, las metodologías y las dimensiones de los sitios o puntos de muestreo tuvieron las mismas dimensiones para ambos casos; por lo que no se presenta la descripción de la metodología de campo, puesto que la misma ya fue descrita en el capítulo previo del presente estudio.

A continuación se presentan los cálculos de densidad absoluta y densidad relativa; así como los datos de frecuencia absoluta y relativa para cada especie identificada por grupo faunístico; de acuerdo con las siguientes ecuaciones.

#### Densidad relativa:

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad de cada especie (\# de individuos muestreados)}}{\text{Número total de individuos muestreados}} \times 100$$

**Frecuencia relativa:**

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Número de sitios en los que se presenta cada especie}}{\text{Número total de sitios muestreados}} \times 100$$

A continuación se presentan los valores de importancia calculados para las especies faunísticas registradas en los diferentes sitios de muestreo.

## Índice de diversidad de la comunidad estudiada

Para estimar la biodiversidad de la fauna presente en la superficie de CUSTF, conforme a los datos de abundancia relativa obtenidos por cada especie y por cada grupo faunístico, se utilizó el índice de diversidad de Shannon – Wiener (1949), el cual fue descrito con anterioridad en este capítulo; y en tal sentido, se presentan a continuación los índices calculados por cada grupo faunístico estudiado.

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%)			
ESPECIES	A%= NI/NT * 100	F%= FI/FT * 100	IVI
<i>Zenaida asiatica</i>	31.75	28.00	59.75
<i>Quiscalus mexicanus</i>	23.81	24.00	47.81
<i>Columbina talpacoti</i>	17.46	22.00	39.46
<i>Dives dives</i>	11.11	8.00	19.11
<i>Mimus gilvus</i>	7.94	10.00	17.94
<i>Myiozetes similis</i>	6.35	6.00	12.35
<i>Ortalis vetula</i>	1.59	2.00	3.59
	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>200</b>

De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior, las especies de aves más importantes que fueron registradas en los sitios de muestreo, de acuerdo con el índice de valor de importancia (IVI) alcanzado por cada una de ellas, según su densidad y frecuencia son: *Zenaida asiatica* (Paloma alas blancas), *Quiscalus mexicanus* (Zanate) y *Columbina talpacoti* (tortolita), y, con valores de 59.75, 47.81 y 39.46, respectivamente.

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%)			
ESPECIES	A%= NI/NT * 100	F%= FI/FT * 100	IVI
<i>Ctenosaura similis</i>	40.74	42.31	83.05
<i>Norops sagrei</i>	37.04	34.62	71.65
<i>Anolis cristatellus</i>	18.52	19.23	37.75
<i>Norops tropidonotus</i>	3.70	3.85	7.55

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%)			
ESPECIES	A%= NI/NT * 100	F%= FI/FT * 100	IVI
	100	100	200

De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior, las especies de reptiles más importantes que fueron registradas en los sitios de muestreo, de acuerdo con el índice de valor de importancia (IVI) alcanzado por cada una de ellas, según su densidad y frecuencia son: *Ctenosaura similis*, *Norops sagre* y *Anolis cristatellus* con valores de 83.05, 71.65 y 37.75 respectivamente.

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%)			
ESPECIES	A%= NI/NT * 100	F%= FI/FT * 100	IVI
<i>Sciurus yucatanensis</i>	63.64	63.64	127.27
<i>Didelphis virginiana</i>	18.18	18.18	36.36
<i>Dasyprocta punctata</i>	9.09	9.09	18.18
<i>Nasua narica</i>	9.09	9.09	18.18
	100	100	200

De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior, la especie de mamífero más importante que fue registrada en el sitio de muestreo, de acuerdo con el índice de valor de importancia (IVI) alcanzado según su densidad y frecuencia es *Sciurus yucatanensis* y *Didelphis virginiana* con valores de 127.27, 36.36 y 25.37 respectivamente.

## VI. INVENTARIO FORESTAL

La estimación del volumen por especie de las materias primas forestales derivadas del cambio de uso de suelo en terrenos forestales en una superficie de 13.13 ha 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.

Las primeras actividades consistieron en identificar los límites del predio mediante el GPS, una vez corroborados dichos datos se procedió a identificar el tipo de vegetación (Selva mediana subperennifolia) así como las condiciones en las que ésta se encontraba, la cual fue verificada mediante imágenes satelitales del 2015 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 21 sitios de muestreo. Cada sitio de muestreo consistió en una serie de tres cuadrantes anidados, cuyas características se describen a continuación:

- **Primer cuadrante:** de 25 x 25 mts. (625 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 2 x 2 mts. (4 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 x 1 mts. (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 13,125 m<sup>2</sup> (1.31 hectáreas), las cuales considerando que la superficie solicitada para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales corresponde a 131,341.42 m<sup>2</sup> ha, representa una intensidad de muestreo del 9.99 %. En la siguiente imagen se presentan las coordenadas (UTM Datum WGS84) de los sitios de muestreo, así como la distribución espacial que ocupan en el predio del proyecto.

En la siguiente tabla se presentan los puntos y vértices de los sitios de muestreo utilizados para el inventario forestal.



VÉRTICES	X COORD	Y COORD
1	487452.63	2279379.79
2	487388.78	2279421.02
3	487324.94	2279462.26
4	487572.54	2279400.20
5	487508.69	2279441.44
6	487444.85	2279482.68
7	487381.01	2279523.91
8	487628.61	2279461.86
9	487564.76	2279503.09
10	487500.92	2279544.33
11	487437.08	2279585.56
12	487684.68	2279523.51
13	487620.83	2279564.74
14	487557.00	2279605.98
15	487493.15	2279647.22
16	487613.07	2279667.63
17	487549.22	2279708.87
18	487796.82	2279646.81
19	487732.98	2279688.05
20	487669.13	2279729.28
21	487605.29	2279770.52

### VI.1. REGISTRO DE VARIABLES

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

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

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

### VI.2. ESTIMACIÓN DE VOLUMEN DE MATERIAS PRIMAS FORESTALES

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

considerando que los fustes de los árboles generalmente se asemeja a un cilindro medido a una cierta altura, corrigiendo el error con un coeficiente de forma o "coeficiente mórfico" mediante la fórmula siguiente:

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

Donde:

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

**Dap** = Diámetro normal o Diámetro a la altura del pecho

**ht** = Altura total del árbol

**f** = Coeficiente mórfico o factor de forma

Los datos de campo, es decir el diámetro a la altura del pecho y la altura del fuste permiten el cálculo del volumen considerando la forma de un cilindro, pero hay que tomar en cuenta que el diámetro del fuste disminuye conforme aumenta la altura de éste. Esto significa que el volumen del fuste siempre es menor al volumen de un cilíndrico. El factor que refleja esta diferencia es el coeficiente mórfico mismo que oscila entre 0.5 y 0.7.

Como se mencionó anteriormente, el factor de forma o coeficiente mórfico (f), oscila entre 0.5 y 0.7, considerando que el fuste de un árbol se asemeja a la forma de un cilindro, pero conforme aumenta la altura de este, se reduce su diámetro asemejando un cono (tipo dendrométrico del fuste), entonces se ha optado por usar un coeficiente de forma igual a 0.65, como una media estandarizada, de acuerdo con la siguiente tabla:

FACTOR DE FORMA SEGÚN SU FUSTE	
TIPO DENDROMÉTRICO DEL FUSTE	FACTOR DE FORMA
<i>Cilíndrico</i>	$ff \geq 0,85$
<i>Paraboloide</i>	$0,85 \geq ff \geq 0,70$
<i>Cono</i>	$0,70 \geq ff \geq 0,50$
<i>Neiloide</i>	$0,50 \geq ff \geq 0,35$

Por lo tanto, el coeficiente mórfico utilizado es de 0.65.

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

DENSIDAD (# DE IND), ÁREA BASAL Y VOLUMEN TOTAL ÁRBOL						
Nombre científico	Ind/ha	AB (m <sup>2</sup> )/ha	Vol.T.A (m <sup>3</sup> )/ha	Ind/CUSTF	AB (m <sup>2</sup> )/CUSTF	Vol.T.A (m <sup>3</sup> )/CUSTF
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	297	7.35	42.27	3903	96.56	555.21
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	29	0.35	2.03	380	4.54	26.64
<i>Bursera simaruba</i>	95	1.20	6.34	1251	15.74	83.29
<i>Gliricidia sepium</i>	5	0.06	0.29	70	0.73	3.85
<i>Coccoloba spicata</i>	21	0.27	1.52	280	3.61	19.98
<i>Thouinia paucidentata</i>	5	0.05	0.29	60	0.72	3.87
<i>Swartzia cubensis</i>	27	0.34	1.91	350	4.50	25.08
<i>Ficus maxima</i>	17	0.42	2.37	220	5.49	31.11
<i>Dendropanax arboreus</i>	8	0.12	0.74	100	1.62	9.69
<i>Vitex gaumeri</i>	37	0.61	3.48	490	8.04	45.67
<i>Metopium brownei</i>	26	0.49	2.78	340	6.40	36.51
<i>Piscidia piscipula</i>	23	0.47	2.74	300	6.17	36.00
<i>Diospyros tetrasperma</i>	15	0.15	0.88	200	2.02	11.57
<i>Ceiba aesculifolia</i>	6	0.14	0.82	80	1.84	10.81
<i>Coccoloba diversifolia</i>	1	0.01	0.04	10	0.10	0.54
<i>Thevetia gaumeri</i>	21	0.27	1.40	280	3.55	18.40
<i>Ficus cotinifolia</i>	14	0.26	1.46	190	3.41	19.15
<i>Pithecellobium dulce</i>	2	0.04	0.21	30	0.50	2.70
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	1	0.02	0.12	10	0.26	1.52
<i>Melicoccus oliviformis</i>	2	0.02	0.09	20	0.22	1.12
<i>Elaeodendron xylocarpum</i>	1	0.01	0.04	10	0.11	0.57
<i>Trema micrantha</i>	2	0.01	0.07	20	0.17	0.96
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	2	0.03	0.16	30	0.43	2.09
<i>Cordia dodecandra</i>	3	0.04	0.20	40	0.49	2.63
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	8	0.09	0.48	110	1.15	6.33
<i>Platymiscium yucatanum</i>	3	0.04	0.26	40	0.58	3.39
<i>Gutterda combsii</i>	1	0.01	0.03	10	0.08	0.41
<i>Mariosousa dolichostachya</i>	1	0.01	0.07	10	0.13	0.86
<i>Nectandra salicifolia</i>	2	0.02	0.08	20	0.21	1.10
<i>Tabebuia rosea</i>	2	0.01	0.07	20	0.17	0.97
<i>Pscidium sartorianum</i>	5	0.07	0.37	60	0.90	4.86
<i>Coccoloba sp.</i>	1	0.01	0.03	10	0.09	0.45
<i>Manilkara zapota</i>	2	0.08	0.47	20	1.02	6.24
<i>Croton reflexifolius</i>	1	0.01	0.04	10	0.08	0.46
<i>Zuelania guidonia</i>	1	0.01	0.07	10	0.14	0.91
<i>Diphysa carthagenensis</i>	3	0.03	0.16	40	0.41	2.07
<i>Gymnanthes lucida</i>	2	0.02	0.10	20	0.25	1.33

<i>Gymnopodium floribundum</i>	2	0.02	0.09	30	0.24	1.24
<i>Sideroxylon salicifolium</i>	2	0.06	0.37	30	0.74	4.86
<i>Caesalpinia mollis</i>	5	0.06	0.31	70	0.73	4.10
<i>Sabal yapa</i>	1	0.03	0.13	10	0.35	1.69
<i>Cordia gerascanthus</i>	2	0.03	0.20	20	0.43	2.68
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	2	0.02	0.10	20	0.21	1.25
<i>Lippia myriocephala</i>	2	0.01	0.08	20	0.17	0.99
<i>Ficus benjamina</i>	2	0.04	0.21	30	0.49	2.79
<b>Total</b>	<b>706</b>	<b>13.38</b>	<b>75.98</b>	<b>9276</b>	<b>175.79</b>	<b>997.98</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 por hectárea existe un total de **706 individuos**, con un **área basal de 13.38 m<sup>2</sup>**, un **volumen total árbol 75.98 m<sup>3</sup>**, en un tipo de vegetación de Selva mediana subperennifolia.

De los datos referidos en el párrafo anterior, podemos concluir que el ecosistema de Selva mediana subperennifolia que se desarrolla en la superficie de CUSTF se encuentra buen estado de conservación, ya que de acuerdo con la Semarnat-Conafor (2010) se calcula una densidad de 514 árboles por hectárea para las selvas medianas en estado maduro a nivel nacional, siendo que a través del inventario, se obtuvo una densidad de 706 árboles por hectárea. Esto se acentúa más si consideramos que el área basal promedio para bosques maduros de la Península de Yucatán está entre 11.9 y 32.5 m<sup>2</sup> y que el volumen total árbol (vta) es de 10.19 m<sup>3</sup> por hectárea (White y Hood, 2004).

Si bien los datos que se mencionan con anterioridad corresponden al estrato arbóreo, y considerando que el presente proyecto no es de aprovechamiento forestal, si no el mismo pretende la remoción total de la vegetación, a continuación, se presentan las estimaciones para cada una de las especies arbóreas registradas con respecto a su densidad (número de individuos), área basal y volumen total árbol en el predio del proyecto y por hectárea para el estrato arbustivo.

DENSIDAD (# DE IND), ÁREA BASAL Y VOLUMEN TOTAL ARBUSTIVO						
Nombre científico	Ind/ha	AB (m <sup>2</sup> )/ha	Vol.T.A (m <sup>3</sup> )/ha	Ind/CUSTF	AB (m <sup>2</sup> )/CUSTF	Vol.T.A (m <sup>3</sup> )/CUSTF
<i>Coccoloba spicata</i>	476	0.41	1.13	6254	5.43	14.82
<i>Bauhinia divaricata</i>	476	1.07	2.08	6254	14.08	27.28
<i>Pscidium sartorianum</i>	238	0.14	0.34	3127	1.78	4.45
<i>Nectandra salicifolia</i>	1905	0.95	2.39	25017	12.49	31.38
<i>Randia longiloba</i>	357	0.11	0.19	4691	1.47	2.55
<i>Diospyros tetrasperma</i>	1667	1.59	5.74	21890	20.92	75.45
<i>Bauhinia unguolata</i>	119	0.02	0.08	1564	0.28	1.08

<i>Thouinia paucidentata</i>	238	0.28	1.16	3127	3.72	15.24
<i>Piscidia piscipula</i>	357	0.50	1.54	4691	6.55	20.25
<i>Mosannonna depressa</i>	357	0.13	0.26	4691	1.66	3.37
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	357	0.17	0.47	4691	2.29	6.21
<i>Gutterda combsii</i>	357	0.26	0.94	4691	3.37	12.36
<i>Gymnanthes lucida</i>	1429	1.53	4.94	18763	20.12	64.83
<i>Gliricidia sepium</i>	119	0.29	1.14	1564	3.85	15.02
<i>Coccoloba sp.</i>	119	0.02	0.03	1564	0.31	0.41
<i>Senna peralteana</i>	119	0.05	0.09	1564	0.59	1.16
<i>Dendropanax arboreus</i>	119	0.20	0.39	1564	2.60	5.07
<i>Hampea trilobata</i>	357	0.59	1.36	4691	7.69	17.87
<i>Croton reflexifolius</i>	119	0.01	0.01	1564	0.18	0.14
<i>Cordia gerascanthus</i>	119	0.09	0.18	1564	1.18	2.30
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	119	0.28	1.10	1564	3.71	14.49
<i>Lippia myriocephala</i>	238	0.23	1.05	3127	3.04	13.80
<i>Melicoccus oliviformis</i>	119	0.05	0.08	1564	0.65	1.06
<i>Bursera simaruba</i>	119	0.09	0.23	1564	1.18	3.07
<b>Total</b>	<b>10,000</b>	<b>9.07</b>	<b>26.93</b>	<b>131,341</b>	<b>119.16</b>	<b>353.65</b>

## **VII. PLAZO PARA LA EJECUCIÓN DEL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES**

### **VII.1. PLAZO PARA LA EJECUCIÓN DEL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES**

El cambio de uso de suelo forestal se llevará a cabo fundamentalmente como la única etapa del proyecto que se somete a evaluación. Dicha etapa involucra, en orden de ejecución, la delimitación de las áreas de desplante, las actividades de rescate de vegetación y fauna, así como las actividades de desmonte y despalme. Una vez obtenidas las autorizaciones correspondientes, el proceso de desarrollo del proyecto pretende realizarse durante un período de 36 meses (3 años), tiempo estimado para el proceso de cambio de uso de suelo de los terrenos forestales.

Así mismo dicha etapa se realizará de acuerdo con lo establecido en la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable que indica:

*“La eliminación de la cubierta forestal debe realizarse de manera ordenada con el fin de conservar, proteger y en su caso restaurar la vegetación que no sea requerida para el desarrollo del proyecto.”*

Para llevar a cabo el cambio de uso de suelo en terrenos forestales solicitado en una superficie conjunta de 131,341.42 m<sup>2</sup> (13.13 ha), que corresponden al 87.59% de la superficie total del predio, se estima un plazo de 3 años (36 meses) divididas en 3 etapas de un año cada una, como se mencionó anteriormente, mismo que de acuerdo con el cronograma de actividades, implicará la ejecución del cambio de uso de suelo por etapas, con los trabajos que se indican en el siguiente cronograma.

Programa de trabajo que será repetido durante cada etapa del proyecto.

ACTIVIDADES POR ETAPA	CRONOGRAMA (MESES)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Aviso de inicio de las actividades	X												
Trazo y delimitación de la superficie de CUSTF	X	X	X										
Rescate de vegetación	X	X	X	X	X	X							
Rescate de fauna silvestre		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Instalación y operación del vivero rústico temporal		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Remoción de la vegetación		X	X	X	X								
Despalme y rescate de la tierra vegetal		X	X	X	X								
Trituración del material vegetal		X	X	X	X								
Reforestación									X	X	X	X	
Informes de avances				X				X					X

ACTIVIDADES POR ETAPA	CRONOGRAMA (MESES)											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Trazo y delimitación de la superficie de CUSTF	X	X	X									
Rescate de vegetación	X	X	X	X	X	X						
Rescate de fauna silvestre		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Instalación y operación del vivero rústico temporal		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Remoción de la vegetación		X	X	X	X							
Despalme y rescate de la tierra vegetal		X	X	X	X							
Trituración del material vegetal		X	X	X	X							
Reforestación		X	X	X	X							
Informes de avances									X	X	X	X

ACTIVIDADES POR ETAPA	CRONOGRAMA (MESES)											
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Trazo y delimitación de la superficie de CUSTF	X	X	X									
Rescate de vegetación	X	X	X	X	X	X						
Rescate de fauna silvestre		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Instalación y operación del vivero rústico temporal		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Remoción de la vegetación		X	X	X	X							
Despalme y rescate de la tierra vegetal		X	X	X	X							
Trituración del material vegetal		X	X	X	X							
Reforestación		X	X	X	X							
Informes de avances									X	X	X	X
Informe de finiquito												X

De acuerdo con el programa de trabajo presentado, se tiene que el proyecto, en lo que se refiere exclusivamente al cambio de uso de suelo, se realizará en 3 años, divididos en 36 meses.

Así mismo, se presenta el programa de rescate y reubicación de flora que se plantea para ser ejecutado durante un periodo de tiempo de los 3 años que se lleve a cabo el cambio de uso de suelo, las plantas serán mantenidas en el vivero por un periodo de tiempo antes de ser reubicadas en las áreas verdes, ajardinadas o de conservación del proyecto. Cabe señalar que dicho programa será repetido cada año durante las 3 etapas del proyecto, conforme sea necesario.

ACTIVIDADES POR ETAPA	CRONOGRAMA (MESES)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Logística y adquisición de equipo necesario	X											
Sensibilización y capacitación del personal	X											
Asignación de labores de cada persona involucrada en el programa	X											
Implementación del uso de la bitácora de registro diario	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Preparación y acondicionamiento del vivero para recibir las nuevas plantas	X	X	X									
Colecta y embolsado de ejemplares	X	X	X									
Rescate y extracción de tierra negra	X	X	X									

ACTIVIDADES POR ETAPA	CRONOGRAMA (MESES)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mantenimiento de los ejemplares en el vivero		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Reforestación de los ejemplares rescatados en las áreas verdes y de conservación		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mantenimiento de los ejemplares reforestados y reubicados*		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Evaluación del éxito del programa										X	X	X
Entrega de reporte final												X

Cabe aclarar si bien se considera un periodo de tiempo de 36 meses para llevar a cabo las actividades de rescate y reforestación de las especies vegetales, se hace mención que con el fin de garantizar la supervivencia de cuando menos el 80 % de las especies rescatadas y trasplantadas se dará seguimiento por un plazo de 5 años adicionales al programa, específicamente a las actividades de Mantenimiento de las plantas reubicadas y reforestadas, donde se consideraran actividades de riego, poda, fertilización, etc., es decir, se dará un seguimiento de control para lograr el óptimo crecimiento de las especies forestales reubicadas hasta llegar a una etapa en la cual su desarrollo pueda continuarse por sí mismas.

## VII.2. FORMA DE EJECUCIÓN DEL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES

Las actividades requeridas durante el cambio de uso de suelo, consistirán básicamente en el rescate de flora y fauna silvestre de lento desplazamiento; trazo y delimitación de las áreas de aprovechamiento; acondicionamiento del vivero; seguido del desmonte total y posterior despalme e informe de finiquito, entre otras. A continuación, se describen las actividades más importantes que se llevarán a cabo.

### VII.2.1. Aviso de inicio de actividades

La ejecución del cambio de uso de suelo inicia con el aviso de inicio de actividades por parte de los promoventes a las autoridades correspondientes, se dará aviso a las autoridades ambientales del inicio de las actividades del área sujeta al cambio de uso de suelo contemplado para el desarrollo del proyecto.

### VII.2.2. Trazo y delimitación de las áreas de aprovechamiento

A través de un levantamiento topográfico se realizarán los trazos para la delimitación y marcaje de las áreas destinadas a desmontar, este procedimiento comprende una serie de medidas efectuadas en campo utilizando instrumentos de medición y equipo para georreferenciar, como teodolitos y GPS, cuyo propósito final es determinar las coordenadas geográficas o geodésicas de puntos situados sobre la superficie terrestre. Esta actividad



implica la medición con apoyo en satélites, mediante un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y procedimientos tradicionales tales como: poligonación, triangulación, trilateración, radiación o la combinación de éstos con equipos de medición de alta precisión. El levantamiento topográfico se sujetará a las normas técnicas emitidas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática para levantamientos geodésicos.

El método a aplicar para esta actividad consiste en “Topografía plana”, ya que esta se utiliza para abarcar superficies reducidas y se realizan despreciando la curvatura de la tierra.

### **VII.2.3. Rescate de flora silvestre**

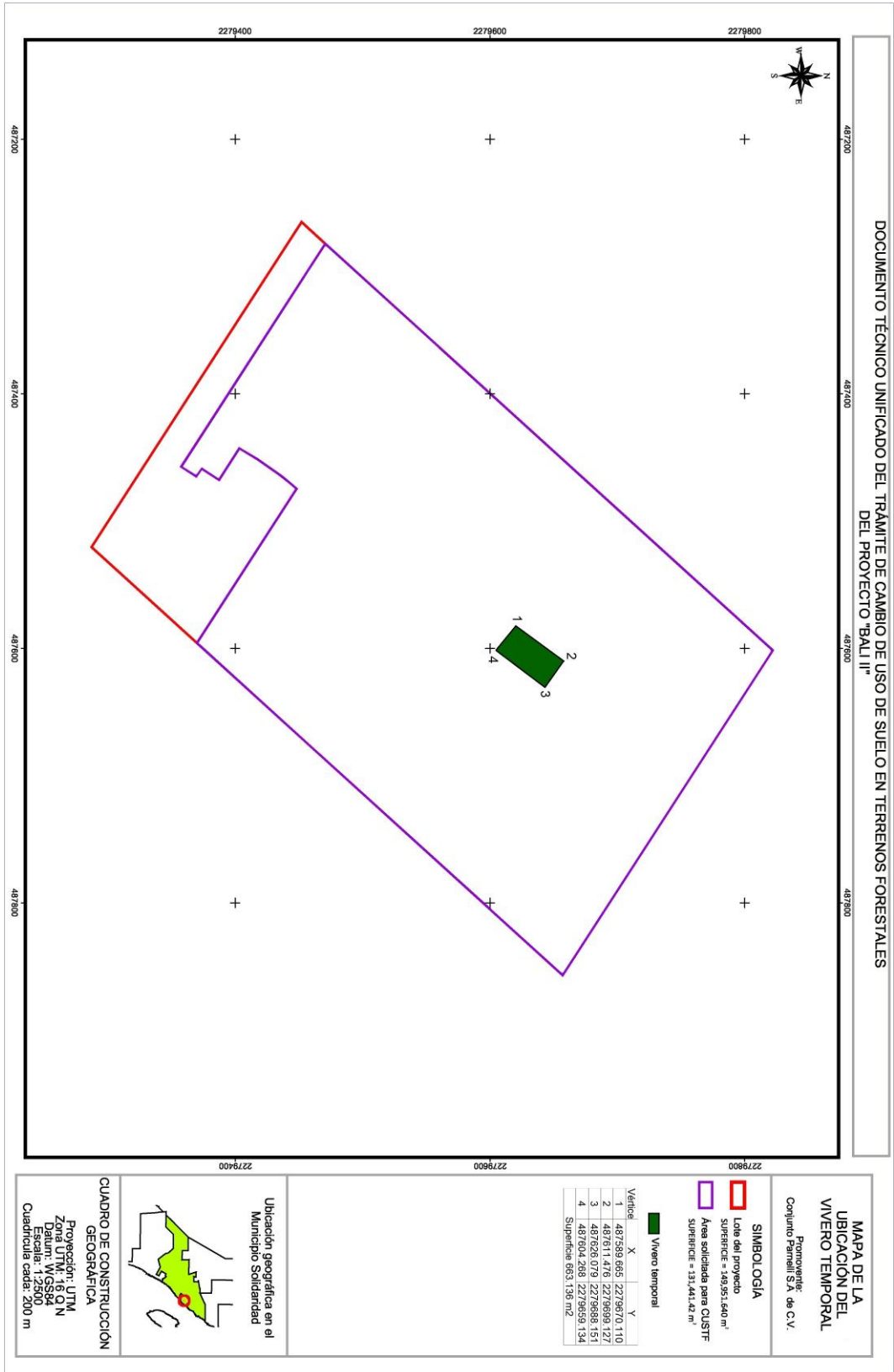
Esta actividad se basa en el Programa de Rescate de Flora Silvestre propuesto para el proyecto, el cual se anexa al presente estudio, y en donde se describe cada una de las actividades implicadas en el rescate.

### **VII.2.4. Rescate de fauna silvestre**

Esta actividad se basa en el Programa de Rescate de Fauna Silvestre propuesto para el proyecto, el cual se anexa al presente estudio, y en donde se describe cada una de las actividades implicadas en el rescate.

### **VII.2.5. Vivero rústico provisional**

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 desmonte para ser reutilizados en las áreas ajardinadas y en la zona que se pretende restaurar. Para la operación y mantenimiento del vivero, se estima el empleo de seis personas que laboraran en el mismo de manera permanente hasta concluir las actividades de cambio de uso de suelo. A continuación, se presenta plano georreferenciado de las áreas de acopio temporal de las plantas rescatadas.



### VII.2.6. Desmonte del sitio

El desmonte de la vegetación se realizará una vez que sean liberadas las áreas por el personal encargado de realizar el rescate de flora y fauna silvestre. Hay que considerar que el desmonte se realizará en forma gradual y por etapas, lo que permitirá ajustar el desplante para evitar afectaciones directas a la flora y fauna silvestre. Previo al desmonte, se identificarán los árboles que serán respetados y que no interfieran con el proyecto, tomando las provisiones necesarias para no dañarlos.

El desmonte se realizará con la ayuda de herramientas mecánicas y manuales como motosierra, hacha y machete, así como el empleo de maquinaria (tipo bulldozer y retroexcavadoras), y vehículos de 3 toneladas de carga. Esta actividad implica el siguiente proceso:

Corte o talado de individuos de porte arbustivo y altura considerable (árboles), por una sección próxima al suelo (entre 10 y 20 cm). Esta operación se ejecuta por medio de motosierra.

Separación del fuste y el follaje. Se ejecuta por medio de motosierras.

Acopio de los fustes con el uso de maquinaria, retroexcavadoras.

Desbroce a través de la separación de los brazos del follaje y se ejecuta por medio de motosierras.

Retiro de tocones y raíces con el uso de maquinaria, retroexcavadoras.

### VII.2.7. Despalme

El despalme del terreno consiste en retirar la capa superficial (tierra vegetal) que por sus características mecánicas no es adecuada para el desplante de edificios. El espesor de la capa a despalar por lo general será de 20 cm o el que especifique el proyecto para cada caso. El despalme se ejecutará en terrenos que contengan material tipo I o II.

**Material tipo I.** Son los materiales fácilmente excavables con pala de mano y sin necesidad de emplear zapapico, aunque esto se use para aumentar los rendimientos. También los que son fácilmente excavables con equipo mecánico ligero, como draga de arrastre, cargador frontal o retroexcavadora montados en tractores de orugas con cuchillas angulables o arado desgarrador para aflojar el material.

**Material tipo II.** Son los materiales de dureza y contextura tal que no pueden ser económicamente atacados con solo el empleo de pala de mano, pero sí lo son con ayuda de zapapico; con equipo mecánico sin el uso previo de explosivos.

El despalme desalojará vegetación herbácea, la tierra y piedras del sustrato en las áreas de aprovechamiento. La maquinaria utilizada en esta fase de los trabajos será del tipo tractor de orugas y/o trascabo. Se despalmará el sitio hasta una profundidad de aproximadamente 30 cm, desalojando la capa superficial del terreno natural, de esta manera se elimina el material que se considere inadecuado.

El retiro de la tierra vegetal consistirá en extraer toda la capa de la misma que contenga material orgánico. El suelo resultante del despalme será rescatado y resguardado dentro de las áreas de aprovechamiento para su uso posterior.

#### **VII.2.8. Informe de avances y de finiquito**

Concluida las actividades implicadas en el desarrollo del proyecto, se dará aviso a las autoridades ambientales con el informe final y conclusión del cambio de uso de suelo; y también se realizarán reportes semestrales sobre los avances en las obras de cambio de uso de suelo en el predio, de ser necesario.

## **VIII. VEGETACIÓN QUE DEBA RESPETARSE O ESTABLECERSE PARA PROTEGER LAS 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 aquéllas, 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 1,500 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 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.

### **VIII.1. 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 fuertemente modificada por actividades antropogénicas que están proliferando en las inmediaciones, sobre todo por tratarse de una zona destinada al desarrollo urbano de la Ciudad de Playa del Carmen, 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).

### VIII.1.1. 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.

### VIII.1.2. 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.

### VIII.1.3. 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.

#### **VIII.1.4. 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:

#### **VIII.2. 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 7 a 9.6 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.

#### **VIII.3. Pedregosidad del terreno (Superficie de CUSTF)**

En el terreno forestal son evidentes los litosoles, los cuales presentan fuertes restricciones para su utilización con propósitos agrícolas, pues su escaso espesor y su abundante



pedregosidad afectan el crecimiento de las raíces de plantas cultivadas. Presentan buen drenaje, que favorece la infiltración de las aguas meteorológicas.

#### **VIII.4. Drenaje del terreno (Superficie de CUSTF)**

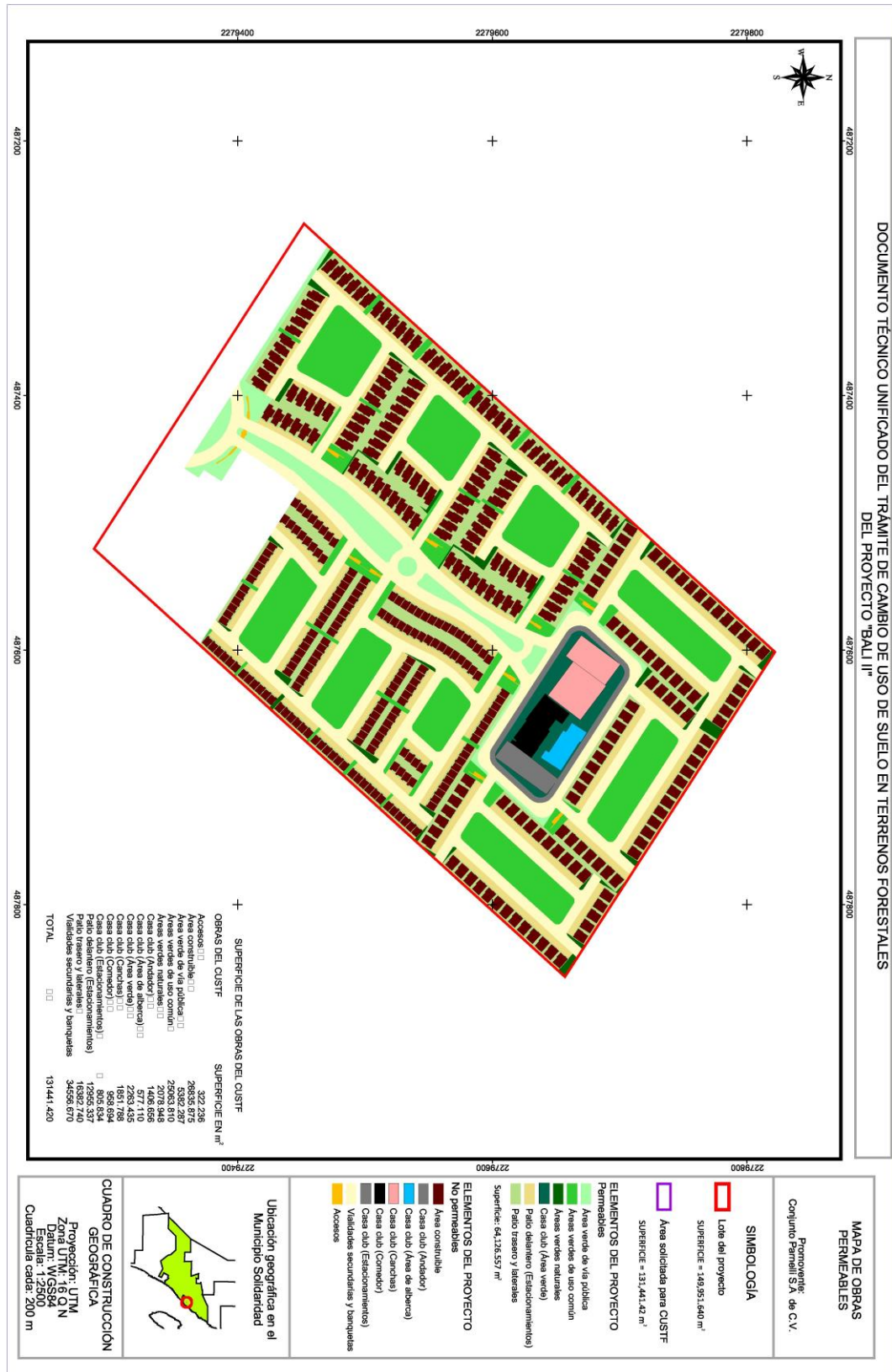
Presenta buen drenaje, ya que favorece la infiltración de las aguas meteorológicas. Así como las condiciones de los suelos descritas en capítulos previos. Se puede señalar que las tierras del área del proyecto no son consideradas como tierras frágiles, ya que como se puede observar su profundidad efectiva 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.

#### **VIII.5. VEGETACIÓN QUE DEBE ESTABLECERSE O RESPETARSE**

El desarrollo del proyecto necesariamente involucra que se realice la remoción de vegetación forestal en una superficie de 131,341.42 m<sup>2</sup> (13.13 ha) equivalentes al 87.59 % 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 vegetación en estado natural, áreas verdes y vialidades permeables una superficie de 6.41 ha, lo que serán en todo momento permeables, representará el 42.76 % de la totalidad del predio que establecen los instrumentos jurídicos, con lo que se concluye que no se afectará la infiltración de agua al acuífero (ver figuras siguientes).



Superficies del predio destinadas a conservación

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 y jardinadas.

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.

#### **VIII.6. CARACTERÍSTICAS E INTERPRETACIÓN DEL GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD DE LOS SUELOS A LA EROSIÓN.**

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

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

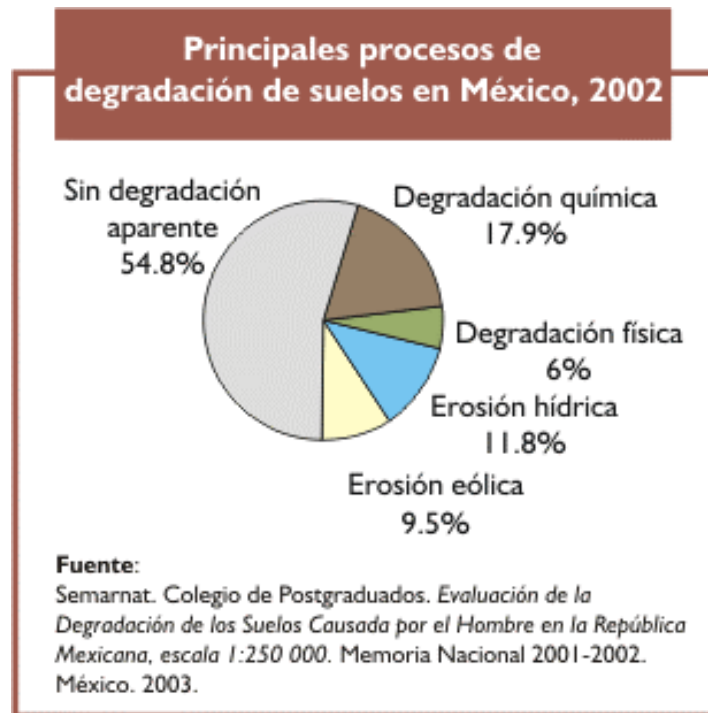
formación lenta del suelo. Los leptosoles dominan también la península de Yucatán, un territorio que emergió del fondo oceánico en fecha relativamente reciente, por lo que sus suelos no han tenido tiempo suficiente para desarrollarse.

De acuerdo con la clasificación maya de los tipos de suelos, el tipo “tsek el ek’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.

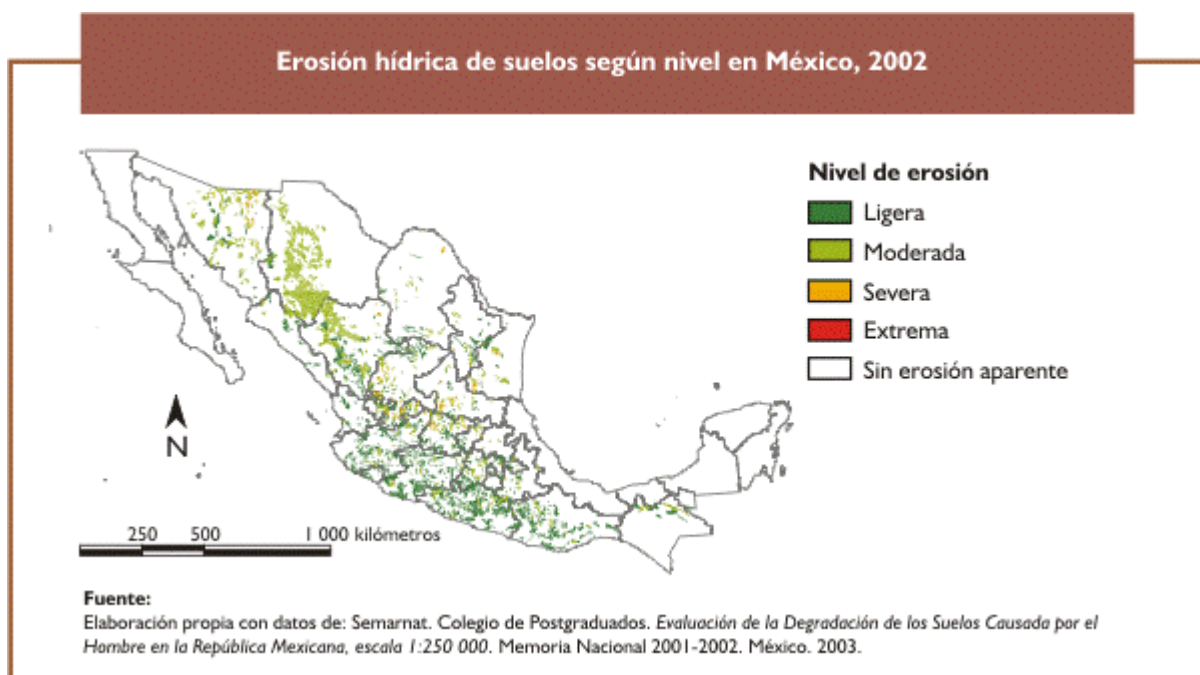
En México Las primeras estimaciones de la magnitud de la degradación de los suelos del país se remontan a mediados de los 1940’s. Los primeros trabajos se enfocaron sólo a estimar la erosión, utilizaron métodos heterogéneos, con insuficiente trabajo de campo y, por tanto, llevaron a resultados muy divergentes. 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.



Principales procesos de degradación de los suelos en México.



Erosión hídrica de suelos según nivel en México.

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.

**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:**

Sernarnat. 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.

Erosión hídrica en México.

**Erosión eólica actual por entidad federativa, 2002**

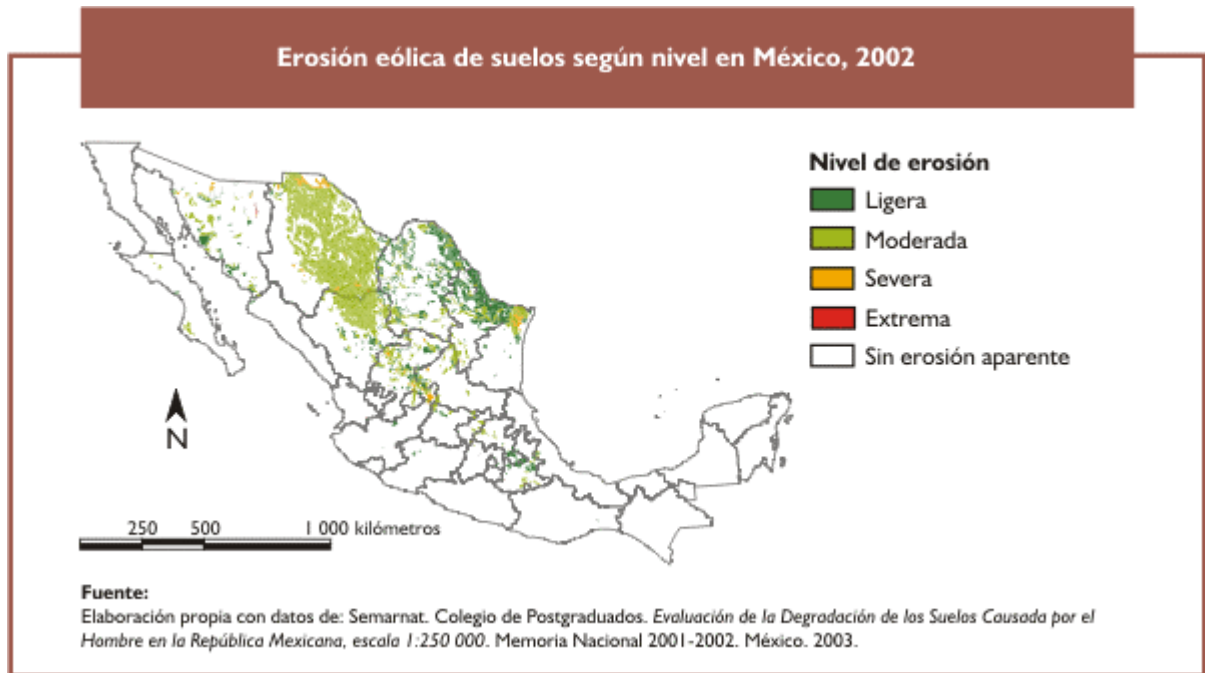
Entidad federativa	Erosión eólica actual					
	Deformación del terreno		Pérdida del suelo superficial		Superficie estatal afectada	
	Superficie (ha)	Proporción (%)	Superficie (ha)	Proporción (%)	Superficie (ha)	Proporción (%)
Aguascalientes	0	0.00	69 350	12.45	69 350	12.45
Baja California	0	0.00	20 371	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:**

Sernarnat. 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.

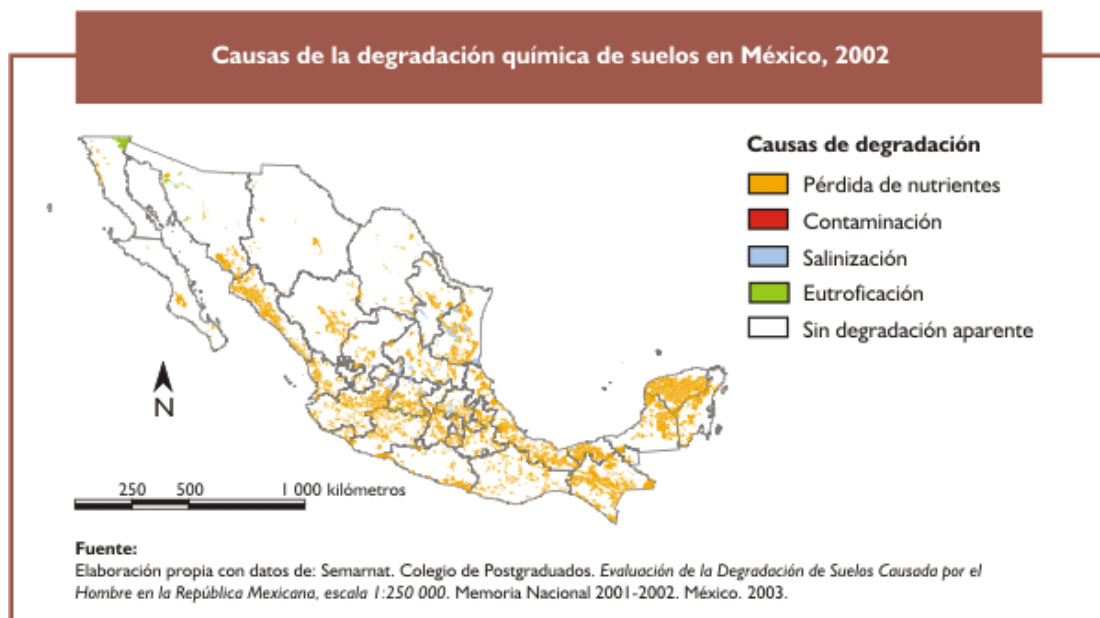
Erosión eólica actual por entidad federativa.





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.

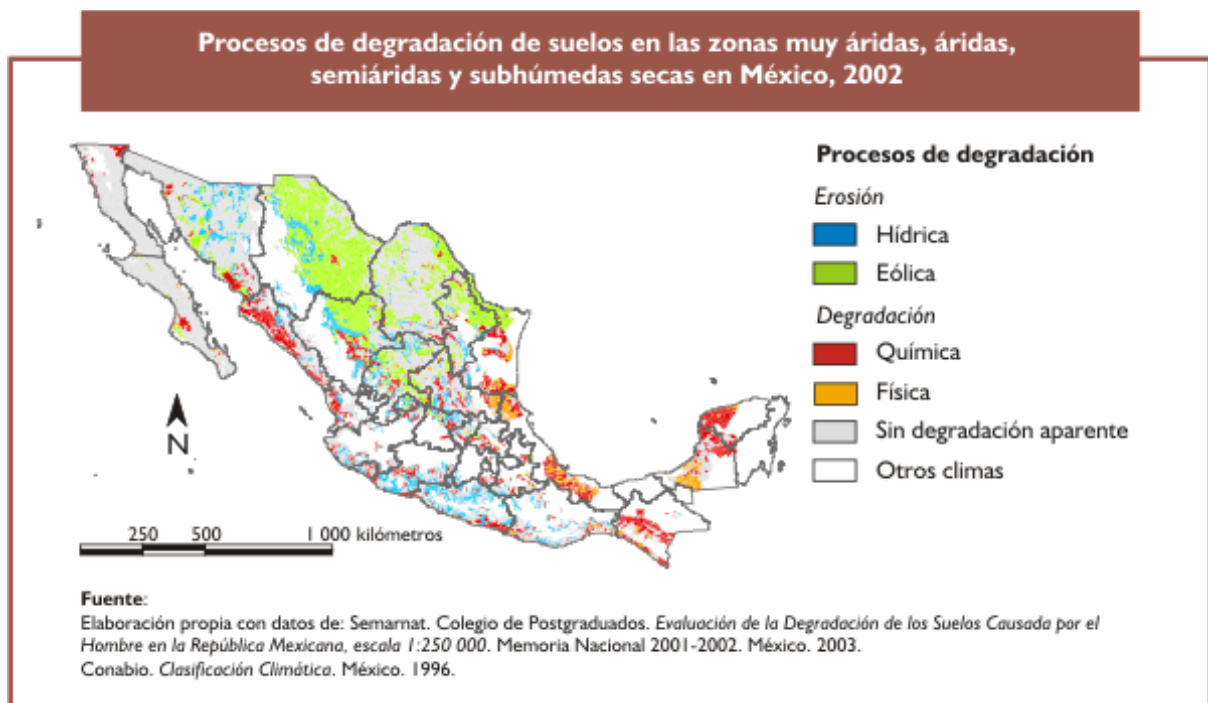


Causas de la degradación química de suelos en México.

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 de predio donde se realizara el proyecto, las características de los suelos se han deteriorado debido al resultado de los impactos que se han generado por los huracanes que se generan en la zona del Caribe, y a posibles incursiones de transeúntes que ingresaban al predio realizando actividades ilícitas, aun así se observa que aunque la mancha urbana va en aumento el sitio del proyecto se mantiene medianamente conservado y poco alterado ya que la vegetación en los tres estratos vegetativos es persistente en todo el predio. Que debido a las características del proyecto que se pretende implementar, el cual corresponde a un proyecto habitacional, se puede determinar que la afectación se considerada como un proceso más de la degradación de los suelos; sin embargo se puede decir que no se realizaran 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, principalmente en el desplante de las obras inherentes al proyecto, no obstante se puede decir que está perdida ya está considerada dentro de los criterios que se tomaron en cuenta para la elaboración de los mecanismos de ordenamiento que rigen la zona (POEL de Solidaridad y el PDU del Centro de Población de Playa del Carmen), como parte de un desarrollo habitacional, cabe aclarar que el proyecto solo está proponiendo la remoción total de vegetación forestal correspondiente a Selva mediana subperennifolia, en una superficie de 131,341.42 m<sup>2</sup> (13.13 ha.) equivalentes al 87.59 % de la superficie total del terreno y se pretende mantener como área verde con vegetación natural una superficie de 18,610.22 m<sup>2</sup> (1.86 ha.), que representan el 12.41 % del total de predio que es de 14.99 hectáreas. No obstante lo anterior, es importante mencionar que del área sujeta al cambio de uso de suelo, se mantendrá como área permeable una superficie 64,126.557 m<sup>2</sup>, equivalentes al 42.76 % de la superficie total del predio. Dicha área estará destinada a la creación de áreas verdes, ajardinadas y vialidades permeables, 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.

Así mismo 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.



Procesos de degradación de suelos en las zonas muy áridas, áridas, semiáridas y subhúmedas secas en México

### Estimación de la erosión actual en el polígono

Para estimar la erosión anual del terreno es necesario determinar la protección del suelo que le ofrece la cubierta vegetal y la resistencia que oponen las prácticas mecánicas para reducir la erosión de tal forma que si a la ecuación de erosión potencial ( $E_p = R K LS$ ) le incluimos el factor C entonces se puede estimar la erosión actual utilizando la ecuación  $E = R K LS C$ .

### Factor de protección de la vegetación (C)

El factor de protección (C) se estima dividiendo las pérdidas de suelo de un lote con un cultivo de interés y las pérdidas de suelo de un lote desnudo. Los valores de C son menores que la unidad y en promedio indican que a medida que aumenta la cobertura del suelo el valor de C se reduce y puede alcanzar valores similares a 0 por ejemplo cuando existe una selva con alta con una cobertura vegetal alta. Los valores de (C) que se reportan para diferentes partes del mundo y para México.

Tabla de Valores de C que se pueden utilizar para estimar pérdidas de suelo.

Cultivo	Nivel de Productividad.		
	Alto	Moderado	Bajo
Maíz	0.54	0.62	0.80
Maíz labranza cero	0.05	0.10	0.15
Maíz rastrojo	0.10	0.15	0.20
Algodón	0.30	0.42	0.49
Pastizal	0.004	0.01	0.10
Alfalfa	0.020	0.050	0.10
Trébol	0.025	0.050	0.10
Sorgo grano	0.43	0.55	0.70
Sorgo grano rastrojo	0.11	0.18	0.25
Soya	0.48		
Soya después de maíz con rastrojo	0.18		
Trigo	0.15	0.38	0.53
Trigo rastrojo	0.10	0.18	0.25
Bosque natural	0.001	0.01	0.10
Sabana en buenas condiciones	0.01	0.54	
Sabana sobrepastoreada	0.1	0.22	
Maíz - sorgo, Mijo	0.4 a 0.9		
Arroz	0.1 a 0.2		
Algodón, tabaco	0.5 a 0.7		
Cacahuete	0.4 a 0.8		
Palma, cacao, café	0.1 a 0.3		
Piña	0.1 a 0.3		
Bosques área cubierta del 100 al 75%	0,003–0.011		
Bosques área cubierta del 75 al 45 %	0.010–0.040		
Bosques área cubierta del 25 al 45% con residuos	0.41		
Bosques área cubierta del 25 al 45% sin residuos	0.84		

Para estimar la erosión del suelo considerando que en el terreno existe un bosque natural cubierto 100 al 75 % (debido a que la cobertura vegetal del predio es una Selva mediana subperennifolia, ya cuenta con una superficie desmontada), entonces el valor de C que se está tomando en cuenta es el de 0.001 por lo cual la formula seria:

$$E = R * K * LS * C$$

$$E = (15,876.75) (0.021) (0.42) (0.001)$$

$$E = 0.142 \text{ ton/ha/año.}$$

Donde:

$$R = 15,876.75$$

$$K = 0.021$$

$$LS = 0.42$$

Erosión potencial = 0.142 toneladas/ hectárea / año

El factor de erosión se reduce a 0.142 toneladas/ha/año que es inferior a 10 t/ha/año que es el máximo permisible para México. Por consiguiente, la erosión estimada por el desarrollo del proyecto se encuentra apenas por encima de la media permitida y por lo tanto el proyecto es factible. Entonces se tiene que la remoción de la vegetación se llevara a cabo en una superficie de 13.13 hectáreas, sin embargo, de dicha superficie se pretende mantener como área verde ajardinada con especies provenientes del rescate de vegetación una superficie de 18,610.22 m<sup>2</sup> que equivalen al 12.41 % de la superficie requerida para cambio de uso de suelo y se ocupara una superficie de 401,465.02 m<sup>2</sup>, por lo tanto, aun cuando se lleve a cabo el cambio de uso de suelo, se mantendrá más del 50 % de la superficie por aprovechar con áreas verdes ajardinadas y vialidades, que continuaran realizando las funciones de captación de agua en el área del predio del proyecto que es de 14.99 hectáreas.

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

## **IX. METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES**

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.

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).

### **IX.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.

## IX.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.

## IX.3. Lista indicativa de indicadores de impacto

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

<b>Medio socioeconómico</b>	Superficie de conservación
	Tiempo de vida útil del proyecto
	Número de empleos generados
	Maquinaria y equipo requeridos
	Tiempo de duración del proyecto

En las siguientes 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.

#### **IX.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	instalación del vivero rústico temporal	rescate de vegetación y/o fauna	desmonte	despalme	rescate de tierra vegetal	aprovechamiento de material vegetal acopiado
Elemento	Factor del medio												
Abiótico	Aire							X	X				
	Suelo		X			X		X			X	X	
	Hidrología			X									
Biótico	Flora		X					X	X	X		X	
	Fauna				X	X		X	X	X			
Perceptual	Paisaje				X					X			
Socioeconómico	Sector laboral	X											
	Sector económico						X						
	Sector comercio						X						

### IX.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.

## IX.6. Criterios seleccionados para la valoración de los impactos

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

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

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

### Carácter (+ ó -).

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

### Intensidad (In).

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

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

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

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

#### **Relación-causa efecto (Ce).**

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

#### **Extensión (Ex).**

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

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

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

- Extenso: cuando el efecto del impacto se produzca más allá de los límites de la cuenca o microcuenca.

### **Momento (Mo).**

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

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

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

### **Persistencia (Pe).**

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

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

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

- Permanente: si el impacto se manifiesta durante toda la vida útil del proyecto.

### **Periodicidad (Pr).**

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

### **Reversibilidad (Rv).**

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

### **Recuperabilidad (Rc).**

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

La categoría de recuperabilidad no aplica a los impactos positivos, pues su definición abarca el concepto de medidas mitigadoras o compensatorias que solo se aplican a los impactos negativos. Para los impactos positivos se manejan las llamadas medidas

optimizadoras encaminadas a perfeccionar, ampliar y expandir el beneficio del impacto positivo.

### IX.6.1. Asignación de rangos para los criterios de evaluación

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

CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS		
CRITERIO	RANGO	VALOR
Carácter	Positivo	+
	Negativo	-
Intensidad (In)	Baja	1
	Media	2
	Alta	3
Causa-efecto (Ce)	Indirecto	1
	Directo	2
Extensión (Ex)	Puntual	1
	Parcial	2
	Extenso	3
Momento (Mo)	Corto plazo	1
	Mediano plazo	2
	Largo plazo	3
Persistencia (Pe)	Fugaz	1
	Temporal	2
	Permanente	3
Periodicidad (Pr)	Irregular	1
	Periódico	2
	Continuo	3
Reversibilidad (Rv)	Reversible	1
	Irreversible	2
Recuperabilidad (Rc)	Preventivo	0
	Recuperable	1
	Mitigable	2
	Irrecuperable	3

### IX.6.2. 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:

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

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.

#### **IX.7. Impactos que se producirán en la etapa de preparación del sitio**

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

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

<b>CRITERIO</b>	<b>RANGO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>VALOR</b>
Carácter	Negativo	Ocasiona la pérdida del recurso.	-
Intensidad	Alta	Se aprovechará el 87.59 % del predio	3
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 = -22</b>

➤ **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	Alta	Se perderá el hábitat en más del 87.59 % de la superficie total del predio.	3
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



CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
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 18,610.22 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 = -22</b>

➤ **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	Alta	Se aprovechará el 87.59% de la superficie total del predio.	3
Extensión	Puntual	Se limita sólo a la superficie sujeta a aprovechamiento	1
Causa-efecto	Directo	El proyecto implica el despalme, y por lo tanto se relaciona en forma directa con la reducción del suelo.	2
Momento	Corto plazo	El despalme se llevará a cabo de acuerdo al cronograma de trabajo y será en ese período cuando el suelo se reduzca.	1
Persistencia	Permanente	La reducción del suelo será permanente durante toda la vida útil del proyecto.	3
Periodicidad	Irregular	Se considera irregular, ya que el despalme y por ende la reducción del suelo, se realizará por etapas de acuerdo a lo indicado en el cronograma de trabajo.	1
Reversibilidad	Irreversible	El suelo no podrá recuperarse por medios naturales en caso de cesar la actividad, ya que	2

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
		para ello se requiere aplicar medidas de restauración.	
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 = -22</b>

➤ **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 despalde, debido a que la acción del viento puede 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, más no las actividades de desmonte y despalde.	1
Momento	Corto plazo	Las actividades se llevarán a cabo por etapas de acuerdo con la calendarización indicada en el capítulo dos del presente estudio, y será en ese período cuando los sedimentos podrían llegar a ser suspendidos por la acción del viento.	1
Persistencia	Fugaz	Las partículas de sedimento que podrían llegar a ser suspendidos por el viento, permanecerán en el aire por períodos cortos de tiempo, dado que su peso producirá que éstos se precipiten y reincorporándose nuevamente al suelo.	1
Periodicidad	Irregular	Se considera irregular, ya que la suspensión de los sedimentos ocurrirá en forma impredecible pero no continua.	1
Reversibilidad	Reversible	El sedimento se podrá precipitar debido a su peso.	1

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
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 + 1 + 0)</b>	<b>VIM = -12</b>

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

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

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Carácter	Negativo	Provoca una alteración en la calidad del recurso.	-
Intensidad	Baja	Se estima que la reducción de la calidad visual del paisaje no provoca la destrucción total del recurso debido a que no se modificará la totalidad de la superficie del predio y se contará con áreas con vegetación natural dispuestas de forma irregular en toda su superficie. Asimismo, debe considerarse el entorno urbano donde se pretende desarrollar el proyecto, mismo en donde se expande actualmente la mancha urbana.	1
Extensión	Parcial	La reducción de la calidad visual del paisaje se refleja más allá de las zonas donde se realizarán las actividades que lo genera, puesto que el paisaje, dependiendo del campo visual que se considere, alcanza dimensiones superiores a las que serán aprovechadas.	2
Causa-efecto	Directo	La intervención del predio para su aprovechamiento, se relaciona en forma directa con la reducción de la calidad visual del paisaje.	2
Momento	Corto plazo	Con los trabajos de preparación del sitio (desmonte y despalme) serán eliminados los elementos naturales del predio y por ende, se reduce la calidad visual del paisaje.	1
Persistencia	Permanente	La reducción de la calidad visual será permanente durante toda la vida útil del proyecto, ya que éste introduce elementos de alteración en el paisaje.	3

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
		Sin embargo se reitera que dicha zona constituye un área de ampliación de la zona urbana.	
Periodicidad	Continuo	La alteración de la calidad visual del paisaje será constante a lo largo del tiempo, durante toda la vida útil del proyecto.	3
Reversibilidad	Irreversible	Para recuperar la calidad visual del paisaje, necesariamente se requiere de la intervención del hombre para la restauración de los elementos naturales que fueron eliminados.	2
Recuperabilidad	Mitigable	Se conservará una superficie de 18,610.22 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>

➤ **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 18,610.22 m <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

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Causa-efecto	Directo	Los trabajos de preparación del sitio (desmante y despalme) serán los factores causantes de la perturbación del hábitat.	2
Momento	Corto plazo	El desmante se llevará a cabo de acuerdo con la calendarización citada en el presente estudio, y será en ese período cuando se produzca la mayor perturbación del hábitat.	1
Persistencia	Temporal	La perturbación ocurrirá durante el periodo de preparación del sitio pero cesarán al término de las actividades que esta comprende.	2
Periodicidad	Periódico	Se considera periódico ya que los trabajos de preparación el sitio están definidos en tiempo y por ende el impacto cesará al término de éstos.	2
Reversibilidad	Reversible	Al cesar los factores de perturbación, la calidad del hábitat se restablecerá en forma inmediata en aquellas zonas que no formaron parte del área sujeta a aprovechamiento.	1
Recuperabilidad	Mitigable	Se conservará una superficie de 18,610.22 m <sup>2</sup> con vegetación en estado natural, 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>

➤ **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	2

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
		durante la etapa de preparación del proyecto, pero siempre dentro de los límites del predio.	
Causa-efecto	Indirecto	Los trabajos relacionados con la preparación del sitio del proyecto no serán los factores causantes de la contaminación de los recursos, más bien se relaciona con un manejo inadecuado de los mismos.	1
Momento	Mediano plazo	Una posible contaminación de los recursos naturales, ocurrirá en un tiempo mayor a un mes, por lo que se considera un impacto que ocurrirá a mediano plazo.	2
Persistencia	Temporal	La perturbación ocurrirá sólo en el plazo de tiempo señalado en el calendario citado en el presente estudio, dando inicio desde los trabajos de preparación del sitio hasta el final de este proceso.	2
Periodicidad	Periódico	Los factores contaminantes se producirán en forma continua e intermitente en el tiempo que dura la etapa de preparación del sitio del proyecto y cesarán al término de la misma.	2
Reversibilidad	Reversible	Los agentes contaminantes podrían llegar a ser recuperados o biodegradados con el paso del tiempo, y por lo tanto podrían ser suprimidos del medio.	1
Recuperabilidad	Preventivo	Se aplicarán medidas preventivas específicas para evitar que el impacto se manifieste.	0
<b>Valor de importancia</b>		<b>VIM = +/- (3(1) + 2(2) + 1 + 2 + 2 + 2 + 1 + 0)</b>	<b>VIM = -15</b>

➤ **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

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Extensión	Extenso	La renta y adquisición de maquinaria y equipo se hará en la ciudad de Cancún. En tanto al pago de permisos, se beneficiará al Municipio de Solidaridad, 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 IX.6 del presente capítulo)	0
Recuperabilidad	Mitigable	No aplica (ver apartado IX.6 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>

➤ **Impacto ambiental identificado (9): Generación de empleos**

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

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

CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Momento	Corto plazo	La contratación del personal será una de las primeras actividades que se realizarán, incluso antes de que den inicio los trabajos programados.	1
Persistencia	Fugaz	El personal capacitado para ejecutar los trabajos, sólo serán contratados por el periodo que duren las actividades.	1
Periodicidad	Irregular	El personal será contratado por única ocasión, de tal manera que la oferta de trabajo cesará cuando la plantilla se encuentre cubierta en su totalidad.	1
Reversibilidad	Reversible	No aplica (ver apartado IX.6 del presente capítulo)	0
Recuperabilidad	Mitigable	No aplica (ver apartado IX.6 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>

En lo que respecta a las actividades faltantes (rescate de tierra vegetal, aprovechamiento o trituración de material vegetal, instalación y operación de vivero), se incluye una breve descripción sobre dichas actividades, puesto que el cálculo del valor de importancia de los impactos ambientales no dará valores distintos a los ya reportados dentro del DTU-A, por lo que los cambios serán nulos, debido a que las actividades mencionadas más que generar un impacto adverso, producen un beneficio para las áreas verdes que se establecerán en el predio del proyecto, mismas que corresponden a una superficie de 32,525.045 m<sup>2</sup> con el aprovechamiento del material vegetal que resulte de la remoción de la vegetación ligada a las actividades de desmonte y despalle, de igual forma el rescate de la tierra vegetal ayudaría a mantener y establecer insumos para la instalación y funcionamiento del vivero, en donde se resguardaría a la vegetación susceptible de rescate y aquellas consideradas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 por lo que el impacto a generar es imperceptible. Por otro lado, se puede pretender indicar que dichas actividades podrían originar un impacto nulo, que a su vez sería positivo y que los mismos podrían considerarse dentro de las siguientes descripciones que se redactan sobre los impactos señalados en el DTU-A como son: Impacto ambiental identificado: (1) Reducción de la cobertura vegetal, (2) Reducción del hábitat y (3) Reducción del suelo.

### IX.8. 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 irrecuperable). 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

TABLA DE JERARQUIZACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	
CATEGORÍA	VALOR
Bajo o nulo	de 10 a 19

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

***Significativo o relevante.***

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

***Moderado.***

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

***Bajo o nulo.***

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

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

JERARQUIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES PARA LA ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO				
No.	IMPACTO AMBIENTAL	ELEMENTO DEL MEDIO	VALOR DE IMPORTANCIA	CATEGORÍA
1	Reducción de la cobertura vegetal	Flora, fauna, paisaje	-22	Moderado

JERARQUIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES PARA LA ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO				
No.	IMPACTO AMBIENTAL	ELEMENTO DEL MEDIO	VALOR DE IMPORTANCIA	CATEGORÍA
2	Reducción del hábitat	Flora y fauna	-22	Moderado
3	Reducción del suelo	Suelo	-22	Moderado
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

### IX.9. 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 (2 de categoría baja o nula y 5 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 ya que se propone la implementación de programas de rescate de flora y fauna, la instalación de un vivero en donde se resguardaran las especies rescatadas para su posterior reubicación, así mismo el desarrollo del presente proyecto no implica daños graves a los ecosistemas y no conlleva riesgos a la salud humana o desequilibrios ecológico, ya que debido a la ubicación del predio este se encuentra inmerso dentro del centro de población de acuerdo a la modificación del POEL de Solidaridad. No obstante, se observa que el predio presenta una vegetación de Selva mediana subperennifolia con indicios de perturbación específicamente por eventos naturales y aunque no se observan efectos antropogénicos, cabe destacar que en las zonas circundantes al predio existe infraestructura de diversa índole en su mayoría de desarrollos habitacionales que hasta al momento no ha propiciado que la vegetación del sistema ambiental en donde se encuentra incluido el predio del proyecto se encuentre perturbada lo cual puede corroborarse con los valores de diversidad obtenidos para el predio, mismos que fueron exhibidos en el capítulo 5 del DTU-A, ostentando una diversidad moderada (estrato arbóreo  $H=3.41$ ; estrato arbustivo  $H=3.88$ ; y estrato herbáceo  $H=3.03$ ), en toda su composición estructural de cada uno de los estratos reportados, sin embargo, es cuestión de tiempo para que las perturbaciones se presenten, además se espera que con la implementación del presente proyecto el paisaje que ostenta el predio puede verse fragmentado, reconfigurándolo a una matriz de parches de vegetación que estará

conformado por una superficie de 18,610.22 m<sup>2</sup> (12.41%) de vegetación permeable como área conservación misma superficie en la que se pretende mantener la diversidad reportada, tratando de mitigar los impactos generados por la implementación del proyecto, así mismo, se proponen medidas de prevención y mitigación alternas a dichas áreas, sugeridas en el capítulo X.

En lo que respecta a los impactos sobre el suelo y el agua, se observa que mediante el análisis de la carta edafológica escala 1 a 250,000 de INEGI, se indica la distribución geográfica de los suelos, clasificados de acuerdo con las descripciones de unidades FAO/UNESCO, detectándose que el predio de estudio se encuentran dentro de la Unidad Edafológica de Leptosol más Rendzina mismo que presentan una escasa profundidad aunque muy ricos en materia orgánica, sin embargo, la escasa profundidad los vuelve muy áridos en algunas ocasiones aunque en otras son susceptibles para el cultivo, por otra parte en el predio del proyecto no existen cuerpos de agua ni a floraciones del manto freático. El predio de interés 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), considerando los cálculos realizados de la estimación de captura de agua con el proyecto, se captaría un volumen de 145,460.62 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales, y se perderían 51,551.51 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 (51,551.51 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales), apenas representan el 0.00387% del volumen total de agua captado en la microcuenca.; por lo que se concluye que no se pone en riesgo la prestación de este servicio ambiental por los impactos generados. De igual forma; la erosión neta para el predio sin el proyecto es de -0.00663 Ton/ha/año; lo que significa que anualmente se repone una lámina de suelo de 0.000663 mm; por el contrario, la erosión potencial calculada con el proyecto es de 141.67 t/ha/año sin prácticas de conservación; lo que significa que anualmente se perdería una lámina de suelo de 14.17 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 14.169 mm (14.17 - 0.000663) 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 30 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 de la superficie de aprovechamiento, entonces tenemos que la pérdida efectiva del suelo por erosión será de 1.164 mm (14.169 mm \* 30 / 365), es decir, la pérdida se incrementaría en 13.005 mm (1.164 – 14.169) 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. Entonces podemos concluir que este servicio ambiental no se pone en riesgo con el cambio de uso de suelo propuesto, no obstante, se debe considerar que cada uno de los impactos negativos que se detectaron son de categoría moderada, baja o nula, por lo que no se podrían considerar como significativos.

## **X. 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**

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.

### **X.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 las actividades que comprende el proyecto.

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

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

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

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



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

#### ❖ **Rescate de flora silvestre**

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

La medida consistirá en la extracción de especies vegetales susceptibles de ser rescatadas, seleccionadas por sus características y valores de importancia de acuerdo con distintos criterios 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 y en las áreas verdes ajardinadas.

Para lograr la eficacia de la medida propuesta, se contratarán los servicios de un técnico (biólogo, botánico o afín) 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 natural y en aquellas destinadas a la conformación de áreas verdes ajardinadas.

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

La medición 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.

### **OTRAS MEDIDAS PARA LA PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD**

- Creación de Áreas verdes y ajardinadas en una superficie de 32,525.05 m<sup>2</sup>, las cuales serán reforestadas con especies nativas provenientes del Programa de Rescate y Reubicación de Flora, promoviendo así hábitat y refugio para aves, reptiles y pequeños mamíferos, de igual manera se abonará a la creación de espacios verdes para mitigar el aumento de la temperatura y áreas de captación de agua pluvial.
- Las actividades de desmonte y despalme se realizarán iniciando con las zonas más impactadas del predio, con lo cual se permitirá a la fauna desplazarse hacia zonas más seguras. Así mismo las actividades de desmonte y despalme en las superficies circundantes a las áreas con vegetación nativa, se realizarán de forma manual para evitar dañar a otros organismos.
- Se llevarán a cabo pláticas de inducción ambiental en las tres diferentes etapas del proyecto, pero principalmente en la etapa de preparación del sitio y construcción, debido que es donde hay un mayor número de personal, el cual podría afectar a la vegetación nativa en pie dentro y fuera del predio del proyecto.
- Se colocarán letreros indicativos y restrictivos de inducción ambiental en la periferia de las áreas de conservación, con el fin de establecer un código de conducta interno, que deberá ser cumplido por el personal que trabaje en las diferentes etapas del proyecto. Así mismo, para la protección y no captura de ejemplares de fauna silvestre, en caso de detectar que no se cumplan dichas medidas, se dará aviso a la autoridad correspondiente. Si algún ejemplar de fauna nativa resulta herido por efecto de las actividades de preparación del sitio, recibirá atención médica veterinaria y será mantenida en el área del proyecto

hasta que presente mejorías, o bien será reubicada a una clínica veterinaria para una mejor atención.

- Se colocará una zona de acopio de material vegetal debidamente señalizado, en el cual se llevará a cabo el triturado de troncos, ramas y demás material vegetal, para posteriormente utilizar el bagazo en las áreas de reforestación y ajardinadas del proyecto. Los desechos sólidos (troncos más gruesos) resultado del desmonte serán retirados de forma inmediata y canalizados a las zonas de acopio, mismas que deberán encontrarse en áreas desprovistas de vegetación para su posterior traslado al sitio correspondiente para su destino final.
- Se establecerá un horario de trabajo del personal y de los equipos y maquinaria pesada, limitándose a un horario diurno (7:00 a 18:00 horas).

## X.2. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN PARA LA NO EROSIÓN DEL SUELO

### ❖ Protección del suelo rescatado y humedecimiento del área de aprovechamiento

Ésta 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; así mismo se llevará un registro del volumen de agua potable y de agua pluvial que haya sido almacenada, y del volumen de agua potable o pluvial que se haya utilizado en el humedecimiento del terreno.

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

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

Con la implementación de 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 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.

#### **OTRAS MEDIDAS PARA LA PROTECCIÓN DE LOS SUELOS**

- Se hará hincapié a los operadores de las maquinarias sobre la importancia de respetar los caminos y no invadir otras áreas para transitar dentro del área del proyecto. Así mismo, se les recomendará que circulen con cuidado y con límites de velocidad previamente establecidos dentro del predio y en caso de observar algún ejemplar de fauna silvestre en el camino deberán detenerse para permitir su paso.
- Se colocarán contenedores de basura necesarios para evitar la dispersión de los residuos dentro del sitio del proyecto, así como afuera cercano a los

fraccionamientos aledaños, así mismo, se promoverá la separación y reciclamiento de los desechos. Los cuales se clasificarán y se separarán en: residuos orgánicos (restos de comida), inorgánicos (botellas, unigel y empaques plásticos) y reciclables (papel, latas de aluminio, vidrio, metal y madera).

- Después de un periodo de tiempo (1 o 2 años) de terminada la construcción del proyecto se realizará un monitoreo para corroborar que el suelo de las superficies de las áreas verdes y de conservación se haya cubierto nuevamente de vegetación que lo proteja de la erosión.
- Durante la preparación del sitio (CUSF) del proyecto se llevará a cabo el manejo de los residuos peligrosos de acuerdo a lo establecido en la normativa ambiental vigente y aplicable, a fin de evitar la contaminación del suelo. Por lo que se llevarán a cabo las siguientes actividades más relevantes: Los contenedores de aceite, combustibles, grasas y otras sustancias líquidas peligrosas, se mantendrán en contenedores portátiles herméticos para evitar derrames. Los sobrantes de aceites, estopas contaminadas con sustancias, residuos de aceites quemados o cualquier otro residuo peligroso, se almacenará temporalmente bajo las condiciones que establece la normatividad ambiental vigente. Para la disposición final de los residuos peligrosos se contratará a una empresa debidamente autorizada por la SEMARNAT. Los residuos peligrosos serán enviados fuera del Área del Proyecto periódicamente de acuerdo a la normativa vigente y aplicable.

### **X.3. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN PARA EL NO DETERIORO DE LA CALIDAD DEL AGUA NI LA DISMINUCIÓN EN SU CAPTACIÓN.**

#### **❖ 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 ajardinadas del proyecto.

Para llevar a cabo el adecuado manejo de la basura en la etapa de operación del proyecto, se recomienda la colocación de depósitos en las áreas públicas del fraccionamiento, mismos que deben ser de materiales impermeables y duraderos, que propicien la separación de residuos entre la comunidad del nuevo fraccionamiento.

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 frecuente, para evitar su dispersión y acumulación, así como la proliferación de fauna nociva, y malos olores.

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

#### ❖ **Mantenimiento y uso adecuado de la maquinaria**

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

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

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

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

En caso de una avería, cuya reparación in situ represente un menor impacto que el traslado del equipo o unidad, se permitirá la atención al problema, siempre y cuando el lugar donde se 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 haya sido afectado para evitar la contaminación del manto freático. El material impregnado con estos contaminantes se colocará en bolsas plásticas y tambos cerrados, y será tratado como residuo peligroso.

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

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

en funcionamiento, la maquinaria se llevará a revisión y mantenimiento en talleres especializados.

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

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

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.

## **OTRAS MEDIDAS EN BENEFICIO DE LA CAPTACIÓN DE AGUA EN CANTIDAD Y CALIDAD**

- Se mantendrá una superficie permeable de 64,126.56 m<sup>2</sup> (correspondiente al 42.76 % de la totalidad del predio), dicha superficie continuara con las actividades de infiltración y captación de agua pluvial, entre las cuales se consideró áreas verdes ajardinadas, áreas de estacionamientos y vialidad cerrada permeable y áreas de conservación.
- Se contará con letreros que señalen los sitios en donde se encuentran ubicados los sanitarios portátiles dentro de la obra, quedando estrictamente prohibido la defecación y micción al aire libre o dentro de las áreas que cuenten con



vegetación; toda persona que sea sorprendida realizando estas actividades será sancionada.

- En las superficies correspondientes a las vialidades del proyecto se colocarán pozos de absorción, para la captación de aguas pluviales y recarga de los acuíferos, que sumado con la superficie de áreas permeables que se dejarán, mantendrán estable la captación de agua. La entrada a los pozos de absorción deberá contar con recolectores de residuos provenientes del arrastre del agua pluvial, con el fin de evitar la introducción de residuos y contaminación del manto freático.
- En caso de derrames accidentales de materiales o residuos peligrosos, como son combustibles, aceite quemado, etc. se deberá colocar charolas de contención, como son lonas de plástico impermeables, recolectar la tierra contaminada y disponerla en contenedores específicos para residuos peligrosos. La maquinaria deberá ser retirada del sitio del proyecto lo más pronto posible.

#### **X.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, los cuales están constituidos principalmente por fraccionamientos, lo que podría ocasionar un problema con la gente que vive a los alrededores del predio y podría afectar a los trabajadores en el sitio. Por lo tanto, es necesario establecer acciones de prevención para disminuir los impactos posibles.

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

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

El material pétreo que permanezca en las zonas de maniobra para su acondicionamiento será impregnado con agua y cubierto mientras se utiliza. 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 contruidos a partir de la materia prima forestal derivada del desmonte; lo anterior con el objeto de respetar la premisa de la capacidad de disponer de algo para conseguir un objetivo determinado con el mínimo de recursos posibles viable.

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

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

## **X.5. PRONÓSTICOS AMBIENTALES**

### **X.5.1. 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.

### **X.5.2. Descripción y análisis del escenario con proyecto**

El proyecto de interés pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo en terrenos forestales a través de la remoción de vegetación forestal en parte de un predio particular.

Cuando se desarrollan proyectos sin la aplicación de medidas de prevención y mitigación, viene una serie de impactos ambientales que pueden ser considerados como permanentes e irreversibles, ya que no hay ningún tipo de actividad que minimice su efecto. Entre los impactos que podrían presentarse en los diferentes factores ambientales están los siguientes:

- Se incrementarán los niveles de erosión en áreas colindantes 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 generará lixiviados que provocarán la contaminación del manto freático.

#### **❖ Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación**

Cuando se lleva a cabo la aplicación de medidas de prevención y mitigación los impactos que se presentan por el desarrollo del proyecto, pueden verse minimizado o incluso

mitigado en su totalidad. A continuación, se presenta el escenario que se tendría dentro del sitio del proyecto con la aplicación de medidas compensatorias.

Para este procedimiento se incluye los resultados de la valoración de medidas de mitigación y se retoman los resultados de la valoración de los impactos ambientales que se generaron por el proyecto, que nos permitan integrar en una gráfica de un escenario que ilustre el efecto del proyecto en el medio sin medidas de mitigación, y la reducción del efecto del impacto con la aplicación de las medidas de prevención y mitigación, mismas que ya fueron descritas; sin embargo se señalan nuevamente de manera simplificada.

- La capa fértil del suelo proveniente del despalme será almacenada en un área específica del proyecto, para después ser incorporada a las áreas ajardinadas del proyecto.
- Se delimitarán las zonas de cambio de uso de suelo y además se colocarán letreros en las áreas de conservación, que prohíban el paso a dichas áreas.
- Se llevará a cabo un manejo adecuado de los residuos sólidos y líquidos que se generen en la obra, para lo que se contará con contenedores debidamente rotulados y un almacén temporal para su posterior recolección por el H. ayuntamiento de Soidaridad, 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, que se enfocará al rescate de flora de las áreas que serán susceptibles de aprovechamiento.
- Durante el rescate de vegetación, se establecerán medidas que garanticen un 70% de sobrevivencia de las plantas rescatadas y reincorporarlas en las áreas de conservación y ajardinadas del proyecto, ubicándolas de acuerdo a su hábitat natural.

- Se rescatará la capa fértil del suelo, misma que será acopiada para su posterior uso en las actividades de arborización y ajardinado.
- Se acondicionará un vivero temporal para el resguardo de las especies producto del rescate, mismas que serán reubicadas en las áreas ajardinadas 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 la zona urbana de la ciudad de Playa del Carmen y ha sido altamente impactada por los trabajos de urbanización que rodean al sitio. Adicional a lo anterior, el sitio donde se pretende desarrollar el proyecto cuenta con los servicios sanitarios, de abastecimiento de agua potable, electricidad, transporte, etc. necesarios para su desarrollo.

## **IX. SERVICIOS AMBIENTALES QUE PUDIERAN PONERSE EN RIESGO POR EL CAMBIO DE USO DEL SUELO PROPUESTO**

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.

### **IX.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'*).

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>.

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

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



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 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 de algún futuro desarrollo habitacional; 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 78.31 % de la superficie total del predio donde se desplantarán las obras permanentes, mientras que el 21.69 % 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 X, se concluye que la pérdida de suelo con la implementación del proyecto será de menos de 14.17 milímetros sin considerar medidas de prevención y mitigación; por lo que se sustenta la no existencia de riesgo.

<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)

<sup>4</sup> *bidem*

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

Como se verá en el Capítulo X 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 117,426.60 m<sup>2</sup> de dicha superficie se llevará a cabo la remoción total de la vegetación; y los 32,525.05 m<sup>2</sup> restantes que se pretenden aprovechar, no serán modificados totalmente, manteniéndose en pie el estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo, lo cual resulta importante, toda vez que se trata de individuos parentales que pueden propiciar la regeneración natural del ecosistema; así mismo, con las medidas de mitigación consistentes en la conservación de áreas naturales y ajardinadas en una superficie de 32,525.05 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. Asimismo, es necesario considerar que la superficie donde se removerá totalmente la vegetación, sólo representa el 0.002 % de la superficie que ocupa el mismo ecosistema dentro de la microcuenca establecida en el capítulo II, 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.

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

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

procesos ecológicos y evolutivos (incluye a la depredación, competencia, parasitismo, dispersión, polinización, simbiosis, ciclo de nutrientes, perturbaciones naturales, etc.).

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

## **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 de estratos, podemos encontrar que respecto al arbóreo se registraron un total de 54 especies de flora silvestre las cuales serán afectadas con el cambio de uso del suelo, no obstante, a nivel del predio testigo que se tomó como base para identificar la flora de la microcuenca, se observa que 1 de estas especies se comparten.
- » En relación al estrato arbustivo, se advierte que se comparten 2 de las especies y las otras 2 de fueron exclusivas de cada este estrato.
- » respecto al herbáceo se registraron un total de 2 especies de flora silvestre las cuales serán afectadas con el cambio de uso del suelo, no obstante, a nivel del predio testigo que se tomó como base para identificar la flora de la microcuenca, se observa que 2 de estas especies se comparten.

ARBÓREO		ARBUSTIVO		HERBÁCEO	
Sp Microcuenca	Sp CUSTF	Sp Microcuenca	Sp CUSTF	Sp Microcuenca	Sp CUSTF
<i>Acacia cornigera</i>	<b><i>Bursera simaruba</i></b>	<i>Acacia cornigera</i>	<b><i>Bauhinia divaricata</i></b>	<i>Acacia cornigera</i>	<i>Alseis yucatanensis</i>
<i>Acacia dolichostachya</i>	<b><i>Byrsonima bucidaefolia</i></b>	<i>Acacia glauveri</i>	<i>Bauhinia unguolata</i>	<i>Aechmea bracteata</i>	<b><i>Bauhinia divaricata</i></b>
<i>Acacia glauveri</i>	<b><i>Caesalpinia gaumeri</i></b>	<i>Ardisia escallonioides</i>	<b><i>Bursera simaruba</i></b>	<i>Anthurium schlechtendalii</i>	<i>Diospyros tetrasperma</i>
<i>Acacia glomerosa</i>	<i>Caesalpinia mollis</i>	<b><i>Bauhinia divaricata</i></b>	<i>Coccoloba sp.</i>	<i>Ardisia escallonioides</i>	<i>Drypetes lateriflora</i>
<i>Amyris sylvatica</i>	<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	<i>Bauhinia jenningsii</i>	<b><i>Coccoloba spicata</i></b>	<b><i>Bauhinia divaricata</i></b>	<b><i>Gymnanthes lucida</i></b>
<i>Ardisia escallonioides</i>	<b><i>Ceiba aesculifolia</i></b>	<i>Brosimum alicastrum</i>	<i>Cordia gerascanthus</i>	<i>Bauhinia jenningsii</i>	<i>Jatropha gaumeri</i>
<i>Bauhinia divaricata</i>	<b><i>Chrysophyllum mexicanum</i></b>	<b><i>Bursera simaruba</i></b>	<i>Croton reflexifolius</i>	<i>Bromelia karatas</i>	<i>Lonchocarpus rugosus</i>
<i>Bauhinia jenningsii</i>	<i>Coccoloba diversifolia</i>	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	<i>Dendropanax arboreus</i>	<i>Brosimum alicastrum</i>	<i>Nectandra salicifolia</i>
<i>Brosimum alicastrum</i>	<i>Coccoloba sp.</i>	<i>Capparis verrucosa</i>	<i>Diospyros tetrasperma</i>	<i>Bursera simaruba</i>	<i>Platymiscium yucatanum</i>
<b><i>Bursera simaruba</i></b>	<b><i>Coccoloba spicata</i></b>	<i>Chamaedora seifrizii</i>	<b><i>Gliricidia sepium</i></b>	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	<i>Psidium sartorianum</i>
<b><i>Byrsonima bucidaefolia</i></b>	<b><i>Cordia dodecandra</i></b>	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	<b><i>Gutterda combsii</i></b>	<i>Cardiospermum halicacabum</i>	<i>Randia longiloba</i>
<b><i>Caesalpinia gaumeri</i></b>	<i>Cordia gerascanthus</i>	<i>Coccoloba diversifolia</i>	<b><i>Gymnanthes lucida</i></b>	<i>Catsetum integerrimum</i>	<i>Swartzia cubensis</i>
<i>Cameraria latifolia</i>	<i>Croton reflexifolius</i>	<b><i>Coccoloba spicata</i></b>	<b><i>Hampea trilobata</i></b>	<i>Chamaedora seifrizii</i>	
<i>Canella winterana</i>	<b><i>Dendropanax arboreus</i></b>	<i>Coccothrinax readii</i>	<i>Lippia myriocephala</i>	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	
<i>Capparis verrucosa</i>	<i>Diospyros tetrasperma</i>	<i>Cordia dodecandra</i>	<b><i>Lonchocarpus rugosus</i></b>	<i>Cissus gossypifolia</i>	
<i>Casimiroa tetrameria</i>	<b><i>Diphysa carthagenensis</i></b>	<i>Ficus cotinifolia</i>	<b><i>Lysiloma latisiliquum</i></b>	<i>Coccoloba diversifolia</i>	
<i>Cecropia obtusifolia</i>	<i>Elaeodendron xylocarpum</i>	<i>Ficus máxima</i>	<i>Melicoccus oliviformis</i>	<i>Coccoloba spicata</i>	
<b><i>Ceiba aesculifolia</i></b>	<i>Ficus benamina</i>	<i>Ficus obtusifolia</i>	<i>Mosannonna depressa</i>	<i>Coccothrinax readii</i>	
<i>Ceiba pentandra</i>	<b><i>Ficus cotinifolia</i></b>	<i>Ficus tecolutensis</i>	<i>Nectandra salicifolia</i>	<i>Cordia dodecandra</i>	
<b><i>Chrysophyllum mexicanum</i></b>	<i>Ficus maxima</i>	<b><i>Gliricidia sepium</i></b>	<b><i>Piscidia piscipula</i></b>	<i>Ficus cotinifolia</i>	
<i>Coccoloba barbadensis</i>	<b><i>Gliricidia sepium</i></b>	<b><i>Guettarda combsii</i></b>	<b><i>Psidium sartorianum</i></b>	<i>Guettarda combsii</i>	
<b><i>Coccoloba spicata</i></b>	<b><i>Gutterda combsii</i></b>	<b><i>Gymnanthes lucida</i></b>	<i>Randia longiloba</i>	<b><i>Gymnanthes lucida</i></b>	
<i>Coccothrinax readii</i>	<b><i>Gymnanthes lucida</i></b>	<i>Gymnopodium floribundum</i>	<i>Senna peralteana</i>	<i>Gymnopodium floribundum</i>	
<b><i>Cordia dodecandra</i></b>	<b><i>Gymnopodium floribundum</i></b>	<b><i>Hampea trilobata</i></b>	<i>Thouinia paucidentata</i>	<i>Hampea trilobata</i>	
<i>Cupania dentata</i>	<i>Lippia myriocephala</i>	<i>Lonchocarpus luteomaculatus</i>		<i>Jacquemontia nodiflora</i>	
<b><i>Dendropanax arboreus</i></b>	<b><i>Lonchocarpus rugosus</i></b>	<b><i>Lonchocarpus rugosus</i></b>		<i>Lysiloma latisiliquum</i>	
<i>Diospyros cuneata</i>	<b><i>Lysiloma latisiliquum</i></b>	<b><i>Lysiloma latisiliquum</i></b>		<i>Malvaviscus arboreus</i>	
<i>Dipholis salicifolia</i>	<b><i>Manilkara zapota</i></b>	<i>Manilkara zapota</i>		<i>Manilkara zapota</i>	
<b><i>Diphysa carthagenensis</i></b>	<i>Mariosousa dolichostachya</i>	<i>Metopium brownei</i>		<i>Metopium brownei</i>	
<i>Eugenia trikii</i>	<i>Melicoccus oliviformis</i>	<i>Myrcianthes fragrans</i>		<i>Nectandra coriacea</i>	
<b><i>Ficus cotinifolia</i></b>	<b><i>Metopium brownei</i></b>	<i>Nectandra coriacea</i>		<i>Paullinia cururu</i>	
<b><i>Ficus máxima</i></b>	<i>Nectandra salicifolia</i>	<b><i>Piscidia piscipula</i></b>		<i>Piscidia piscipula</i>	
<i>Ficus obtusifolia</i>	<b><i>Piscidia piscipula</i></b>	<b><i>Psidium sartorianum</i></b>		<i>Psychotria nervosa</i>	

ARBÓREO		ARBUSTIVO		HERBÁCEO	
Sp Microcuenca	Sp CUSTF	Sp Microcuenca	Sp CUSTF	Sp Microcuenca	Sp CUSTF
<i>Ficus tecolutensis</i>	<i>Pithecellobium dulce</i>	<i>Randia aculeata</i>		<i>Randia aculeata</i>	
<b><i>Gliricidia sepium</i></b>	<i>Platymiscium yucatanum</i>	<i>Sabal yapa</i>		<i>Rhoeo discolor</i>	
<b><i>Guettarda combsii</i></b>	<b><i>Psidium sartorianum</i></b>	<i>Thevetia gaumeri</i>		<i>Sabal yapa</i>	
<i>Guettarda elliptica</i>	<b><i>Sabal yapa</i></b>	<i>Trinax radiata</i>		<i>Serjania adiantoides</i>	
<b><i>Gymnanthes licida</i></b>	<i>Sideroxylon salicifolium</i>			<i>Serjania goniocarpa</i>	
<b><i>Gymnopodium floribundum</i></b>	<b><i>Swartzia cubensis</i></b>			<i>Sida acuta</i>	
<i>Hampea trilobata</i>	<i>Tabebuia rosea</i>			<i>Smilax mollis</i>	
<i>Laethia thamnia</i>	<b><i>Thevetia gaumeri</i></b>			<i>Tetracera volubilis</i>	
<i>Lonchocarpus luteomaculatus</i>	<i>Thouinia paucidentata</i>			<i>Thevetia gaumeri</i>	
<b><i>Lonchocarpus rugosus</i></b>	<i>Trema micrantha</i>			<i>Tillandsia festucoides</i>	
<b><i>Lysiloma latisiliquum</i></b>	<b><i>Vitex gaumeri</i></b>			<i>Trinax radiata</i>	
<i>Malmea depressa</i>	<b><i>Zuelania guidonia</i></b>				
<i>Malpighia glabra</i>					
<b><i>Manilkara zapota</i></b>					
<i>Matayba oppositifolia</i>					
<b><i>Metopium brownei</i></b>					
<i>Myrcianthes fragrans</i>					
<i>Nectandra coriacea</i>					
<i>Neea psychotrioides</i>					
<b><i>Piscidia piscipula</i></b>					
<i>Pouteria campechiana</i>					
<i>Pouteria unilocularis</i>					
<i>Protium copal</i>					
<b><i>Psidium sartorianum</i></b>					
<i>Randia aculeata</i>					
<b><i>Sabal yapa</i></b>					
<i>Simarouba glauca</i>					
<i>Spondias mombin</i>					
<b><i>Swartzia cubensis</i></b>					
<i>Sweetia panamensis</i>					
<i>Talisia olivaeformis</i>					
<b><i>Thevetia gaumeri</i></b>					
<i>Trinax radiata</i>					
<b><i>Vitex gaumeri</i></b>					
<i>Zuelania guidonia</i>					

En conclusión respecto a las tablas anteriores, podemos advertir que considerando el total de especies registradas durante el inventario forestal (estrato arbóreo), se puede afirmar

que sólo la especies *Caesalpinia mollis*, *Caesalpinia yucatanensis*, *Coccoloba diversifolia*, *Coccoloba sp.*, *Cordia gerascanthus*, *Croton reflexifolius*, *Diospyros tetrasperma*, *Elaeodendron xylocarpum*, *Ficus benjamina*, *Lippia myriocephala*, *Mariosousa dolichostachya*, *Melicoccus oliviformis*, *Nectandra salicifolia*, *Pithecellobium dulce*, *Platymiscium yucatanum*, *Sideroxylon salicifolium*, *Tabebuia rosea*, *Thouinia paucidentata* y *Trema micrantha* pueden considerarse exclusivas para la superficie de aprovechamiento toda vez que no fueron registradas dentro del predio testigo muestreado en la Microcuenca, por lo que el rescate de los ejemplares de dicha especie será cuidado y monitoreado a detalle a fin de lograr su restablecimiento dentro de las áreas que se conservarán con vegetación natural dentro del predio.

Por lo que toca a al resto de las especies registradas en la superficie que se someterá al CUSTF, se anticipa que no serán comprometidas en virtud de que todas ellas se encuentran ampliamente distribuidas dentro de la Microcuenca (en uno o más estratos) en la que se sitúa el predio del proyecto; además se prevé el rescate de ejemplares de casi todas las especies presentes.

### **Conservación de la biodiversidad a nivel de poblaciones**

Según la CONABIO, el segundo atributo de la biodiversidad, se refiere a la organización física o el patrón del sistema, es decir, la abundancia relativa de las especies, abundancia relativa de los ecosistemas, grado de conectividad, etc.; en tal sentido, a continuación se presenta una valoración de la abundancia de especies tanto en las áreas de conservación como en la superficie de aprovechamiento.

Con el desmonte ocurre una reducción en la densidad poblacional de cada una de las especies que se verán afectadas con el cambio de uso de suelo, ya que el desmonte implica la eliminación de algunos individuos que integran la población total que subsiste en el ecosistema; sin embargo, esas mismas especies son rescatadas en forma previa al desmonte, aunque en menor proporción con respecto 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 conservarán con vegetación natural, sumado a la población que subsiste dentro del sistema ambiental, por lo que su población se mantiene estable a pesar de las pérdidas ocurridas durante el desmonte.

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

#### » Estrato arbóreo

Como puede apreciarse en los resultados de los capítulos 4 y 5, las especies que serán afectadas con el cambio de uso de suelo propuesto a nivel del estrato arbóreo, son igual de abundantes en el predio que representa la superficie de CUSTF y dentro de la superficie de la microcuenca, por lo tanto, a pesar de que su población será reducida en número de individuos, su diversidad a nivel de abundancia dentro de las áreas de conservación, permite asumir que el cambio de uso de suelo no compromete la biodiversidad a nivel del predio, y por ende, a nivel del sistema ambiental.

No obstante lo anterior, y aun cuando el predio testigo de la microcuenca tiene igual diversidad de especies y considerando además que las especies a afectar con el proyecto se comparten con la microcuenca, es importante mencionar que mediante el programa de rescate se pretende favorecer ejemplares de todas las especies presentes y se podrá especial énfasis al rescate de todos los individuos susceptibles; para ser trasplantado a las áreas con vegetación natural que propone el proyecto y por tanto no poner en riesgo a estas especies.

#### » Estrato arbustivo

Como puede apreciarse en los resultados de los capítulos 4 y 5, las especies que serán afectadas con el cambio de uso de suelo propuesto a nivel del estrato arbustivo, son en su mayoría 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. No obstante lo anterior, para el caso de aquellas especies que se presentan en mayor proporción dentro del área de aprovechamiento, se seguirá puntualmente su rescate y reubicación para no comprometer dichos individuos.

#### » Estrato herbáceo

El patrón que se presenta en éste estrato, es muy similar a los anteriores, no obstante existen algunas especies que no fueron encontradas dentro del predio testigo y por lo que se prevé su rescate para posteriormente reubicarlas en las áreas de conservación.

En virtud de lo anterior, 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.

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:

ESTRATO ARBÓREO		ESTRATO ARBUSTIVO		ESTRATO HERBÁCEO	
SJ=	C	SJ=	C	SJ=	C
	A + B + C		A + B + C		A + B + C



<b>SJ=</b>	$\frac{26}{19 + 42 + 26}$	<b>SJ =</b>	$\frac{11}{13 + 26 + 11}$	<b>SJ=</b>	$\frac{2}{10 + 42 + 2}$
<b>SJ=</b>	$\frac{26}{87}$	<b>SJ =</b>	$\frac{11}{50}$	<b>SJ=</b>	$\frac{2}{54}$
<b>SJ=</b>	<b>0.29</b>	<b>SJ =</b>	<b>0.22</b>	<b>SJ=</b>	<b>0.03</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 de regular a nivel del estrato arbóreo (0.29) y baja para los estratos arbustivo y herbáceo, toda vez que los valores cercanos a 1 denotan una similitud mayor.

Cabe señalar que considerando 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:

$$SJ = \frac{39}{42 + 110 + 39}$$

$$SJ = \frac{39}{191}$$

$$SJ = 0.20$$

Por lo que se puede concluir que la similitud de la vegetación, considerando la superficie de CUSTF y la Microcuenca, es baja, ya que el índice alcanzo un valor de los 0.2 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, a excepción de 3 especies faunísticas, el resto 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 (ver capítulo IV); por lo que se mantiene la riqueza de especies y por ende la biodiversidad.

El hecho de que se hayan registrado prácticamente las mismas especies, tanto en la superficie de aprovechamiento como en el predio que representa la microcuenca, obedece principalmente a la 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 que en las inmediaciones del mismo existen desarrollos habitacionales y comerciales en obra y operación, por lo que las actividades antrópicas actúan como elementos perturbantes que ahuyentan la fauna del sitio, situación que se comprueba ante los carentes registros de fauna de talla media y mayor las cuales son más susceptibles.

#### 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.

$$SJ = \frac{11}{4 + 41 + 11}$$

$$SJ = 0.19$$

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 regular tendiente a baja, 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 aun cuando la similitud de la fauna registrada en el sitio del proyecto no es muy elevada, 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 tres especie son, por llamarlo así, exclusiva de la superficie de CUSTF y resto son compartidas. Cabe señalar que de éstas especies reportadas sólo dentro de la superficie de CUST corresponden al grupo de las aves, por lo que se garantiza su inmediata migración a zona conservadas al momento que éstas detecten la presencia humana. Para el caso de Norops, se ameritarse se garantiza el rescate y reubicación de los ejemplares ocurrentes.

#### 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:

<b>Ciclo del agua</b>	<b>Análisis</b>
<p>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.</p> <p>El agua que se evapora de los océanos con la energía del sol, es transportada por la circulación de los vientos alrededor del planeta. Al elevarse siguiendo los contornos de las montañas, se enfría y se transforma en lluvia proporcionando humedad a bosques, selvas, pastizales y matorrales. Abastece arroyos, ríos, lagos, aguas subterráneas y finalmente regresa al mar. En ese largo camino, es absorbida por plantas y bebida por animales que la requieren ya que constituye entre el 55 y 80% de los seres vivos.</p>	<p>Se estima que el ciclo del agua se mantiene, toda vez que el 42.76 % de la superficie total del terreno (64,126.55 m<sup>2</sup>) se mantendrá en estado permeable, toda vez que estará libre de obras y se mantendrá cubierta con vegetación. Dadas las características de suelo, se advierte que en dicha superficie se dará el libre el flujo de agua de la superficie al subsuelo, al no existir elementos que lo obstaculicen, favoreciendo la recarga del acuífero y debido a que el predio se encuentra relativamente cercano a la costa, se estima que el flujo de agua subterráneo se da hacia el mar (citado en: ACUERDO por el que se dan a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del acuífero Península de Yucatán, clave 3105, estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo). Finalmente de ahí se regresará a la atmósfera por evaporación, para precipitarse nuevamente hacia la tierra donde es aprovechada por la flora y la fauna para la subsistencia del ecosistema. Las medidas que favorecen este proceso ecológico en el ecosistema son la conservación de áreas verdes naturales y áreas verdes modificadas, la instalación de letreros, el desmonte gradual, las pláticas ambientales y la supervisión del cambio de uso de suelo.</p>
<b>Ciclos de nutrientes</b>	<b>Análisis</b>
<p>Los elementos químicos que constituyen a los seres vivos como el carbono, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, potasio, calcio, fósforo, azufre y otros, se transportan entre los organismos vivos y entre los componentes inertes del planeta.</p>	<p>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</p>

<p>Estos elementos son parte esencial de la estructura y la función de los organismos vivos. Algunos se acumulan en ellos mientras están vivos y regresan al suelo y a la atmósfera cuando mueren. Cambios drásticos en la dinámica de dichos ciclos producen contaminación, eutroficación (aumento de nutrientes en humedales) y hasta el cambio climático global.</p> <p>El carbono se encuentra en la atmósfera, en la biósfera, en los océanos y en los sedimentos. Las plantas toman bióxido de carbono de la atmósfera y lo convierten en carbohidratos y de esta forma gran parte queda almacenado en los bosques y en el suelo. En el mar muchos organismos utilizan el carbono para formar sus esqueletos externos y sus conchas. El carbono regresa a la atmósfera a través de la respiración de los organismos, de la descomposición orgánica, de la combustión, y de las erupciones volcánicas</p>	<p>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.</p>
<b>Flujo de energía</b>	<b>Análisis</b>
<p>Los seres vivos requieren de energía para realizar sus actividades básicas de crecimiento, reproducción y sobrevivencia. Las plantas son los productores primarios que transforman la energía del sol en energía química a través de la fotosíntesis. Primero la molécula de clorofila absorbe la energía de la luz y divide las moléculas de agua en hidrógeno y oxígeno. Como segundo paso, el bióxido de carbono es transformado en carbohidratos (azúcares), es decir en moléculas mayores de carbono, hidrógeno y oxígeno. Los herbívoros, como consumidores secundarios, se alimentan de las plantas y obtienen de ellas nutrientes y energía, que a su vez son pasados a los carnívoros y de éstos a los descomponedores. Al flujo de energía a través de los seres vivos se le conoce como cadena trófica (del griego trofos, alimenticio) o cadena alimentaria y a cada</p>	<p>El proyecto necesariamente implica la pérdida de hábitats para algunos seres vivos que integran el ecosistema, derivado del cambio de uso de suelo, ya que requieren de la energía disponible para realizar sus actividades básicas de crecimiento, reproducción y sobrevivencia; sin embargo, es importante mencionar que esto sólo ocurrirá en el 78.31 % 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 21.69 % 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; dicha condición favorece la permanencia de los organismos herbívoros (consumidores secundarios) que se</p>

<p>uno de los niveles por los que pasa, se le conoce como niveles tróficos.</p> <p>En cada transformación, parte de la energía se transforma en calor (segunda ley de la termodinámica), así que siempre habrá más productores primarios que herbívoros y siempre habrá más herbívoros que consumidores secundarios (carnívoros) formando una pirámide trófica.</p> <p>La gran mayoría de los seres vivos para utilizar la energía, tenemos que obtenerla de las moléculas en donde está guardada. Los carbohidratos al ser combinados con oxígeno, se rompen, proporcionando energía y regresando a ser bióxido de carbono y agua. A este proceso se le conoce como respiración. Algunos organismos pueden obtener energía directamente de moléculas inorgánicas (quimiosíntesis).</p>	<p>alimentan de las plantas y obtienen de ellas nutrientes y energía, que a su vez favorece la permanencia de los carnívoros que se alimentan de ellos y de éstos a los descomponedores; con lo que la cadena trófica o cadena alimentaria se modificado 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</p>	<p>Para el caso particular del proyecto la afectación que sufrirá el ecosistema será de tipo antrópica por el cambio de uso de suelo, el cual afectará algunas de las poblaciones que se encuentran presentes. En las áreas verdes naturales no ocurrirán cambios de ningún tipo y se mantendrá como un estado de sucesión madura o estado previo de Selva mediana subperennifolia, manglar y tular. 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 32,525.05 m<sup>2</sup> (21.69 %) en donde se conservarán áreas verdes naturales; mientras que dicha posibilidad se perderá durante toda la vida útil del proyecto, en una superficie de (78.31 %) donde la vegetación será sustituida totalmente por obras permanentes. Las medidas que favorecen</p>

<p>quedan algunas de las especies originales, el proceso se llama sucesión secundaria.</p>	<p>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.</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>	

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;

### **IX.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

#### **IX.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. Asimismo, el modelo da por sentado que los suelos de bosque templado son suelos tipo A y los suelos tropicales con suelos tipo C (Torres y Guevara, 2002).

Considerando lo señalado anteriormente, tenemos que el valor de  $P$  (precipitación media anual) es de 1,500 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 75.98 m<sup>3</sup> (cobertura de entre el 25 y 50 %).

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

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

$C_e = (0.28) (1,500 -250) / 2000 + (0.28-0.15) / 1.5$



$$C_e = (0.28) (1,250 / 2000) + (0.13 / 1.5)$$

$$C_e = (0.28) (0.625) + 0.08667$$

$$C_e = 0.175 + 0.08667$$

$$C_e = 0.26167$$

Entonces tenemos que el coeficiente de escurrimiento (**C<sub>e</sub>**) en la microcuenca es de 0.26167.

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 1,500 mm de precipitación media anual, equivalen a 1,500 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 1,500 litros equivalen a 1.5 m<sup>3</sup> de agua.

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

$$V_e = P * A_t * C_e$$

$$V_e = 1.5 \text{ m}^3 * 131,341.42 \text{ m}^2 * 0.26167$$

$$V_e = 51,551.51 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

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 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:

$$I = P - Ve$$

$$I = (1.5 \text{ m}^3) (131,341.42 \text{ m}^2) - 51,551.51 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = 197,012.13 \text{ m}^3/\text{m}^2 - 51,551.51 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = 145,460.62 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

A continuación, se realizan los mismos cálculos del escurrimiento medio anual y el volumen de infiltración, pero para la superficie del predio del proyecto **sin el CUSTF**.

$$Ve = P * At * Ce$$

$$Ve = 1.5 \text{ m}^3 * 149,951.64 \text{ m}^2 * 0.26167$$

$$Ve = 58,856.02 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = P - Ve$$

$$I = (1.5 \text{ m}^3) (149,951.64 \text{ m}^2) - 58,856.02 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = 224,927.46 \text{ m}^3/\text{m}^2 - 58,856.02 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = 166,071.44 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

A continuación, se realizan los mismos cálculos del escurrimiento medio anual y el volumen de infiltración, pero **para el SA**.

$$Ve = P * At * Ce$$

$$Ve = 1.5 \text{ m}^3 * 1,201,328,170.00 \text{ m}^2 * 0.26167$$

$$Ve = 471,521,306.73 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = P - Ve$$

$$I = (1.5 \text{ m}^3) (1,201,328,170.00 \text{ m}^2) - 471,521,306.73 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = 1,801,992,255.00 \text{ m}^3/\text{m}^2 - 471,521,306.73 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = 1,330,470,948.28 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Considerando los cálculos realizados, podemos concluir que en la superficie de cambio de uso de suelo con el proyecto, se captaría un volumen de  $145,460.62 \text{ m}^3/\text{m}^2$  anuales, y se perderían  $51,551.51 \text{ m}^3/\text{m}^2$  anuales por escurrimiento.

Por lo tanto, considerando el volumen de captación de agua que se da en la superficie solicitada sin proyecto ( $166,071.44 \text{ m}^3/\text{m}^2$ ), en comparación con el volumen de captación de agua en la superficie de cambio de uso de suelo ( $20,610.82 \text{ m}^3/\text{m}^2$ ), 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 a un volumen de 145,460.62 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales, lo que representa el 0.00387 % de reducción del volumen anual captado en el SA; podemos concluir que la captación de agua en cantidad no se verá comprometida con el cambio de uso de suelo propuesto, toda vez que sólo se estaría perdiendo el 0.00387 % de la captación total que ocurre en SA. Y si a esto le sumamos que el predio conservará el 42.76 % de su superficie como área permeable, entonces podemos asegurar categóricamente que la captación de agua en cantidad, no se verá comprometida con el cambio de uso de suelo propuesto; de igual forma, podemos concluir que la captación de agua en cantidad, es más importante a nivel del sistema ambiental, que aquella que ocurre a nivel del predio, considerando el volumen de agua que es captada en ambos sistemas.

### **IX.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 mismas 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, sólo se utilizarán herramientas manuales, evitando en todo momento el uso de maquinaria pesada. Con esta medida se evita el riesgo de un derrame accidental de hidrocarburos por uso de maquinaria; y por lo tanto se previene la contaminación del acuífero derivado de sustancias potencialmente contaminantes.

#### IX.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:

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

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

Para el cálculo primero se determinó el área basal de cada uno de los árboles con DAP mayor o igual a 10 cm que fueron registrados durante el inventario forestal, considerando que el área basal (AB) es la sumatoria de las áreas transversales (área del tronco a 1,30 m de altura) de todos los árboles con un diámetro mayor o igual a 10 cm existentes en una hectárea (y se expresa en m<sup>2</sup>/ha).

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

DENSIDAD (# DE IND), ÁREA BASAL Y VOLUMEN TOTAL ÁRBOL						
Nombre científico	Ind/ha	AB (m <sup>2</sup> /ha)	Vol.T.A (m <sup>3</sup> /ha)	Ind/CUSTF	AB (m <sup>2</sup> /CUSTF)	Vol.T.A (m <sup>3</sup> /CUSTF)
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	297	7.35	42.27	3903	96.56	555.21
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	29	0.35	2.03	380	4.54	26.64
<i>Bursera simaruba</i>	95	1.20	6.34	1251	15.74	83.29
<i>Gliricidia sepium</i>	5	0.06	0.29	70	0.73	3.85
<i>Coccoloba spicata</i>	21	0.27	1.52	280	3.61	19.98
<i>Thouinia paucidentata</i>	5	0.05	0.29	60	0.72	3.87
<i>Swartzia cubensis</i>	27	0.34	1.91	350	4.50	25.08
<i>Ficus maxima</i>	17	0.42	2.37	220	5.49	31.11
<i>Dendropanax arboreus</i>	8	0.12	0.74	100	1.62	9.69
<i>Vitex gaumeri</i>	37	0.61	3.48	490	8.04	45.67
<i>Metopium brownei</i>	26	0.49	2.78	340	6.40	36.51
<i>Piscidia piscipula</i>	23	0.47	2.74	300	6.17	36.00
<i>Diospyros tetrasperma</i>	15	0.15	0.88	200	2.02	11.57
<i>Ceiba aesculifolia</i>	6	0.14	0.82	80	1.84	10.81
<i>Coccoloba diversifolia</i>	1	0.01	0.04	10	0.10	0.54
<i>Thevetia gaumeri</i>	21	0.27	1.40	280	3.55	18.40
<i>Ficus cotinifolia</i>	14	0.26	1.46	190	3.41	19.15
<i>Pithecellobium dulce</i>	2	0.04	0.21	30	0.50	2.70
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	1	0.02	0.12	10	0.26	1.52
<i>Melicoccus oliviformis</i>	2	0.02	0.09	20	0.22	1.12
<i>Elaeodendron xylocarpum</i>	1	0.01	0.04	10	0.11	0.57
<i>Trema micrantha</i>	2	0.01	0.07	20	0.17	0.96
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	2	0.03	0.16	30	0.43	2.09
<i>Cordia dodecandra</i>	3	0.04	0.20	40	0.49	2.63
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	8	0.09	0.48	110	1.15	6.33
<i>Platymiscium yucatanum</i>	3	0.04	0.26	40	0.58	3.39

<i>Gutterda combsii</i>	1	0.01	0.03	10	0.08	0.41
<i>Mariosousa dolichostachya</i>	1	0.01	0.07	10	0.13	0.86
<i>Nectandra salicifolia</i>	2	0.02	0.08	20	0.21	1.10
<i>Tabebuia rosea</i>	2	0.01	0.07	20	0.17	0.97
<i>Pscidium sartorianum</i>	5	0.07	0.37	60	0.90	4.86
<i>Coccoloba sp.</i>	1	0.01	0.03	10	0.09	0.45
<i>Manilkara zapota</i>	2	0.08	0.47	20	1.02	6.24
<i>Croton reflexifolius</i>	1	0.01	0.04	10	0.08	0.46
<i>Zuelania guidonia</i>	1	0.01	0.07	10	0.14	0.91
<i>Diphysa carthagenensis</i>	3	0.03	0.16	40	0.41	2.07
<i>Gymnanthes lucida</i>	2	0.02	0.10	20	0.25	1.33
<i>Gymnopodium floribundum</i>	2	0.02	0.09	30	0.24	1.24
<i>Sideroxylon salicifolium</i>	2	0.06	0.37	30	0.74	4.86
<i>Caesalpinia mollis</i>	5	0.06	0.31	70	0.73	4.10
<i>Sabal yapa</i>	1	0.03	0.13	10	0.35	1.69
<i>Cordia gerascanthus</i>	2	0.03	0.20	20	0.43	2.68
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	2	0.02	0.10	20	0.21	1.25
<i>Lippia myriocephala</i>	2	0.01	0.08	20	0.17	0.99
<i>Ficus benjamina</i>	2	0.04	0.21	30	0.49	2.79
<b>Total</b>	<b>706</b>	<b>13.38</b>	<b>75.98</b>	<b>9276</b>	<b>175.79</b>	<b>997.98</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:

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

$$C = (75.98 \text{ m}^3/\text{ha}) (0.5 \text{ ton}/\text{m}^3) (0.5 \text{ ton}/\text{m}^3)$$

$$C = 18.995 \text{ ton}/\text{ha}$$

$$C = (18.995 \text{ ton}/\text{ha}) (\text{FEB} = 1.6 \text{ ton}/\text{ha})$$

$$C = 30.392 \text{ ton}/\text{ha}$$

$$C = (30.392 \text{ ton}/\text{ha}) (\text{Superficie de CUSTF} = 13.13 \text{ ha})$$

$$C = 399.17 \text{ ton}/\text{ha}$$

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

$$C = (75.98 \text{ m}^3/\text{ha}) (0.5 \text{ ton}/\text{m}^3) (0.5 \text{ ton}/\text{m}^3)$$

$$C = 18.995 \text{ ton}/\text{ha}$$

$$C = (18.995 \text{ ton}/\text{ha}) (\text{FEB} = 1.6 \text{ ton}/\text{ha})$$

$$C = 30.392 \text{ ton}/\text{ha}$$

$$C = (30.392 \text{ ton}/\text{ha}) (\text{Superficie del predio} = 15.00 \text{ ha})$$

$$C = 455.73 \text{ ton}/\text{ha}$$

Por último, considerando que los servicios ambientales son suministrados por los ecosistemas y, que el ecosistema dentro del que se ubica el predio del proyecto corresponde a una superficie de Selva Mediana Subperennifolia cuya cobertura en la microcuenca propuesta equivale a una extensión de 120132.817 ha, se utilizó la fórmula citada para obtener los siguientes datos:

$$C = (75.98 \text{ m}^3/\text{ha}) (0.5 \text{ ton}/\text{m}^3) (0.5 \text{ ton}/\text{m}^3)$$

$$C = 18.995 \text{ ton}/\text{ha}$$

$$C = (18.995 \text{ ton}/\text{ha}) (\text{FEB} = 1.6 \text{ ton}/\text{ha})$$

$$C = 30.392 \text{ ton}/\text{ha}$$

$$C = (30.392 \text{ ton}/\text{ha}) (\text{Superficie del SA} = 82,245.67 \text{ ha})$$

$$C = 2,499,610.52 \text{ ton}/\text{ha}$$

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, se puede concluir que la vegetación del área sujeta a CUSTF provee el servicio de captura de carbono traducido en 399.17 ton/ha al año; mientras que la superficie total del predio lo hace por 455.73 ton/ha al año y el ecosistema de la microcuenca por 2,499,610.52 ton/ha. Ante dicho panorama se concluye que el CUSTF propuesto reducirá en menos del 0.016 % el servicio ambiental prestado por ecosistema; lo que nos permite asumir categóricamente que no se pone en riesgo dicho servicio ambiental.

## IX.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 120132.817 ha, se puede concluir categóricamente que el servicio ambiental de liberación de oxígeno, no se pondrá en riesgo con el cambio de uso de suelo propuesto, toda vez que la superficie donde se perderá por completo la vegetación (áreas no permeables) sólo representan el 0.002 % de la vegetación de Selva mediana subperennifolia que existe en la microcuenca definida para el estudio; lo anterior de acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI (serie V).

## IX.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 acarrearán fuertes cantidades de lluvia y se acompañan de vientos intensos; tal es el caso del huracán Wilma que tuvo incidencia en el año 2005 con una fuerza de sus vientos sostenidos que registraron velocidades por encima de los 240



km/h y rachas de hasta 280 km/h y una velocidad de desplazamiento de entre 3 y 5 km/h, con registros de estacionalidad.

La primera impresión que se tiene sobre los efectos de un fenómeno meteorológico de la magnitud de Wilma es de devastación. Al sufrir su embate la vegetación experimenta derribo de árboles arrancados de raíz o por fractura del tronco a distintos niveles, caída de ramas y defoliación total, como lo observaron Sánchez y Herrera (1990) y Sánchez e Islebe (1999) con el paso del huracán Gilberto en 1988 y por lo dicho en este trabajo.

Sin embargo, pasado un tiempo, todo lo que aún queda en pie y aún lo derribado inicia un proceso de recuperación. En este proceso y atendiendo a la fenología de las especies, la recuperación foliar es de lo primero en iniciarse ya que de ello depende la sobrevivencia y funcionalidad de la especie en su interacción con el 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, además de las áreas que se conservarán en estado natural, todas aquellas superficies permeables permanecerán con vegetación, por lo que aun dispersa, la vegetación podrá seguir actuando como barrera de amortiguamiento.

## IX.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.

<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.

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>.

Algunos climatólogos urbanos apunta que el origen del problema del cambio climático, está asociado con la desintegración del complejo suelo-planta-atmósfera, lo que determina el movimiento del agua en sus dos fases: líquida y gaseosa. El agua al llegar al suelo se moverá tanto vertical como horizontalmente, de acuerdo con las características fisicoquímicas del mismo; verticalmente alcanzará la zona enraizada con lo cual proveerá a las plantas no sólo con agua sino también con nutrientes, y continuará su curso hasta encontrar el nivel freático, con lo que se compensará al manto acuífero de la extracción que realiza el hombre. Tal balance es muy importante para este tan demandado recurso no renovable (Irma Rosas P. *op cit.*).

Una vez que el agua y los nutrimentos entren al vegetal, los vasos de conducción se encargarán de llevarlos a las estructuras aéreas, en contra de un gradiente de presión regulado por el cierre y la apertura de estomas. El vegetal conservará parte del agua y nutrimentos, y el resto saldrá en forma de vapor proporcionando agua a la atmósfera a través del proceso de evapotranspiración. El agua que sale permitirá la regulación de la temperatura tanto del vegetal como de la atmósfera. Un suelo con cobertura vegetal tendrá un patrón de absorción de radiación y reflexión de ondas cortas y largas diferente que un suelo erosionado y sin agua, lo que le conferirá un color y una respuesta espectral distinta. Esta modificación se manifiesta en un calor sensible mucho mayor que el latente (Irma Rosas P., *op cit.*).

Tomando en consideración lo anterior, estamos ante la posibilidad de poder afirmar que el cambio de uso de suelo propuesto no pone en riesgo la modulación o regulación climática como un servicio ambiental prestado por el ecosistema que se desarrolla en el predio, toda

<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>

vez que el proyecto tiene contemplada la conservación de una superficie de 18,610.22 m<sup>2</sup> de Selva mediana subperennifolia en estado natural; y solo permanecerán sin vegetación 117,426.60 m<sup>2</sup> (áreas impermeables), equivalente al 0.002 % de la vegetación de Selva mediana subperennifolia que existe en la microcuenca definida para el estudio.

## IX.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 18,610.22 m<sup>2</sup> equivalentes al 12.41 % de la superficie total del predio, la cual se ubicará en varias zonas al interior del predio, mismas 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 la Riviera maya en el municipio de Solidaridad, en donde los elementos antrópicos predominan sobre los naturales, siendo estos los proyecto turísticos fraccionamiento habitacionales y su equipamiento; con lo que se advierte que la belleza escénica a nivel natural ya se encuentra reducida o 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.
	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
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.
	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

ANÁLISIS DE LA CALIDAD VISUAL DEL PAISAJE			
COMPONENTE	CRITERIOS		
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.
	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
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.
	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
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
	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
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
	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
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
	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

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	1
Singularidad o rareza	1
Acción antrópica	3
<b>Total</b>	<b>9</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	
Pendiente (P)	Poco inclinado (0-25% de pendiente)	Alto	<b>3</b>
	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	<b>3</b>
	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y regeneración potencial.	Moderado	2
	Restricción alta derivada de riesgos altos de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial.	Bajo	1
Potencial estético (R)	Potencial bajo	Alto	<b>3</b>
	Potencial moderado	Moderado	2
	Potencial alto	Bajo	1
Diversidad de vegetación (D)	Vegetación escasa	Alto	<b>3</b>
	Hasta dos tipos de vegetación	Moderado	2
	Diversificada	Bajo	1
Acción antrópica (C)	Fuerte presencia antrópica	Alto	<b>3</b>
	Presencia moderada	Moderado	<b>2</b>
	Casi imperceptible	Bajo	1
Contrastes de color (V)	Elementos de bajo contraste	Alto	<b>3</b>
	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 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
<b>30</b>	= ó > 30	<b>Alta</b>

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.

## IX.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.

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

### **XII.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA**

#### **XII.1.1. No se compromete la biodiversidad**

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.

El concepto fue acuñado en 1985, en el Foro Nacional sobre la Diversidad Biológica de Estados Unidos. Edward O. Wilson (1929 - ), entomólogo de la Universidad de Harvard y prolífico escritor sobre el tema de conservación, quien tituló la publicación de los resultados del foro en 1988 como “Biodiversidad”.

Los seres humanos hemos aprovechado la variabilidad genética y “domesticado” por medio de la selección artificial a varias especies; al hacerlo hemos creado una multitud de razas de maíces, frijoles, calabazas, chiles, caballos, vacas, borregos y de muchas otras especies. Las variedades de especies domésticas, los procesos empleados para crearlas y las tradiciones orales que las mantienen son parte de la biodiversidad cultural.

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.)

Tomando en consideración lo antes mencionado, a continuación se presenta un análisis comparativo entre los valores obtenidos del índice de diversidad de flora y fauna en el

sistema ambiental, con aquellos resultantes de la superficie de cambio de uso de suelo, tal como se describe a continuación:

» **Flora silvestre:**

Haciendo un análisis comparativo entre los valores de diversidad obtenidos entre el predio testigo y la superficie de cambio de uso de suelo (ver capítulo IV), y tomando en consideración el primer atributo de la biodiversidad, la composición, obtenemos que la flora a nivel del sistema ambiental presenta una diversidad ligeramente mayor a la que presenta la superficie de CUSTF, conforme a la siguiente tabla:

SISTEMA AMBIENTAL	SUPERFICIE DE CUSTF
ÍNDICE DE DIVERSIDAD	ÍNDICE DE DIVERSIDAD
4.51	3.44

Lo antes mencionado es considerando todos los estratos de la vegetación, así como los valores de abundancia absoluta y relativa de todas las especies encontradas en ambos sistemas, ya que la composición incluye qué especies están presentes y cuántas hay. No obstante lo anterior, es importante aclarar que la diferencia obtenida se considera despreciable, toda vez que apenas es de 1.07 bits/individuo, es decir, apenas alcanza una unidad, lo que indica que ambos sistemas presentan igualdad de condiciones en lo que concierne a la composición de especies mediante el índice de diversidad de Shannon-Wiener.

Por otra parte, haciendo un análisis comparativo por cada estrato que compone la vegetación en ambos sistemas, obtenemos lo siguiente:

SISTEMA AMBIENTAL		SUPERFICIE DE CUSTF	
ESTRATO	ÍNDICE DE DIVERSIDAD	ÍNDICE DE DIVERSIDAD	ESTRATOS
ARBÓREO	4.67	3.41	ARBÓREO
ARBUSTIVO	4.55	3.88	ARBUSTIVO
HERBÁCEO	4.32	3.03	HERBÁCEO

Según los datos presentados en la tabla anterior, podemos observar que los valores de diversidad obtenidos mediante la aplicación del índice de Shannon-Wiener, son casi idénticos para el estrato arbustivo, lo que permite asumir que las especies presentan una distribución heterogénea bien estructurada a nivel del estrato medio, en ambos sistemas. En donde se puede observar una ligera diferencia en el valor obtenido, es a nivel arbóreo y del sotobosque o estrato herbáceo y ya que existe una diferencia de 1.26 y 1.29

bits/individuo respectivamente, apenas rebasando la unidad; sin embargo, aún con esa diferencia podemos asumir que la distribución de las especies a nivel arbóreo y del sotobosque, es similar para ambos sistemas, lo que nos indica que presentan una regeneración natural estable.

En lo que concierne al otro atributo de la biodiversidad, la estructura, que se refiere a la organización física o el patrón del sistema (incluye abundancia relativa de las especies, abundancia relativa de los ecosistemas, grado de conectividad, etc), entonces nos remitimos a los índices de valor de importancia obtenidos por las distintas especies de flora registradas en ambos sistemas, ya que dicho índice engloba valores de abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa de las especies estudiadas.

Según los análisis realizados a nivel del sistema ambiental y de la superficie de aprovechamiento (ver capítulos 4 y 5), se obtuvieron los siguientes resultados:

SISTEMA AMBIENTAL			SUPERFICIE DE CUSTF		
ESTRATO	ESPECIES	IVI	IVI	ESPECIES	ESTRATO
ARBÓREO	<i>Vitex graumeri</i>	32.37	106.21	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	ARBÓREO
	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	23.6	30.33	<i>Bursera simaruba</i>	
	<i>Ficus tecolutensis</i>	23.27	16.44	<i>Vitex gaumeri</i>	
ARBUSTIVO	<i>Piscidia piscipula</i>	20.18	46.51	<i>Diospyros</i>	ARBUSTIVO
	<i>Chamaedora seifrizii</i>	18.91	43.57	<i>Nectandra salicifolia</i>	
	<i>Manilkara zapota</i>	14.80	43.45	<i>Gymnanthes lucida</i>	
HERBÁCEO	<i>Coccothrinax readii</i>	26.35	70.19	<i>Randia longiloba</i>	HERBÁCEO
	<i>Trinax radiata</i>	17.68	64.79	<i>Nectandra salicifolia</i>	
	<i>Manilkara zapota</i>	14.21	41.93	<i>Lonchocarpus</i>	

El Índice de Valor de Importancia permite comparar el peso ecológico de las especies dentro de la comunidad vegetal; de tal manera que el grado de dominancia de ciertas especies, puede indicar una tendencia a la homogeneidad o a la heterogeneidad del ecosistema; el primer caso nos indica que el ecosistema se compone de especies dominantes con alto peso ecológico; mientras que el segundo es evidente que todas las especies, o al menos más del 80% de las mismas, cuentan con la misma posibilidad de encontrarse presentes en todo el ecosistema, es decir, no hay una marcada predominancia de unas especies sobre otras. Mientras la homogeneidad indica baja diversidad de especies; la heterogeneidad indica una alta diversidad de las mismas.

De acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI (escala 1:250000), Serie IV, el predio se ubica dentro de una zona que presenta vegetación de Selva mediana sub-perennifolia (SMQ), así mismo, A nivel de la micro-cuenca se identificaron 3 tipos de vegetación (Selva mediana sub-perennifolia, manglar y tular) y dos usos de suelo

predominantes (asentamientos humanos y zona urbana), sin embargo el área en donde se llevó a cabo el levantamiento de los datos presenta un tipo de vegetación de tipo Selva mediana sub-perennifolia (SMQ) tal y como se observa en el predio del proyecto. Se considera que el tamaño y estructura de las diferentes poblaciones es el resultado de las exigencias de las especies y de las características del ambiente. La estructura observada en cada situación particular es la mejor respuesta del ecosistema a sus propias características (Valerio, 1997). Se entiende por estructura de un bosque y/o selva a las relaciones morfológicas y espaciales que existen entre los elementos bióticos y abióticos que la componen (Burne et al. 2003). De igual forma las especies con dominancia relativamente alta, probablemente son las que mejor se adaptan a las condiciones físicas del hábitat (Daubenmire, 1968, citado por Costa Neto, 1990), además de ser los principales organismos que contribuyen a la estructura horizontal que se observa.

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 formado el índice de valor de importancia, el cual fue estimado para el predio y sistema ambiental delimitado.

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).

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 sistema ambiental (SA) delimitado la especie que más contribuye a la conformación del estrato arbóreo es *Vitex graumeri*, *Lysiloma latisiliquum* y *Ficus tecolutensis* para el SA y un para el predio *Lysiloma latisiliquum*, *Bursera simaruba* y *Vitex gaumeri*, de igual forma se pudo observar que las especies presentes en el predio corresponde a una vegetación típica de la selva media sub-perennifolia esto de acuerdo a lo señalado por el INEGI (serie V); sin embargo se puede observar que el estrato arbóreo

en el SA se encuentra con una composición estructural horizontal bien conformada que en el predio del proyecto ya que en el mismo se puede observar el registro de valores pequeños lo que denota posiblemente arboles con altura de propia del presente estrato pero con un área basal aún pequeña lo cual le resta presencia representativa al presente estrato en el predio, sin embargo aún y con estas perspicacias y de acuerdo a las superficies que conforman los sitios (SA y predio), se puede considerar que la distribución de las especies es homogénea con una dominancia apenas perceptible de algunas especies específicamente para el predio, mismo que es observado en los valores de diversidad reportados (estrato arbóreo: 4.67 ind/bits y 3.41 ind/bits). No obstante, la remoción de las especies en el presente estrato no representan riesgo y no habría por qué preocuparse de estas especies, debido a que la densidad y frecuencia es mayor en el sistema ambiental, cabe destacar que el predio representa apenas el 0.002% de 120,132.817 has que conforman el SA, por lo cual la vegetación que representa el predio podría considerarse medianamente representativa comparado con el sistema ambiental. Cabe señalar que en lo que respecta a los estratos arbustivo del predio y del SA, en el caso del SA existe una dominancia considerada como perceptible para el predio ocasionada por *Piscidia piscipula*, *Chamaedora seifrizii* y *Manilkara zapota* y en el caso del predio *Diospyros tetrasperma*, *Nectandra salicifolia* y *Gymnanthes lucida*, esto con respecto a las demás especies que conforman dicho estrato, en lo que respecta, al estrato herbáceo del predio y del SA no se detectó una distribución homogénea con alguna dominancia nula de las especies, siendo las más representativas en el SA *Coccothrinax readii*, *Trinax radiata* y *Manilkara zapota* para el predio y *Randia longiloba*, *Nectandra salicifolia* y *Lonchocarpus rugosus* para el predio. Se debe destacar que las especies que se registraron en el predio comparten gran similitud con las reportadas para el SA en los tres estratos (arbóreo, arbustivo y herbáceo), así mismo, se observó que el estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo en el SA presentan una mejor conformación y dispersión que los estratos registrados para el predio, esto es debido quizás a que el predio del proyecto se encuentra rodeado de desarrollos habitacionales que pudiesen alterar de alguna manera la flora existente en el mismo, de ahí que los valores de diversidad reportados sean menores para el predio que para el SA.

#### » Fauna silvestre:

Haciendo un análisis comparativo entre los valores de diversidad obtenidos entre el predio testigo y la superficie de cambio de uso de suelo (ver capítulos 4 y 5), y tomando en consideración el primer atributo de la biodiversidad, la composición, obtenemos que la fauna a nivel del sistema ambiental presenta una diversidad ligeramente mayor a la que presenta la superficie de CUSTF, conforme a la siguiente tabla:

SISTEMA AMBIENTAL	SUPERFICIE DE CUSTF
ÍNDICE DE DIVERSIDAD	ÍNDICE DE DIVERSIDAD
3.41	1.87

Lo antes mencionado es considerando todos los grupos faunísticos presentes, así como los valores de abundancia absoluta y relativa de todas las especies encontradas en ambos sistemas, ya que la composición incluye qué especies están presentes y cuántas hay. No obstante lo anterior, es importante aclarar que la diferencia obtenida no se considera considerable, toda vez que es de 1.54 bits/individuo, es decir, apenas rebasa una unidad, lo que indica que ambos sistemas presentan igualdad de condiciones en lo que concierne a la composición de especies mediante el índice de diversidad de Shannon- Wiener.

Así mismo, podemos observar que el grupo más abundante o mejor representado son las aves, ya que se encuentra compuesta por 31 especies en la superficie de CUSTF, y por 7 especies en el SA; lo que nos indica que se trata del grupo predominante. Esto puede apreciarse en el siguiente cuadro.

Por otra parte, haciendo un análisis comparativo por cada grupo faunístico entre ambos sistemas, obtenemos lo siguiente:

SISTEMA AMBIENTAL		SUPERFICIE DE CUSTF	
ESTRATO	ÍNDICE DE DIVERSIDAD	ÍNDICE DE DIVERSIDAD	ESTRATOS
AVES	4.60	2.44	AVES
REPTILES	2.72	1.68	REPTILES
MAMÍFEROS	2.92	1.49	MAMÍFEROS

Según los datos presentados en la tabla anterior, podemos observar que los valores de diversidad obtenidos mediante la aplicación del índice de Shannon-Wiener, difieren entre ambos sistemas.

Considerando los resultados obtenidos en todos los grupos faunísticos presentes en la superficie de CUSTF y en aquellos presentes en el predio testigo del sistema ambiental; se puede concluir que en ambos casos no se presenta una diversidad de fauna similar en ninguno de los grupos; pues en ambos casos el valor se considera normal o moderado; por lo tanto, dichos valores nos indican que la fauna asociada a las dos comunidades es heterogénea, indicando un equilibrio en los nichos ecológicos que juegan dentro del ecosistema.

También se puede concluir que se presenta una diversidad de reptiles y mamífero similar entre ambos sistemas, ya que los valores obtenidos difieren en 1.04 y 1.43 bits/ind respectivamente.

Cabe aclarar que no se observaron ejemplares de anfibios en el predio del proyecto.

Considerando los datos presentados en los párrafos que anteceden, podemos asumir que la fauna en el sistema ambiental es más importante que aquella que se encuentra presente dentro de la superficie de aprovechamiento, puesto que dos de los grupos indicadores del buen estado de salud de los ecosistemas siendo estos, las aves son más diversos en ambos sistemas.

Finalmente, es importante señalar que en el sistema ambiental alberga una riqueza faunística considerable, ya que se estima en 566 especies, siendo el grupo de las aves el que presenta el mayor número con el 71% del total de las especies. Asimismo, es sobresaliente que 123 especies (21%) se encuentran incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo alguna categoría de riesgo, trece de las cuales son consideradas endémicas para la Península de Yucatán (Servicios ambientales y Jurídicos, S. C., 2011)<sup>13</sup>; mientras que en la superficie de aprovechamiento sólo se tuvo el registro de 15 especies de vertebrados (el 2.6% de las especies posibles), de las cuales una se encuentra dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010; y en ese sentido podemos afirmar que la implementación del cambio de uso de suelo propuesto, no pone en riesgo la biodiversidad dentro del sistema ambiental o área de influencia del proyecto.

Finalmente podemos mencionar la existencia de dos especies exóticas en el predio del proyecto: *Mus musculus* (ratón casero) y *Canis lupus familiaris* (perro común). Con este dato podemos afirmar categóricamente que el hecho de que dos especies exóticas sean parte del ecosistema dentro del predio del proyecto, significa que este se encuentra impactado e influenciado por la mancha urbana que lo circunda, por lo que sus cadenas tróficas y nichos ecológicos se encuentran alterados.

## **XII.1.2. No se provocará la erosión de los suelos**

### **XII.1.2.1. Estimación de la pérdida actual de suelo a nivel del pedio**

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).

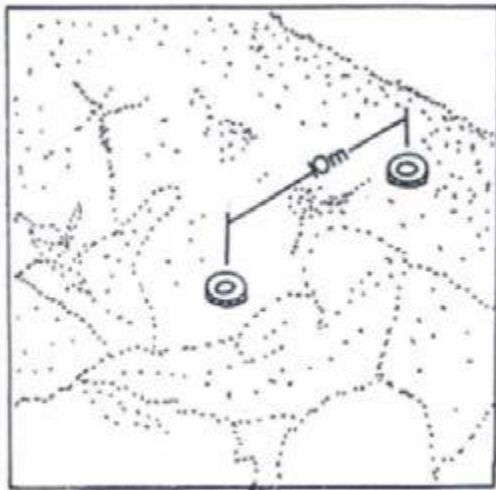


Figura 1.- Colocación de las rondanas

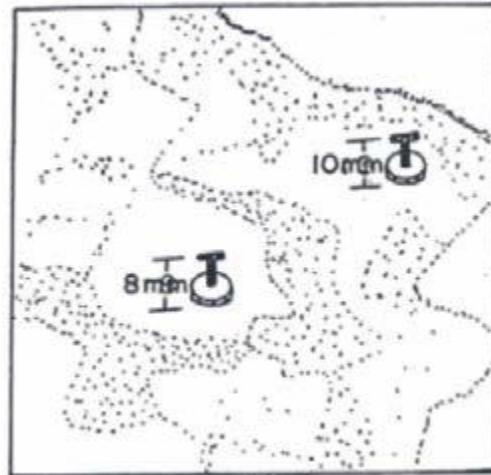


Figura 2.- Medición de lámina pérdida

### XII.1.2.2. Materiales y equipo utilizado en el muestreo

Para poder "leer" los cambios en el nivel de la superficie del suelo con mayor precisión, se utilizaron clavos estándar de 5 pulgadas, y rondanas planas de acero inoxidable de 2 pulgadas (figuras 1 y 2).



Fig. 1.- Clavos



Fig. 2.- Rondanas

Para ubicar los puntos de muestreo se utilizó un GPS de la marca Garmin calibrado en coordenadas UTM, referidas al Datum WGS84 y a la Zona 16Q Norte. Por otro lado, se utilizó cinta métrica graduada en milímetros para medir los cortes en el terreno; y una cámara fotográfica para el registro de las actividades en campo.

Así mismo, 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 (figuras 3).

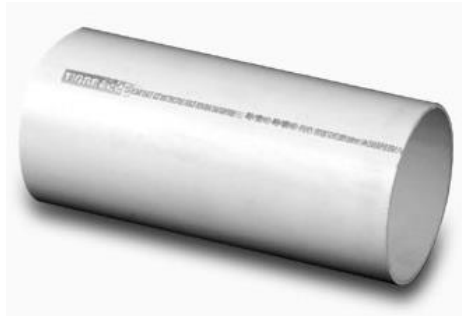


Fig. 3.- Tubo de PVC

#### **XII.1.2.3. Diseño del muestreo**

Para la aplicación del método propuesto se llevó a cabo un muestreo por parcelas, utilizando los sitios de muestreo del inventario forestal utilizado para el estudio del estrato arbustivo, muestreando una parcela por sitio del inventario, lo que nos dio un total de 10 parcelas de muestreo para el suelo en estudio.

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, en un período de 5 días y al sexto día, se llevó a cabo la toma de datos en campo.

#### **XII.1.2.4. Registro de datos en campo**

Durante los días de muestreo, se midió el corte del terreno por la pérdida del suelo mediante la cinta milimétrica, asimismo, con la ayuda del tubo de PVC se recogieron muestras del suelo ( $81 \text{ cm}^3$  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 °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.

Cabe aclarar que el presente método debe ser considerado como una práctica experimental de corto plazo, con la única finalidad de tratar de obtener una estimación cercana a la realidad, pero sin que la misma sea determinante para los análisis presentados en el presente capítulo, ya que como es sabido este tipo de estudios se realizan con periodos de tiempo prolongados obteniéndose una variedad de valores que ayudan a indicar los factores de erosión y acumulación del suelo, además de que dichos estudios contemplan las diferentes estaciones del año o temporadas (nortes, secas y lluvias) como es el caso para el estado de Quintan Roo, no obstante, en el presente capítulo y en posteriores dentro del DTU-A, se presenta la estimación de la erosión a través de la aplicación de la fórmula general de pérdida de suelos, por lo tanto, la siguiente información deberá ser tomada en cuenta más que como complemento a las estimaciones de dicha fórmula general de erosión.

#### **XII.1.2.5. Pérdida y deposición de suelo y Densidad aparente**

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”.

Para 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 cilindros o tubos de PVC.

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 24 hs). La densidad aparente ( $\text{kg/m}^3$ ) se determinó con base en la siguiente fórmula:

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

Donde:

**A**= peso seco del suelo

**B**= tara del cilindro (10 gr)

**V**= volumen de la muestra

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de la densidad aparente, para cada muestra obtenida en los sitios de muestreo.

REGISTRO DE PÉRDIDA Y DEPOSICIÓN DE SUELO Y DENSIDAD APARENTE					
SITIO/MUESTRA	PÉRDIDA (mm)	DEPOSICIÓN (mm)	PESO SECO (gr)	TARA DEL CILINDRO (gr)	VOL. DE SUELO (cm <sup>3</sup> )
1	0	0	590	10	81
2	0	1	487	10	81
3	-1	0	555	10	81
4	0	1	463	10	81
5	0	0	530	10	81
6	0	0	606	10	81
7	-1	0	505	10	81
8	0	0	585	10	81
9	-1	1	562	10	81
10	0	1	587	10	81
<b>Acumulación (Σ)</b>	<b>-3 mm</b>	<b>4 mm</b>	<b>5,470 gr</b>	<b>100 gr</b>	<b>810 cm<sup>3</sup></b>
<b>Acumulación (Σ)</b>	<b>-0.30 mm</b>	<b>0.40 mm</b>	<b>5.47 kg</b>	<b>0.10 kg</b>	<b>0.81 m<sup>3</sup></b>

$$\text{Densidad aparente} = (5.47 \text{ kg} - 0.10 \text{ kg}) / 0.81 \text{ m}^3$$

$$\text{Densidad aparente} = 6.63 \text{ kg/m}^3$$

Los resultados obtenidos expresados en gramos por centímetro cúbico, fueron transformados a toneladas por metro cúbico (Ton/m<sup>3</sup>), lo que nos arroja un resultado de 0.00663 Ton/m<sup>3</sup> para la unidad edáfica.

#### XII.1.2.6. Cuantificación de pérdidas

**a) Tasa media de erosión.** Para la cuantificación de la tasa de erosión a nivel del predio, aplicando el método de clavos y rondanas, se utilizó la siguiente fórmula (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 se obtuvieron los siguientes resultados:

$$X = Y * Da * 10$$

$$P = 0.30 * 0.00663 * 10$$

$$P = 0.01989 \text{ Ton/ha/año}$$

**b) Tasa media de deposición.** Para la cuantificación de la tasa de 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, quedando de la siguiente manera:

$$X = Y * Da * 10$$

$$P = 0.40 * 0.00663 * 10$$

$$P = 0.02652 \text{ Ton/ha/año}$$

**c) 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 se obtuvieron los siguientes resultados:

$$En = 0.01989 \text{ Ton/ha/año} - 0.02652 \text{ Ton/ha/año}$$

$$En = -0.00663 \text{ Ton/ha/año}$$

De acuerdo con el resultado anterior, tenemos una erosión neta para el predio del proyecto de **-0.00663 Ton/ha/año**; lo que significa que anualmente se repone (el resultado fue negativo y a favor de la deposición de suelo) una lámina de suelo de **0.000663 mm**, si consideramos que 1 mm de suelo es igual a 10 ton/ha de suelo (Martínez, M., 2005); y en ese sentido podemos concluir que en la superficie de CUSTF no existe erosión, pues la tasa media de deposición del suelo es superior a la tasa media de erosión.

Considerando lo señalado en el párrafo que antecede, podemos concluir categóricamente que dadas las condiciones en las que se encuentra actualmente el predio del proyecto, no

existen tierras frágiles, pues no presentan evidencias de degradación o pérdida de su capacidad productiva natural, al contrario, existe una deposición anual de **0.000663 mm** de suelo.

#### XII.1.2.7. ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA DEL SUELO CON EL CUSTF

Para la estimación de la pérdida de suelo que ocurriría en la superficie de cambio de uso de suelo propuesta con el desarrollo del proyecto, 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:

**Ep** = Erosión potencial del suelo (t/ha/año).

**R** = Erosividad de la lluvia (Mj/ha mm/hr).

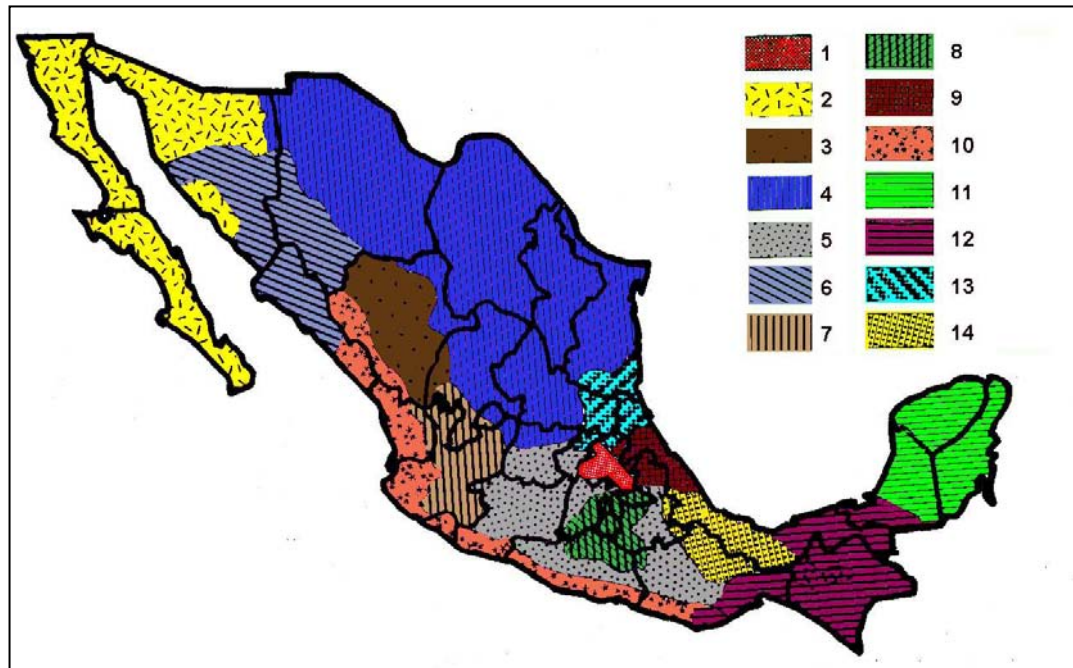
**K** = Erosionabilidad del suelo.

**LS** = Longitud y Grado de pendiente.

La metodología simplificada y adecuada para utilizarse dicha ecuación en nuestro país, también se puede encontrar en Martínez, M. (2005), como se describe a continuación:

**a) La erosividad (R)** se puede estimar utilizando la precipitación media anual de la región bajo estudio.

Se selecciona la región bajo estudio en el mapa de la República donde existen 14 regiones (Figura 1). 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** (Cuadro 1).



**Cuadro 1. Ecuaciones para estimar la Erosividad de la lluvia (R) en las diferentes regiones del país .**

Región	Ecuación	R <sup>2</sup>
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	$R = 2.8559P + 0.002983P^2$	0.92
V	$R = 3.4880P - 0.00088P^2$	0.94
VI	$R = 6.6847P + 0.001680P^2$	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	$R = 10.7427P - 0.00108P^2$	0.97
XIV	$R = 1.5005P + 0.002640P^2$	0.95

De acuerdo con los datos de la figura 1 y el cuadro 1, se tiene que el predio del proyecto se ubica dentro de la Región XI y por lo tanto, le aplica la ecuación:  $R = 3.7745P + 0.004540P^2$ . Así mismo, considerando que la precipitación media anual de la zona en la que se ubica el predio, y por ende la superficie de cambio de uso de suelo es de 1,500 mm, sustituyendo estos valores en la ecuación obtenemos los siguientes resultados:

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

$$R = 3.7745 (1,500) + 0.004540 (1,500)^2$$

$$R = 5,661.75 + 0.004540 (2,250,000.00)$$

$$R = 5,661.75 + 10,215.00$$

$$R = 15,876.75 \text{ Mj/ha mm/hr}$$

**b) Erosionabilidad (K).** La susceptibilidad de los suelos a erosionarse depende de:

- Tamaño de las partículas del suelo
- Contenido de materia orgánica.
- Estructura del suelo.
- Permeabilidad.

Con datos de la textura de los suelos y contenido de materia orgánica, se estima el valor de erosionabilidad (K) (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Erosionabilidad de los suelos (K) en función de la textura y el contenido de materia orgánica**

Textura	% de materia orgánica		
	0.0 – 0.5	0.5 - 2.0	2.0 – 4.0
Arena	0.005	0.003	0.002
Arena fina	0.016	0.014	0.010
Arena muy fina	0.042	0.036	0.028
Arena 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	0.013 - .029		

Mediante el análisis de la carta edafológica escala 1 a 250,000 del 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 se encuentra dentro de la siguiente unidad edafológica (ver capítulo 5):





En cuanto a la materia orgánica en los suelos predominantes, tenemos que la **Rendzina** es predominante por ser la unidad edáfica primaria, y son ricos en materia orgánica (de 2.0 a 4.0%); mientras que el **Litosol** se presenta como suelo secundario, pero también es rico en materia orgánica (de 2.0 a 4.0%).

Entonces tenemos que el suelo presente en la superficie de cambio de uso de suelo es de textura migajón arcilloso y el contenido de materia orgánica de más del 2.0%, por lo tanto el valor de K sería 0.021 de acuerdo con los datos del cuadro 2 presentado anteriormente.

### c) Longitud y Grado de pendiente (LS)

La pendiente se estima como:

$$S = \frac{H_a - H_b}{L}$$

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).

De acuerdo con el levantamiento topográfico realizado en la superficie de cambio de uso de suelo:

La altura de la parte alta del terreno es de 9.6 msnm;

La altura de la parte baja del terreno es de 7 y

La longitud del terreno analizada de 475 m (equivalente al largo aproximado del predio).

Entonces la pendiente sería de:

$$S = 9.6 - 7 / 475$$

$$S = 2.6 / 475$$

$$S = 0.00547 (100)$$

$$S = 0.55 \%$$

Al conocer la pendiente y la longitud de la pendiente, entonces el factor **LS** se calcula como:

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

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.

De acuerdo con los resultados obtenidos, y sustituyendo los valores en la fórmula tenemos:

Longitud de la pendiente = 475 m

Pendiente media del terreno = 0.55%

Valor constante de "m" = 0.5

LS se calcula como:

$$LS = (475)^{0.5} [0.0138 + 0.00965 (0.55) + 0.00138 (0.55)^2]$$

$$LS = (21.79) (0.0138 + 0.00528 + 0.00138 (0.30))$$

$$LS = (21.79) (0.0138 + 0.00528 + 0.000413)$$

$$LS = (21.79) (0.01950)$$

$$LS = 0.42$$

d) Finalmente calculamos la **Erosión Potencial** como:

$$Ep = R * K * LS$$

$$E = (15,876.75) (0.021) (0.42)$$

$$E = 141.67 \text{ t/ha/año}$$

La erosión potencial calculada nos indica que se perderían 141.67 t/ha/año en la superficie de cambio de uso de suelo con la eliminación de la vegetación, pero sin medidas preventivas, de mitigación o de conservación de suelos; lo que significa que anualmente se perdería una lámina de suelo de 14.17 mm (1.42 cm), si consideramos que 1 mm de suelo es igual a 10 ton/ha de suelo (Martínez, M., 2005).

Entonces tenemos que si la capa de suelo que se estima existe en la superficie de CUSTF, es de 10 cm, podemos afirmar que el suelo se perdería por procesos erosivos en su totalidad, en un plazo de 7.1 años, si consideramos que se estima una pérdida de 1.42 cm anuales (según los resultados obtenidos del cálculo de erosión potencial), lo cual se

considera un plazo bastante extenso y que nos indica que la superficie de CUSTF no posee tierras frágiles; sumado a que la regeneración natural del ecosistema a nivel del sotobosque ocurriría en un plazo estimado de 1 a 2 años, por lo tanto, se considera corto el tiempo que transcurriría para que se restablezca nuevamente el factor de protección del suelo que ha sido eliminado hipotéticamente, es decir, la cobertura vegetal.

Estimación de la Erosión Actual.- Para estimar la erosión actual, es necesario determinar la protección del suelo que le ofrece la cubierta vegetal para reducir la erosión; de tal forma que, si al resultado de la ecuación de Erosión potencial 141.67 toneladas/hectárea/año le incluimos el factor C (factor de protección de la vegetación), que para el caso de la Selva Mediana Subperennifolia que se desarrolla en el predio es de 0.001, entonces se puede estimar la erosión actual utilizando la ecuación.

$$E = (15,876.75) (0.021) (0.42) (0.001)$$
$$E = 0.142 \text{ t/ha año}$$

Esto indica que la erosión es muy baja e inferior a la erosión máxima permisible que en algunas regiones de México es de 10 ton/ha año. En base a este parámetro se puede justificar que en el predio no existe erosión potencial por llevarse a cabo el proyecto denominado "Bali II".

En conclusión, podemos determinar que las tierras donde se realizará el proyecto no están catalogadas como zonas frágiles, aun cuando se pretende eliminar la vegetación, pues no existe degradación hídrica o eólica y no presenta pendientes, ni condiciones climáticas extremas (precipitación escasa y variable, temperaturas elevadas o muy bajas), y sus suelos son altamente permeables, pues se ubican en una zona con posibilidades altas de funcionar como acuíferos, tal como puede observarse en el plano de la página siguiente, basado en la carta de hidrología subterránea del INEGI (escala 1:250000).

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

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

Considerando los cálculos realizados, podemos concluir que, en la superficie de cambio de uso de suelo con el proyecto, se captaría un volumen de 145,460.62 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales, y se perderían 51,551.51 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales por escurrimiento dentro de la superficie de CUSTF. Por el contrario, Considerando los cálculos realizados en los apartados anteriores, podemos concluir que actualmente en la superficie del predio del proyecto se capta un volumen de

166,071.44 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales, y se pierden 58,856.02 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales por escurrimiento. No obstante lo anterior, la pérdida apenas representa el 31.04 % del volumen total que se captura al año; por 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 menores a entre 35 y 100 m<sup>3</sup>/ha son bosques con entre el 25 y 50 % de cobertura (Torres y Guevara, 2002), suponiendo que en la superficie de CUSTF el volumen es de 997.98 m<sup>3</sup> en 13.13 hectáreas, lo que significa que habría un volumen forestal de 119,890,148.7 m<sup>3</sup> en 120,132.817 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 1,500 mm en promedio, y el valor de **K** es de 0.28, 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 está entre 35 y 100 m<sup>3</sup>/ha son (cobertura con entre el 25 y 50 %).

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:

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

$$C_e = (0.28) (1,500 - 250) / 2000 + (0.28-0.15) / 1.5$$

$$C_e = (0.28) (1,250 / 2000) + (0.13 / 1.5)$$

$$C_e = (0.28) (0.625) + 0.08667$$

$$C_e = 0.175 + 0.08667$$

$$C_e = 0.26167$$

Entonces tenemos que el coeficiente de escurrimiento (**Ce**) en la microcuenca es de 0.26167.

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:

$$\mathbf{Ve = P * At * Ce}$$

Donde:

**Ve** = 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 1,500 mm de precipitación media anual, equivalen a 1,500 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 1,500 litros equivalen a 1.5 m<sup>3</sup> de agua.

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

$$\begin{aligned}\mathbf{Ve} &= \mathbf{P * At * Ce} \\ \mathbf{Ve} &= 1.5 \text{ m}^3 * 131,341.42 \text{ m}^2 * 0.26167 \\ \mathbf{Ve} &= 51,551.51 \text{ m}^3/\text{m}^2\end{aligned}$$

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:

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

$$\begin{aligned}
 I &= (1.5 \text{ m}^3) (131,341.42 \text{ m}^2) - 51,551.51 \text{ m}^3/\text{m}^2 \\
 I &= 197,012.13 \text{ m}^3/\text{m}^2 - 51,551.51 \text{ m}^3/\text{m}^2 \\
 I &= 145,460.62 \text{ m}^3/\text{m}^2
 \end{aligned}$$

A continuación, se realizan los mismos cálculos del escurrimiento medio anual y el volumen de infiltración, pero para la superficie del predio del proyecto sin el CUSTF.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{Ve} &= \mathbf{P * At * Ce} \\
 \mathbf{Ve} &= 1.5 \text{ m}^3 * 149,951.64 \text{ m}^2 * 0.26167 \\
 \mathbf{Ve} &= 58,856.02 \text{ m}^3/\text{m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{I} &= \mathbf{P - Ve} \\
 I &= (1.5 \text{ m}^3) (149,951.64 \text{ m}^2) - 58,856.02 \text{ m}^3/\text{m}^2 \\
 I &= 224,927.46 \text{ m}^3/\text{m}^2 - 58,856.02 \text{ m}^3/\text{m}^2 \\
 I &= 166,071.44 \text{ m}^3/\text{m}^2
 \end{aligned}$$

A continuación, se realizan los mismos cálculos del escurrimiento medio anual y el volumen de infiltración, pero para el SA.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{Ve} &= \mathbf{P * At * Ce} \\
 \mathbf{Ve} &= 1.5 \text{ m}^3 * 1,201,328,170.00 \text{ m}^2 * 0.26167 \\
 \mathbf{Ve} &= 471,521,306.73 \text{ m}^3/\text{m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{I} &= \mathbf{P - Ve} \\
 I &= (1.5 \text{ m}^3) (1,201,328,170.00 \text{ m}^2) - 471,521,306.73 \text{ m}^3/\text{m}^2 \\
 I &= 1,801,992,255.00 \text{ m}^3/\text{m}^2 - 471,521,306.73 \text{ m}^3/\text{m}^2 \\
 I &= 1,330,470,948.28 \text{ m}^3/\text{m}^2
 \end{aligned}$$

Considerando los cálculos realizados en los apartados anteriores, podemos concluir que actualmente en la microcuenca se capta un volumen de 1,330,470,948.28 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales, y se pierden 471,521,306.73 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 (51,551.51 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales), apenas representan el 0.00387% del volumen total de agua captado en la microcuenca (1,330,470,948.28 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales).

### XII.1.3.2. En calidad

La infiltración es el proceso por el cual el agua penetra en el suelo a través de la superficie de la tierra. La capacidad de infiltración de un suelo es la cantidad de lluvia que puede absorber en unidad de tiempo, por lo que ésta dependerá de la intensidad de la lluvia, tipo de suelo, uso del suelo, cubierta vegetal y humedad inicial.

Considerando los cálculos realizados, podemos concluir que, en la superficie de cambio de uso de suelo con el proyecto, se captaría un volumen de 145,460.62 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales, y se perderían 51,551.51 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales por escurrimiento dentro de la superficie de CUSTF. Por el contrario, Considerando los cálculos realizados en los apartados anteriores, podemos concluir que actualmente en la superficie del predio del proyecto se capta un volumen de 166,071.44 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales, y se pierden 58,856.02 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales por escurrimiento. No obstante lo anterior, la pérdida apenas representa el 31.04 % del volumen total que se captura al año; cabe señalar que la captación de agua dentro del predio no se verá disminuida, ya que se propone una superficie de 32,525.05 m<sup>2</sup> que equivale al 21.69 % del total del predio como conservación, asimismo, dentro de la superficie destinada para cambio de uso de suelo, se propone mantener áreas jardinadas, áreas jardinadas condominales y áreas de donación, mismas superficies que serán reforestadas con vegetación nativa y que se mantendrán como superficies permeables, por lo tanto, se mantendrá una superficie de 64,126.56 m<sup>2</sup> que equivale al 42.76 % de la totalidad del terreno que seguirá llevando a cabo las funciones de captación de agua hacia al manto freático.

Respecto a la calidad del agua se ha de señalar que durante el proceso de cambio de uso de suelo para el proyecto, se realizarán distintas actividades que ayudaran a evitar que se pudiera causar el deterioro de la calidad de la misma, en referencia a lo señalado en el capítulo X del apartado de las medidas de prevención y mitigación, se tendrá especial cuidado en evitar la contaminación de las aguas subterráneas que se pudiera causar a través de aguas residuales generadas por los trabajadores de obra para lo cual se establecerán baños portátiles mismos que serán limpiados periódicamente por la empresa arrendadora, instalación de contenedores para el acopio de residuos sólidos, así como el mantenimiento de los equipos y vehículos para evitar fugas de aceite, asimismo el agua utilizada durante el proceso se adquirirá a través de pipas. Con todas estas medidas el proyecto garantiza evitar la contaminación del agua. La información generada permite concluir que la ejecución del proyecto no comprometerá la calidad y cantidad del agua con respecto al predio y del sistema ambiental.



El subsuelo de la Península de Yucatán está conformado por roca calcárea; es decir, porosa, lo que lo hace sumamente permeable; asimismo, la zona carece de cuerpos de agua superficiales, pues la mayoría corre de forma subterránea entrelazándose a manera de intrincadas redes de ríos localizados a niveles de poca profundidad. Por lo que la presencia de una cubierta vegetal le sirve como receptor y purificador del agua proveniente de la lluvia misma que es conducida hacia el subsuelo; a nivel local la demanda de agua de la ciudad de Cancún crece de manera exponencial, lo que confirma la relevancia en este servicio que muchas veces pasa inadvertido.

De acuerdo a la CONABIO, la hidrología de la península es del cretácico medio e inferior, terciario, con rocas sedimentarias marinas predominantemente calcáreas (calizas y areniscas), con alta permeabilidad.

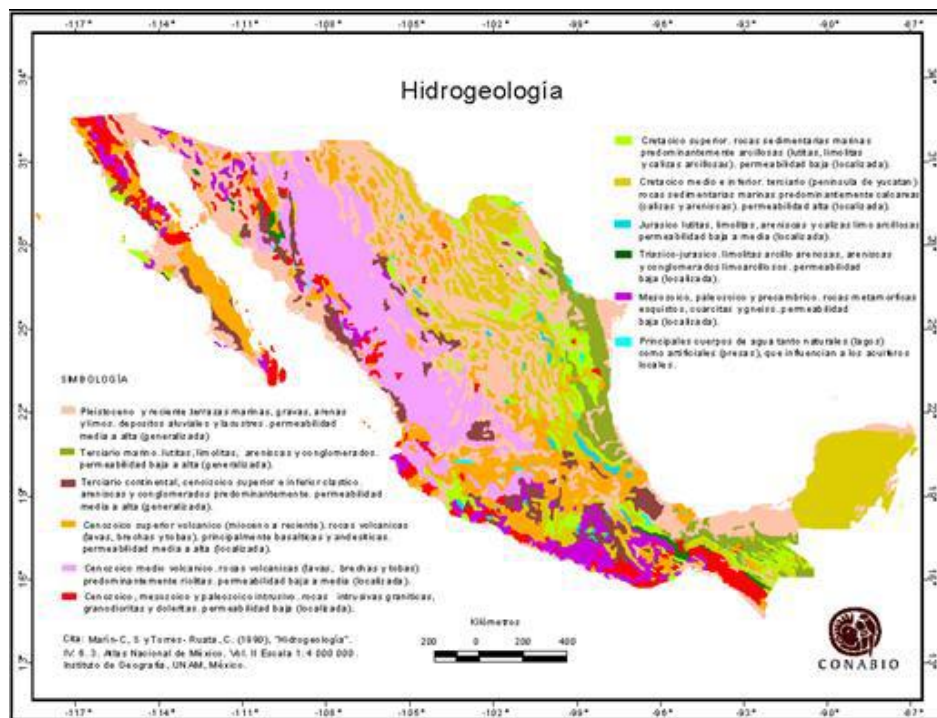


Figura 2.- Plano de hidrología

Por otra parte, y de acuerdo a las referencias bibliográficas los suelos originales Litosol y Rendzina y presentaban las características siguientes:

Suelos de tipo Litosol (I). Son suelos muy someros y con un espesor de 0 a 10 cm, limitados por un estrato duro, continuo y coherente. Presentan una estructura granular fina y bien desarrollada, la textura es arcillosa y son de color pardo oscuro. Tienen un contenido de materia orgánica relativamente alto. Debido a la escasa profundidad de estos suelos se

recomienda, que no se lleven a cabo prácticas agrícolas en ellos, por lo cual se deberá mantener la cubierta vegetal natural que en ellos se desarrolla.

Para este tipo de suelo y de acuerdo con la información que refiere en INEGI (1984), se encuentra un punto de verificación ubicado en la periferia de la ciudad para el cual se reportan el siguiente análisis de campo. La profundidad del suelo es de 10 cm, misma que se ve limitada por la roca madre; tienen una textura fina; con una reacción muy débil ante el HCl/NaF; la forma es de bloques subangulares; el tamaño es medio; y, el desarrollo moderado.

La Comisión Nacional del Agua, en sus “Estadísticas del Agua en México. Edición 2010”, indica que las aguas de la región Península de Yucatán tienen los siguientes atributos:

Considerar que en los estados de la Península de Yucatán se cuenta con 7,442 m<sup>3</sup>/hab/año de “agua renovable” en tanto que a nivel nacional la media es de 4,288 m<sup>3</sup>/hab/año y de ocupar el primer lugar a nivel nacional en la recarga de acuíferos (entre los tres estados) al contabilizar un total de 25,316 Hm<sup>3</sup>/año, parámetros que indican la cantidad de agua disponible para la región.

No	Región Hidrológica Administrativa	Agua renovable (hm <sup>3</sup> /año)	Población a diciembre de 2008 Mill. hab	Agua renovable per cápita 2008 (m <sup>3</sup> /hab/año)	Escorrentía natural medio superficial total <sup>a</sup> (hm <sup>3</sup> /año)	Recarga media total de acuíferos (hm <sup>3</sup> /año)
I	Península de Baja California	4 626	3.68	1 257	3 367	1 259
II	Noroeste	8 323	2.59	3 208	5 074	3 250
III	Pacífico Norte	25 627	3.96	6 471	22 364	3 263
IV	Balsas	21 680	10.58	2 049	17 057	4 623
V	Pacífico Sur	32 794	4.12	7 955	30 800	1 994
VI	Río Bravo	11 937	10.84	1 101	6 857	5 080
VII	Cuencas Centrales del Norte	7 884	4.15	1 898	5 506	2 378
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	34 160	20.80	1 642	26 431	7 728
IX	Golfo Norte	25 543	4.96	5 155	24 227	1 316
X	Golfo Centro	95 866	9.62	9 969	91 606	4 260
XI	Frontera Sur	157 754	6.56	24 043	139 739	18 015
XII	Península de Yucatán	29 645	3.98	7 442	4 329	25 316
XIII	Aguas del Valle de México	3 514	21.26	165	1 174 <sup>b</sup>	2 340
<b>TOTAL NACIONAL</b>		<b>459 351</b>	<b>107.12</b>	<b>4 288</b>	<b>378 530</b>	<b>80 822</b>

Tabla 1.- Regiones Hidrológicas Administrativas.

Los recursos de agua renovable de una región o país se refieren a la cantidad de agua máxima que es factible explotar anualmente, es decir, la cantidad de agua que es renovada por la lluvia y por el agua proveniente de otras regiones o países (importaciones).

El agua renovable se calcula como el escurrimiento natural medio superficial interno anual, más la recarga total anual de los acuíferos, más las importaciones de agua de otras regiones o países, menos las exportaciones de agua a otras regiones o países. En el caso de México, para el escurrimiento natural medio superficial interno anual y la recarga de los acuíferos se utilizan los valores medios determinados a partir de los estudios que se hayan hecho en la región.

La cantidad de agua renovable anual dividida por el número de habitantes en la región o país da como resultado el agua renovable per cápita. Se considera que un país o región vive en estado de estrés hídrico si su agua renovable es de 1,700 m<sup>3</sup>/hab/año o menos (FUENTE: Gleick, P. The World's Water 2002-2003. The biennial report on fresh water resources 2002-2003. 2002 citado por CNA, 2010).

Para el caso de los acuíferos de la Región Península de Yucatán la CNA (2010) establece que existen 4 grandes acuíferos de los cuales ninguno está sobreexplotado y uno de ellos tiene aguas subterráneas salobres (corresponde al acuífero de Xpujil, en Campeche).

Región Hidrológico-Administrativa	Número de acuíferos				Recarga media (hm <sup>3</sup> )
	Total	Sobreexplotado	Con intrusión marina	Bajo el fenómeno de salinización de suelos y aguas subterráneas salobres	
I Península de Baja California	87	8	9	5	1 258.9
II Noroeste	63	13	5	0	3 249.5
III Pacífico Norte	24	2	0	0	3 263.0
IV Balsas	46	2	0	0	4 623.2
V Pacífico Sur	35	0	0	0	1 994.1
VI Río Bravo	100	14	0	7	5 079.9
VII Cuencas Centrales del Norte	68	24	0	19	2 377.7
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	127	32	0	0	7 728.4
IX Golfo Norte	40	2	0	0	1 316.4
X Golfo Centro	22	0	2	0	4 259.8
XI Frontera Sur	23	0	0	0	18 015.2
XII Península de Yucatán	4	0	0	1	25 315.7
XIII Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala	14	4	0	0	2 339.8
<b>TOTAL</b>	<b>653</b>	<b>101</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>80 821.6</b>

Tabla 2.- Acuíferos en las Regiones Hidrológicas Administrativas.

En la figura se identifican los acuíferos sobreexplotados y los acuíferos con intrusión salina o con aguas salobres.

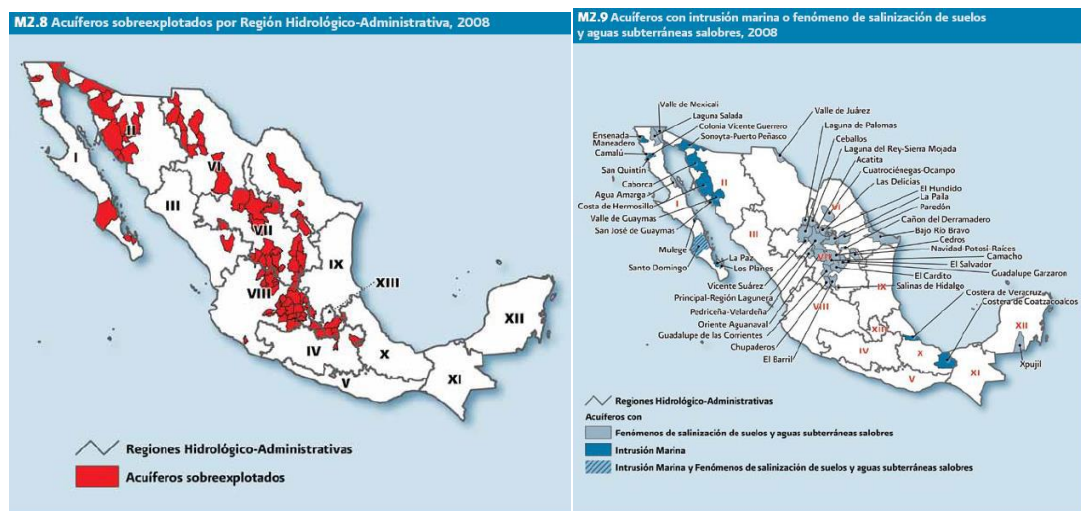


Figura 3.- Acuíferos sobreexplotados y acuíferos con problemas de aguas salobres o intrusión salina (CONAGUA, 2010)

Finalmente en el tema de la calidad del agua, la misma CONAGUA reporta que las aguas de la Península de Yucatán, tienen altos niveles de calidad y que cumplen con la mayoría de los estándares requeridos por las Normas Oficiales aplicables en este tema.

La evaluación de la calidad del agua se lleva a cabo utilizando tres indicadores: la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO5), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST). La DBO5 y la DQO se utilizan para determinar la cantidad de materia orgánica presente en los cuerpos de agua provenientes principalmente de las descargas de aguas residuales de origen municipal y no municipal.

La primera determina la cantidad de materia orgánica biodegradable y la segunda mide la cantidad total de materia orgánica. El incremento de la concentración de estos parámetros incide en la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua con la consecuente afectación a los ecosistemas acuáticos. Por otro lado, el aumento de la DQO indica presencia de sustancias provenientes de descargas no municipales.

Los SST tienen su origen en las aguas residuales y la erosión del suelo. El incremento de los niveles de SST hace que un cuerpo de agua pierda la capacidad de soportar la diversidad de la vida acuática. Estos parámetros permiten reconocer gradientes que van desde una condición relativamente natural o sin influencia de la actividad humana hasta agua que muestra indicios o aportaciones importantes de descargas de aguas residuales municipales y no municipales, así como áreas con deforestación severa.

Para medir la calidad del agua se indican los estándares previstos en los monitoreos realizados por la CONAGUA en el cuadro siguiente.

T2.17 Escalas de clasificación de la calidad del agua		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )		
Criterio (mg/l)	Clasificación	Color
DBO <sub>5</sub> ≤ 3	<b>EXCELENTE.</b> No contaminada.	<b>AZUL</b>
3 < DBO <sub>5</sub> ≤ 6	<b>BUENA CALIDAD.</b> Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable.	<b>VERDE</b>
6 < DBO <sub>5</sub> ≤ 30	<b>ACEPTABLE.</b> Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.	<b>AMARILLO</b>
30 < DBO <sub>5</sub> ≤ 120	<b>CONTAMINADA.</b> Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.	<b>NARANJA</b>
DBO <sub>5</sub> > 120	<b>FUERTEMENTE CONTAMINADA.</b> Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.	<b>ROJO</b>
Demanda Química de Oxígeno (DQO)		
DQO ≤ 10	<b>EXCELENTE.</b> No contaminada.	<b>AZUL</b>
10 < DQO ≤ 20	<b>BUENA CALIDAD.</b> Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable.	<b>VERDE</b>
20 < DQO ≤ 40	<b>ACEPTABLE.</b> Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.	<b>AMARILLO</b>
40 < DQO ≤ 200	<b>CONTAMINADA.</b> Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.	<b>NARANJA</b>
DQO > 200	<b>FUERTEMENTE CONTAMINADA.</b> Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.	<b>ROJO</b>
Sólidos Suspendedos Totales (SST)		
SST ≤ 25	<b>EXCELENTE.</b> Clase de excepción, muy buena calidad.	<b>AZUL</b>
25 < SST ≤ 75	<b>BUENA CALIDAD.</b> Aguas superficiales con bajo contenido de sólidos suspendidos, generalmente condiciones naturales. Favorece la conservación de comunidades acuáticas y el riego agrícola irrestricto.	<b>VERDE</b>
75 < SST ≤ 150	<b>ACEPTABLE.</b> Aguas superficiales con indicio de contaminación. Con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente. Condición regular para peces. Riego agrícola restringido.	<b>AMARILLO</b>
150 < SST ≤ 400	<b>CONTAMINADA.</b> Aguas superficiales de mala calidad con descargas de aguas residuales crudas. Agua con alto contenido de material suspendido.	<b>NARANJA</b>
SST > 400	<b>FUERTEMENTE CONTAMINADA.</b> Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales con alta carga contaminante. Mala condición para peces.	<b>ROJO</b>

Tabla 3.- Clasificación de la calidad del agua

Los resultados emitidos por la CONAGUA 2010 en base a los muestreos realizados para los principales parámetros utilizados en la calidad del agua se muestran en el cuadro siguiente, en el que se destaca que las aguas muestreadas para la Península de Yucatán, y en particular para la zona sur del estado de Quintana Roo (puesto que es en esta zona donde se llevaron a cabo los muestreos), la calidad del agua está dentro del rango de excelente o de buena calidad para los tres parámetros en comento.

**T2.19 Distribución porcentual de sitios de monitoreo en cuerpos de agua superficiales por Región Hidrológico-Administrativa de acuerdo al indicador DBO<sub>5</sub>, 2008**

Región Hidrológico Administrativa	EXCELENTE	BUENA CALIDAD	ACEPTABLE	CONTAMINADA	FUERTEMENTE CONTAMINADA
I Península de Baja California	25.0	8.3	50.0	12.5	4.2
II Noroeste	60.0	10.0	20.0	5.0	5.0
III Pacífico Norte	68.3	14.6	14.6	2.5	0.0
IV Balsas	32.7	20.7	32.8	8.6	5.2
V Pacífico Sur	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
VI Río Bravo	23.9	54.3	17.4	4.4	0.0
VII Cuencas Centrales del Norte	85.7	9.5	4.8	0.0	0.0
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	40.4	14.4	24.2	19.0	2.0
IX Golfo Norte	80.5	12.2	4.9	2.4	0.0
X Golfo Centro	0.0	74.4	18.6	4.7	2.3
XI Frontera Sur	21.8	71.9	6.3	0.0	0.0
XII Península de Yucatán	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
XIII Aguas del Valle de México	4.0	0.0	28.0	20.0	48.0
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>40.6</b>	<b>25.3</b>	<b>20.5</b>	<b>9.5</b>	<b>4.1</b>

FUENTE: CONAGUA, Subdirección General Técnica.



Figura 4.- Demanda Bioquímica de Oxígeno (CONAGUA, 2010)

**T2.20 Distribución porcentual de sitios de monitoreo en cuerpos de agua superficiales por Región Hidrológico-Administrativa de acuerdo al indicador DQO, 2008**

Región Hidrológico Administrativa	EXCELENTE	BUENA CALIDAD	ACEPTABLE	CONTAMINADA	FUERTEMENTE CONTAMINADA
I Península de Baja California	12.4	12.5	6.3	62.5	6.3
II Noroeste	28.5	35.7	14.3	17.9	3.6
III Pacífico Norte	18.7	12.5	37.5	31.3	0.0
IV Balsas	15.5	17.2	31.0	20.7	15.6
V Pacífico Sur	71.4	21.4	0.0	7.2	0.0
VI Río Bravo	32.8	31.1	19.7	16.4	0.0
VII Cuencas Centrales del Norte	14.3	28.6	57.1	0.0	0.0
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	1.3	14.1	29.5	44.3	10.8
IX Golfo Norte	50.9	27.3	14.5	5.5	1.8
X Golfo Centro	44.1	23.3	14.0	16.3	2.3
XI Frontera Sur	31.2	46.9	15.6	6.3	0.0
XII Península de Yucatán	64.3	21.4	14.3	0.0	0.0
XIII Aguas del Valle de México	4.0	8.0	16.0	20.0	52.0
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>23.3</b>	<b>22.2</b>	<b>22.9</b>	<b>23.7</b>	<b>7.9</b>

FUENTE: CONAGUA, Subdirección General Técnica.



Figura 5.- Demanda Química de Oxígeno (CONAGUA, 2010)

**T2.21 Distribución porcentual de sitios de monitoreo en cuerpos de agua superficiales por Región Hidrológico-Administrativa de acuerdo al indicador SST, 2008**

Región Hidrológico Administrativa	EXCELENTE	BUENA CALIDAD	ACEPTABLE	CONTAMINADA	FUERTEMENTE CONTAMINADA
I Península de Baja California	33.3	40.0	23.3	3.4	0.0
II Noroeste	3.6	71.4	10.7	10.7	3.6
III Pacífico Norte	39.0	39.0	22.0	0.0	0.0
IV Balsas	27.6	34.5	20.7	8.6	8.6
V Pacífico Sur	39.9	46.7	0.0	6.7	6.7
VI Río Bravo	65.6	19.7	13.1	0.0	1.6
VII Cuencas Centrales del Norte	42.8	38.1	14.3	0.0	4.8
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	40.2	32.3	17.7	7.9	1.9
IX Golfo Norte	63.5	26.9	3.8	5.8	0.0
X Golfo Centro	75.0	13.5	7.7	3.8	0.0
XI Frontera Sur	3.1	62.5	25.0	9.4	0.0
XII Península de Yucatán	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
XIII Aguas del Valle de México	16.0	20.0	24.0	36.0	4.0
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>42.3</b>	<b>33.1</b>	<b>15.5</b>	<b>6.8</b>	<b>2.3</b>

FUENTE: CONAGUA, Subdirección General Técnica.



Figura 6.- Sólidos disueltos Totales (SST), (CONAGUA, 2010)

Que en base a lo descrito anteriormente, a los planos hidrológicos elaborados por la CONABIO y al plano de suelos presentado en el capítulo V del DTU-A, podemos determinar que los suelos en el sitio del proyecto no obstante que se han modificado por los procesos de crecimiento de la urbanización que se han desarrollado en el Municipio de Solidaridad, siguen manteniendo su característica de ser suelos altamente permeables, como lo es toda la Península de Yucatán la cual posee un suelo calcáreo.

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 evitará el derrame de combustibles y aceites en las áreas destinadas al cambio de usos de suelo, según lo planteado en el estudio técnico justificativo.
4. Se reforestara con vegetación nativa las áreas jardinadas del predio en una superficie de 32,525.05 m<sup>2</sup>, con especies nativas producto del rescate de la vegetación forestal.
5. Se tendrá un manejo adecuado de los residuos sólidos y líquidos y su recolección será a través de empresas autorizadas.
6. En caso de que sea necesario el uso de agroquímicos en el mantenimiento de las plantas rescatadas, así como en las trasplantadas, estos se restringirán a los publicados en el catálogo vigente de la Comisión Intersecretarial para el Uso de Plaguicidas y Fertilizantes (CICOPLAFEST).
7. Se instruirá a que los trabajadores hagan el uso correcto de las instalaciones sanitarias temporales que se colocaran en sitios estratégicos del predio durante las actividades de cambio de uso de suelo.
8. Se mantendrá un programa de limpieza periódica de residuos sólidos mediante brigadas de los propios trabajadores dentro del sitio de obra.

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



## XII.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

### XII.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 **\$1,165,344.25**, 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 represente una inversión de aproximadamente 2 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 500 millones de pesos sólo para su construcción y urbanización, 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 (fraccionamiento) fuera de 50 años, se tendría que el terreno forestal donde se pretende su desarrollo generaría una derrama económica de por su existencia \$328,353.55 (\$6,567.07 por 50 años) y considerando los valores de uso indirecto, de opción, de legado y de existencia \$137,794,232.09 totales (\$2,755,884.64 por 50 años); lo que sigue siendo aún menor a la inversión que implica el desarrollo del proyecto general, sin considerar aun inversión alguna respecto a la operación del desarrollo habitacional (empleados fijos y temporales, mantenimiento, predial y servicios generales de áreas públicas y privadas), 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.

### XII.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 la Ciudad de Playa del Carmen; 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 urbano de tipo habitacional, 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:

A nivel Municipal, Playa del Carmen ha rebasado los límites de crecimiento pronosticados en los Planes Directores. Éste, el crecimiento demográfico de la Ciudad de Playa del Carmen ha sido uno de los más sobresalientes en el país; lo cual ha generado, a su vez, que el desenvolvimiento urbano de este centro de población haya sido también explosivo. Playa del Carmen se encuentra en la zona turística denominada 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 desarrollo habitacional que se pretende llevar a cabo y que en su momento se someterá a evaluación ante las autoridades competentes. El desarrollo habitacional contribuirá a reducir, aunque en menor escala, la actual demanda de vivienda que acontece en la zona en la que se circunscribe; por lo tanto, aportará un gran beneficio para la sociedad al proporcionar viviendas dignas para su bienestar y desarrollo familiar.

Aunado a lo anterior, resulta importante mencionar que todo desarrollo habitacional o urbano, conlleva la creación de áreas verdes ajardinadas, áreas naturales, de equipamiento, comerciales, vialidades y áreas de recreo y esparcimiento para la gente que habite en el fraccionamiento y de aquellos que viven en los desarrollos aledaños; lo que proveerá de bienestar social para la gente que reside en la Ciudad de Playa del Carmen.

Por último, 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 200 empleos temporales y 100 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 empleos.

### **XIII. DATOS DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO DE LA PERSONA QUE HAYA FORMULADO EL ESTUDIO Y, EN SU CASO, DEL RESPONSABLE DE DIRIGIR LA EJECUCIÓN**

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

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

#### **XIII.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.

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

MALR820517S6A

#### **XIII.4. DIRECCIÓN DEL RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO**

Avenida Acanceh, Manzana 02, Lote 03, Piso 3-B, Oficina 312, Supermanzana 11, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, C.P. 77511.

Teléfono: (01983) 1323467. Correo electrónico:

reymtzi@gmail.com

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

Ing. Reynaldo Martínez López

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

De la información de los Capítulos 4 y 5 del presente estudio, se desprende que el cambio de uso de suelo afectará vegetación de Selva mediana subperennifolia, fuera de la zona costera del Estado de Quintana Roo, y sin la presencia de ecosistemas frágiles o excepcionales como los manglares, matorrales costeros y dunas costeras. Por lo tanto y en virtud de lo anterior, le son aplicables diversos preceptos legales contenidos en la LGEEPA, en su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental; en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable; el Programa de Ordenamiento Ecológico y aquellos establecidos en el Programa de Desarrollo Urbano aplicable tal como se indica a continuación.

##### **XIV.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.

##### **XIV.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, 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.

### **XIV.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.

#### **XIV.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.

#### **XIV.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**

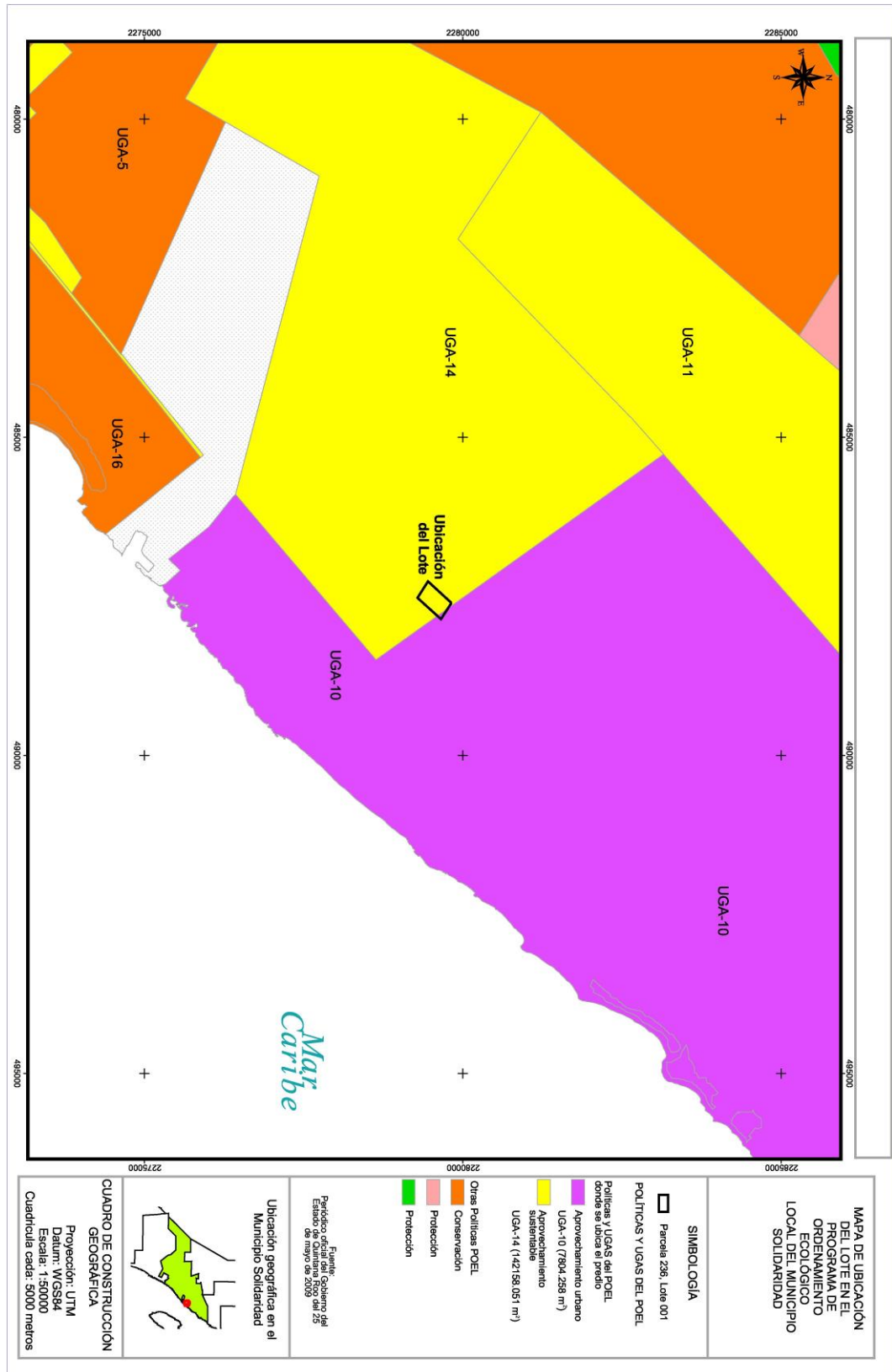
Éste Acuerdo establece en su Artículo Sexto que el documento técnico unificado correspondiente al trámite unificado de cambio de uso de suelo forestal modalidad A, contendrá la información indicada en los artículos 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y 121 de su Reglamento, así como 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.

#### **XIV.6. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL**

De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Solidaridad publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de mayo de 2009, el predio del proyecto se ubica en la Unidad de Gestión Ambiental (UGA 10) denominada Zona Urbana de Playa del Carmen, que tiene política de “Aprovechamiento Sustentable” y con un usos de suelo urbano y con usos condicionados los que establezca el Programa de Desarrollo Urbano, por lo que en primera instancia el cambio de uso de suelo forestal a urbano para fines del desarrollo del proyecto es congruente con los lineamientos previstos en este instrumento de política ambiental.





Ubicación del terreno forestal dentro de la zonificación del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad.

En el siguiente cuadro se indican los lineamientos y criterios ecológicos de aplicación específica para la UGA que alberga el predio del proyecto.

UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL	10		
NOMBRE	ZONA URBANA DE PLAY A DEL CARMEN		
POLÍTICA AMBIENTA	Aprovechamiento sustentable		
SUPERFICIE	9,343.99 hectáreas	PORCENTAJE MUNICIPAL	3.93 %
ESCENARIO INICIAL	La ciudad de playa del Carmen representa el centro urbano con la mayor tasa de crecimiento del estado, por lo que las reservas urbanas se agotan rápidamente, ocasionando que día a día se incremente la mancha urbana. Esta dinámica responde al crecimiento y diversificación de la oferta turística del municipio, la cobertura de los servicios básicos es buena, no obstante existe un importante rezago en el manejo y disposición final de los residuos sólidos. De acuerdo con las estimaciones realizadas este centro urbano seguirá creciendo por lo que se requiere prever la dotación de nuevas reservas urbanas para contener y controlar de manera eficiente el crecimiento urbano.		
TENDENCIAS	Se considera que la zona urbana llega a una saturación en el lapso de tiempo comprendido entre los 5 y 10 años, por lo que se han adicionado zonas de reserva urbana suficientes que permitan contener el acelerado crecimiento de la ciudad, el cual continuará en la medida que se continúe ampliando el sector turístico del municipio. La ciudad tiende hacia la ecoeficiencia con la aplicación de diferentes acciones, técnicas, procedimientos y equipo para la reducción de la contaminación.		
LINEAMIENTO AMBIENTAL	La ciudad presenta un crecimiento ordenado en apego a programa director de desarrollo urbano, el manejo de las aguas residuales, así como la disposición de los residuos se realiza con estándares por encima de lo establecido en la normatividad vigente. La ciudad presenta áreas verdes suficientes		
ESTRATEGIAS AMBIENTALES	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Se deberá llevar a cabo una bitácora ambiental del cambio de uso del suelo para este centro urbano.</li> <li><input type="checkbox"/> Se instalan oportunamente plantas de tratamiento y la red de drenaje sanitario en las nuevas áreas de crecimiento.</li> <li><input type="checkbox"/> Las aguas residuales se tratan con una eficiencia del 95%.</li> <li><input type="checkbox"/> Se establece un adecuado sistema de recolección, acopio y disposición final de residuos sólidos.</li> <li><input type="checkbox"/> Se ofrecen espacios verdes suficientes a los habitantes (9 m<sup>2</sup> de área verde por persona).</li> <li><input type="checkbox"/> Se instalan sistemas alternativos para la generación de energía eléctrica para el uso público (alumbrado público y de oficinas gubernamentales).</li> <li><input type="checkbox"/> La ciudad cuenta con un sistema vial moderno y eficiente.</li> <li><input type="checkbox"/> La ciudad mantiene la cobertura actual de manglares.</li> </ul>		
VOCACIÓN DE USO DEL SUELO	Urbana.		

<b>USOS CONDICIONADOS</b>	Los que establezca el Programa Director de Fortalecimiento Urbano 2002-2026 (P.O. 1 de abril de 2002) y el Plan Parcial de Desarrollo Urbano número 1 del Centro Urbano de Población de Playa del Carmen 2008-2013, Municipio Solidaridad, Quintana Roo, denominado "del fuego y del agua". (P.O. 29 de mayo de 2008).	
<b>USOS INCOMPATIBLES</b>	Los que establezca el Programa Director de Fortalecimiento Urbano 2002-2026 (P.O. 1 de abril de 2002) y el Plan Parcial de Desarrollo Urbano número 1 del Centro Urbano de Población de Playa del Carmen 2008-2013, Municipio Solidaridad, Quintana Roo, denominado "del fuego y del agua". (P.O. 29 de mayo de 2008).	
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA</b>	<b>USO</b>	<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA APLICABLES A LAS ÁREAS URBANAS</b>
	Urbano	1 al 33.
	<b>USO</b>	<b>CRITERIOS ESPECÍFICOS</b>
	Urbano	39, 79, 95, 98, 103, 104, 105, 106.

<b>UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL</b>	<b>14</b>		
<b>NOMBRE</b>	<b>RESERVA URBANA A NORTE- SUR DE PLAYA DEL CARMEN</b>		
<b>POLÍTICA AMBIENTAL</b>	<b>Aprovechamiento sustentable</b>		
<b>SUPERFICIE</b>	7,448.13 hectáreas	<b>PORCENTAJE MUNICIPAL</b>	3.75 %
<b>ESCENARIO INICIAL</b>	<p>Las zonas propuestas se ubican dentro del área afectada por los incendios de 1989, por lo que la vegetación es de tipo secundario en su mayor parte. Asimismo, la zona presenta en lo general una aptitud baja para la conservación, ya que son áreas que han sufrido una degradación ambiental por actividades antropogénicas.</p> <p>La carencia de vivienda genera inequidades sociales y propicia el surgimiento y proliferación de asentamientos no regulares, teniendo como resultado un crecimiento anárquico en los centros urbanos, y el aumento del rezago en infraestructura urbana y de servicios.</p>		
<b>TENDENCIAS</b>	En la actualidad existe la necesidad por parte de las autoridades municipales y estatales, por dotar de terrenos aptos para desarrollos de diferentes tipos económicos, ya que las superficies planeadas para la reserva urbana prácticamente se han agotado, por ello es importante establecer una planeación acorde a las expectativas de crecimiento poblacional que actualmente se tienen, generando zonas aptas para este desarrollo.		
<b>LINEAMIENTO AMBIENTAL</b>	La zona se desarrollara de manera armónica, de conformidad a los planes o programas aplicables. Los servicios urbanos se establecerán de manera oportuna, ofreciendo espacios urbanos dignos y confortables.		
<b>ESTRATEGIAS AMBIENTALES</b>	Los usos previstos en el presente instrumento, quedan sujetos a las disposiciones normativas de carácter ambiental y urbano, con el objetivo de incentivar y reforzar las actividades compatibles, fomentar la instalación del equipamiento requerido y proponer zonas habitacionales y actividades productivas de manera conjunta y equilibrada, buscando a si el desarrollo sustentable de la región.		

<b>VOCACIÓN DE USO DEL SUELO</b>	Urbana.	
<b>USOS CONDICIONADOS</b>	ecoturístico, turístico, industrial, minería, UMA's, deportivo, parque recreativo, comercial, reserva natural, equipamiento.	
<b>USOS INCOMPATIBLES</b>	Forestal, agropecuario, agroforestal, agroindustrial, marina.	
<b>CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA</b>	<b>USO</b>	<b>CRITERIOS ESPECÍFICOS</b>
	Ecoturístico	08, 09, 18, 29, 31, 39, 52, 54, 57, 59, 60, 77, 80, 81, 86, 95, 100.
	Suburbano	26, 39, 52, 54, 80, 85, 86, 95, 100.
	Urbano	23, 24, 116.
	Industrial	28, 39, 53, 54, 70, 72, 73, 74, 75, 78, 80, 95, 100, 102, 110.
	Minero	10, 28, 39, 42, 43, 44, 52, 54, 58, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 78, 95, 110, 111, 112.
	UMA's	04, 07, 09, 16, 29, 46, 50, 51, 52, 54, 77, 80, 82, 86, 100.
	Deportivo	06, 09, 13, 25, 37, 39, 49, 50, 53, 54, 59, 61, 68, 75, 80, 85, 86, 94, 95, 100.
	Parque recreativo	06, 08, 09, 11, 28, 31, 39, 49, 53, 54, 57, 58, 59, 64, 68, 69, 80, 85, 86, 95, 100, 102, 108.
	Reserva Natural	07, 16, 30, 80, 86, 100.
	Comercial	28, 39, 53, 54, 63, 70, 71, 72, 73, 75, 80, 95, 102, 109.
	Equipamiento	32, 53, 54, 85, 86.

La política ambiental de las UGA 10 “Zona Urbana de Playa del Carmen” y 14 “Reserva Urbana Norte- Sur de Playa del Carmen”, es de aprovechamiento sustentable, la cual es definida como la utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por períodos indefinidos. En el mismo sentido el uso de suelo predominante es Urbano, el cual se establece como el aprovechamiento del territorio al interior de los centros de población legalmente establecidos, para el desarrollo de proyectos que cumplan con los usos y destinos del suelo en los términos que se indiquen en el Plan o Programa de Desarrollo Urbano vigente y de acuerdo con la Ley de Asentamientos Humanos del Estado de Quintana Roo y la Ley de Fraccionamientos del Estado de Quintana Roo, no obstante lo anterior, dicho análisis se realizó en el apartado siguiente.

De acuerdo a la ubicación del predio y a lo establecido en el apartado 2.5 del ordenamiento en comento, que a la letra cita:

*“Los criterios de regulación ecológica de aplicación general (CG), son aplicables a la totalidad del territorio ordenado fuera de los centros de población legalmente constituidos en el Municipio Solidaridad, independientemente del uso del suelo que se pretenda dar a los predios particulares”.*

Se advierte que los criterios de regulación ecológica de aplicación general (CG) no son aplicables al proyecto toda vez que éste se encuentra situado dentro del centro de población del Municipio de Solidaridad; motivo por el cual el siguiente análisis solo se realiza con los criterios de regulación ecológica aplicables a las áreas urbanas (CU) y los de carácter específico (CE), (ver tabla siguiente).

<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>	<b>Vinculación</b>
<b>CU 01</b>	Las actividades, obras y proyectos que se pretendan desarrollar dentro del área municipal, deberán dar cabal cumplimiento a lo establecido en el marco normativo ambiental vigente, considerando de manera enunciativa pero no limitativa, Tratados Internacionales suscritos por México, Leyes Generales, Leyes Estatales, Normas Oficiales Mexicanas, Reglamentos Federales, Estatales y Municipales, Declaratorias y Decretos, Planes y Programas de Manejo aplicables en materia ambiental, urbana, manejo de residuos, protección de flora y fauna y emisión de contaminantes, uso y goce de la Zona Federal Marítimo Terrestre; por lo que no se describen como criterios las obligaciones, límites máximos permisibles o cualquier otro parámetro establecido por estos instrumentos de carácter obligatorio.	Este proyecto se elaboró para obtener la autorización por el CUSTF que comprende el proyecto de acuerdo a lo establecido en el marco normativo ambiental vigente, considerando de manera enunciativa pero no limitativa, Tratados Internacionales suscritos por México, Leyes Generales, Leyes Estatales, Normas Oficiales Mexicanas, Reglamentos Federales, Estatales y Municipales, Declaratorias y Decretos, Planes y Programas de Manejo aplicables en materia ambiental, urbana, manejo de residuos, protección de flora y fauna y emisión de contaminantes, uso y goce de la Zona Federal Marítimo Terrestre, tal como ha quedado demostrado en los distintos capítulos que integran el presente estudio.
<b>CU 02</b>	Antes del inicio de cualquier obra o actividad se deberá ejecutar el rescate selectivo de vegetación en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de las especies, el número de individuos por especie a rescatar y la densidad mínima de rescate, los métodos y técnicas aplicables, así como el monitoreo del programa se determinarán y propondrán en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Las actividades de rescate de vegetación deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.	Antes del inicio de cualquier actividad relacionada con el proyecto (desmonte, despalme, etc.), se llevará a cabo el rescate selectivo de vegetación en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de las especies, el número de individuos por especie a rescatar y la densidad mínima de rescate, los métodos y técnicas aplicables, así como el monitoreo, se presentan en el programa de rescate de vegetación que se anexa al presente estudio, el cual da cumplimiento a lo señalado en el artículo 123 Bis del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
<b>CU 03</b>	Previo al inicio de cualquier obra o actividad de cada proyecto se deberán ejecutar medidas preventivas orientadas a la protección de los individuos de fauna silvestre presentes en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de los métodos y técnicas a aplicarse determinará con base en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Las medidas deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.	Antes del inicio de cualquier actividad relacionada con el proyecto (desmonte, despalme, etc.), se llevará a cabo el rescate selectivo de fauna silvestre en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de los métodos y técnicas a aplicar, se presentan en el programa de rescate de fauna silvestre que se anexa al presente estudio.
<b>CU 04</b>	Los proyectos de cualquier índole deberán incorporar a sus áreas verdes vegetación nativa	Con el objeto de dar cumplimiento a lo establecido en este criterio, se destinará un porcentaje de las plantas

Criterio	Descripción	Vinculación
	propia del ecosistema en el cual se realice el proyecto. Únicamente se permite el empleo de flora exótica que no esté incluida en el listado de flora exótica invasiva de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La selección de especies a incluir en las áreas verdes, así como el diseño de jardines deberá sustentarse en un programa de arborización y ajardinado que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Se deberá emplear una proporción de 4 a 1 entre plantas de especies nativas y especies ornamentales, excluyendo los pastos.	obtenidas del rescate de vegetación para reforestar las áreas verdes ajardinadas que en su momento se propongan. Lo anterior se realizará a través de un programa de arborización y ajardinado.
<b>CU 05</b>	Para el desplante de cualquier obra o instalación se deberán utilizar preferentemente las áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual.	El proyecto que se somete a evaluación, no implica el desplante de algún tipo de obra. La única instalación que se tiene contemplada, es el vivero temporal para el resguardo de las plantas que serán rescatadas, el cual estará ubicado dentro de la superficie de aprovechamiento; asimismo, es importante mencionar que toda vez que en predio existe un área perturbada por acciones ajenas a la promovente (ver capítulos anteriores), dicha área será considerada en el proyecto constructivo que se planea a futuro y que no tiene relación con el presente procedimiento.
<b>CU 06</b>	En el desarrollo de los proyectos se debe realizar el aprovechamiento integral de los recursos naturales existentes en el predio, por lo que será obligatorio realizar la recuperación de tierra vegetal en las superficies que se desmonten, así como el triturado y composteo de la madera resultante del desmonte que se autorice. Los materiales obtenidos no podrán ser comercializados –salvo autorización expresa de la autoridad correspondiente, sino aprovechados en el mejoramiento de áreas verdes, de equipamiento o de donación.	De acuerdo con la descripción del plazo y a la forma de ejecución del cambio de uso de suelo (ver capítulo correspondiente), se tiene contemplada la recuperación de tierra vegetal (sustrato con materia orgánica) en las superficies que serán desmontadas, así como el triturado de la madera resultante del desmonte que se autorice. Los materiales obtenidos serán aprovechados en el mejoramiento de las áreas de conservación, y en la habilitación de las áreas verdes ajardinadas
<b>CU 07</b>	En cualquier obra deberá estar separada la canalización del drenaje pluvial del drenaje sanitario.	El proyecto que se somete a evaluación no contempla la construcción de algún tipo de obra, ya que sólo corresponde a la etapa de cambio de uso del suelo a través de la remoción de vegetación. En el caso de los sanitarios móviles que se instalarán para el servicio de los trabajadores, es importante mencionar que el manejo y disposición final de los residuos sanitarios que se generen, correrá a cargo de la empresa arrendadora, lo cual quedará debidamente establecido en el contrato que se celebre entre las partes interesadas. No se contempla la construcción de obras para drenaje pluvial o sanitario.
<b>CU 08</b>	La canalización del drenaje pluvial hacia el mar o cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción, podrá realizarse previa filtración de sus aguas con sistemas de decantación, trampas de grasas y sólidos u otros que garanticen la retención de sedimentos o contaminantes y deberá ser aprobada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), de conformidad con la normatividad aplicable.	El proyecto que se somete a evaluación no contempla la construcción de algún tipo de obra, ya que sólo corresponde a la etapa de cambio de uso de suelo a través de la remoción de vegetación forestal. No se contempla la construcción de obras para drenaje pluvial que sean canalizadas hacia el mar o cuerpos de agua superficiales, o pozos de absorción.
<b>CU 09</b>	Los materiales calizos y los recursos naturales que se utilicen durante la construcción de un proyecto deberán provenir de fuentes o bancos de material autorizados.	El proyecto que se somete a evaluación no contempla la construcción de algún tipo de obra, ni mucho menos implica procesos constructivos, ya que sólo corresponde a la etapa de cambio de uso de suelo a través de la remoción de vegetación forestal, por lo que no se

Criterio	Descripción	Vinculación
		requieren materiales calizos u otros recursos naturales para realizar el desmonte o despalme.
<b>CU 10</b>	En el manejo de áreas verdes, campos, canchas, pistas, viveros, plantaciones, sembradíos, y para el control de pestes y plagas, sólo se permite el uso de sustancias autorizadas por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST).	El proyecto contempla la conservación de áreas verdes en estado natural, libres de cualquier obra o actividad humana, así como la creación de áreas verdes ajardinadas en etapas posteriores, por lo que en caso de utilizar sustancias para el control de plagas, la promovente advierte que sólo se remitirá a las autorizadas por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST).
<b>CU 11</b>	Los residuos derivados de las obras no se dispondrán sobre la vegetación remanente dentro del predio, ni sobre la vegetación circundante, debiéndose trasladar al sitio de disposición final de residuos de manejo especial que establezca el municipio o el estado.	El proyecto que se somete a evaluación no contempla la construcción de algún tipo de obra, ni mucho menos implica procesos constructivos, ya que sólo corresponde a la etapa de cambio de uso de suelo a través de la remoción de vegetación forestal. En el caso del material vegetal resultante durante el desmonte, así como de la tierra producto del despalme, serán resguardados dentro de la superficie que ocupará el vivero temporal dentro de las áreas de aprovechamiento, y en ningún caso serán almacenados dentro de las áreas de conservación.
<b>CU 12</b>	Los campamentos para trabajadores de la construcción deberán ser dignos para la vida humana, contar con servicios sanitarios, agua potable, un reglamento para el manejo de residuos sólidos, así como una estrategia de protección civil para atender las alertas por fenómenos hidrometeorológicos. La proporción de servicios sanitarios será de al menos 1 por cada 25 trabajadores.	E personal que será contratado para el desarrollo del proyecto, será aquel que radique en la localidad de Playa del Carmen, la cual será trasladada en vehículos particulares, por lo que no se requiere de la instalación de campamentos de construcción. En lo que respecta a los servicios sanitarios, se contratarán sanitarios móviles "Sanirent" a razón de 1 por cada 10 trabajadores, los cuales se distribuirán de por la obra para facilitar el acceso a los trabajadores. La limpieza de estos baños se hará todos los días y estará a cargo de la empresa que brinde el servicio de renta de estos sanitarios móviles.
<b>CU 13</b>	En ningún caso se permite el uso del fuego para el desmonte de predios urbanos o suburbanos, ni para la disposición de residuos sólidos en áreas abiertas.	Tal como ha sido descrita la forma de ejecución del cambio de uso de suelo (ver capítulo correspondiente), el desmonte se realizará en forma gradual con el uso de herramientas manuales (hachas, machetes, motosierras), y maquinaria (bulldozer, camiones de volteo, etc.); y en ningún caso se tiene contemplado el uso de fuego para llevar a término dicha actividad. Los residuos sólidos urbanos que se generen, serán almacenados temporalmente en contenedores herméticamente cerrados, y posteriormente serán trasladados al basurero municipal o donde la autoridad municipal lo determine. No se contempla la disposición de residuos sólidos en áreas abiertas.
<b>CU 14</b>	Todos los proyectos que en cualquiera de sus etapas de desarrollo generen residuos peligrosos deberán contar con un almacén de residuos peligrosos y disponerlos a través de una empresa autorizada en el manejo de los mismos, conforme a la legislación y normatividad ambiental aplicable en la materia.	El proyecto se ciñe exclusivamente a la remoción de la vegetación para realizar el cambio de uso de suelo, por lo que las únicas sustancias peligrosas que pudieran generarse son las derivadas del uso de maquinaria. En este caso la maquinaria que se utilizará para el desmonte y despalme, son susceptibles de generar un derrame accidental de hidrocarburos, por lo que se adoptarán medidas específicas para atender tales contingencias, y en su caso, aquellas sustancias o residuos que se generen, serán retirados del sitio a través de una empresa especializada y autorizada por las autoridades competentes, con la finalidad de acatar lo establecido en éste criterio. Estará prohibido realizar reparaciones de la maquinaria y el ingreso de maquinaria en mal estado al sitio del proyecto y para evitar que puedan ocurrir este tipo

Criterio	Descripción	Vinculación
		de derrames. Sin embargo en el caso de que sucediera alguna contingencia se contará con un almacén temporal que se describe en la vinculación del proyecto con el criterio CU-33.
<b>CU 15</b>	En los términos que establece la Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo, los promoventes deberán aplicar el Plan de Manejo de residuos correspondiente durante las distintas etapas de desarrollo y operación de las obras o actividades que se le autoricen.	El plan de manejo de residuos que será aplicado durante el desarrollo del proyecto, se presenta como anexo al presente estudio.
<b>CU 16</b>	Para los fines de aplicación de este instrumento, en particular para la definición de competencias para la evaluación en materia de impacto ambiental, la zona costera o ecosistema costero del Municipio Solidaridad al interior de los centros de población con programa de desarrollo urbano decretado incluye únicamente a los predios colindantes con la zona federal marítimo terrestre.	El predio se ubica al interior del centro de población de Playa del Carmen, el cual se rige por el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Playa del Carmen; en consecuencia la zona costera o ecosistema costero aplica para los predios que sean colindantes con la Zona Federal Marítimo Terrestre. En sentido de lo anterior, se concluye categóricamente que el ecosistema que se desarrolla en el sitio del proyecto, no corresponde a un ecosistema costero, ya que el sitio no colinda con la ZOFEMAT; y en este mismo tenor, se puede afirmar que las obras o los procesos constructivos que se realicen posterior al cambio de uso de suelo, no con competencia de esta Secretaría, y por lo tanto no le corresponde su evaluación y dictaminación de acuerdo con las atribuciones que le confiere el artículo 28 de la LGEEPA y el artículo 5 de su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.
<b>CU 17</b>	Para el aprovechamiento de predios, cuerpos de agua o cavernas en los que se detecten vestigios arqueológicos, deberá obtenerse de manera previa al inicio de obras la autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Si el hallazgo arqueológico se realiza durante el desarrollo del proyecto se deberá informar de manera inmediata al INAH.	En el predio del proyecto no se registraron las estructuras geomorfológicas ni arqueológicas referidas en el presente criterio.
<b>CU 18</b>	Las reservas territoriales destinadas a aprovechamiento urbano y las áreas de preservación ecológica establecidas en el programa de desarrollo urbano deberán mantener su cobertura vegetal original mientras no se incorporen al desarrollo y se autorice su aprovechamiento por las autoridades competentes.	El área de proyecto no se encuentra dentro de la reserva territorial de playa del Carmen, y se encuentra regulado por los usos de suelo y parámetros del Programa de Desarrollo Urbano de Playa del Carmen publicado el 20 de diciembre de 2010, por lo que ya fue incorporada al desarrollo y su aprovechamiento está regido por los usos de suelo establecidos en dicho PDU y en tal sentido resulta factible su aprovechamiento.
<b>CU 19</b>	El desarrollo de proyectos en las áreas de reserva urbana se realizará de acuerdo con la programación prevista en el plan o programa director de desarrollo urbano que le corresponda.	De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, el predio del proyecto se ubica dentro de las UGA 10 y 14; sin embargo, es importante mencionar que dicha zona se encuentra regulada por el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Playa del Carmen, por lo que ya fue incorporada al desarrollo y su aprovechamiento está regido por los usos de suelo establecidos en dicho PDU, y en tal sentido resulta factible su aprovechamiento.
<b>CU 20</b>	Alrededor de los cenotes y accesos a cuevas se deberá mantener una franja perimetral de protección constituida por vegetación natural, con una anchura equivalente a la anchura máxima del espejo de agua. En esta franja sólo se permitirá el aclareo de hasta el 10 % de su cobertura y la remoción de árboles jóvenes de hasta 10 cm de	En el predio del proyecto no se registraron cuerpos de agua ni las estructuras geomorfológicas que indica este criterio.



Criterio	Descripción	Vinculación
	diámetro, siempre y cuando la autoridad competente por excepción otorgue el cambio de uso de suelo en esta superficie.	
<b>CU 21</b>	En el aprovechamiento de los cuerpos de agua continentales (cenotes, cuevas inundadas o lagunas) y otras formaciones cársticas (cuevas secas, rejolladas o chuntunes) sólo se permite el establecimiento de estructuras ligeras y de tipo temporal fuera del cuerpo de agua o estructura cárstica y de la franja de protección.	En el predio del proyecto no se registraron cuerpos de agua ni las estructuras geomorfológicas que indica este criterio.
<b>CU 22</b>	Las aguas residuales deberán canalizarse hacia las plantas de tratamiento de aguas residuales operadas por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado o el organismo operador autorizado por esta instancia. En el caso de que no existan plantas de tratamiento que puedan atender la demanda del proyecto, el promovente deberá instalar una planta que cumpla con las condiciones establecidas en la normatividad vigente en materia de aguas residuales tratadas.	En esta etapa del proyecto que se somete a evaluación (cambio de uso de suelo), se espera generar aguas residuales dentro de los sanitarios móviles que se instalarán para el servicio de los trabajadores; sin embargo, en este punto cabe aclarar que el manejo y disposición final de dichos residuos, correrá a cargo de la empresa arrendadora de los sanitarios, lo cual quedará debidamente establecido en el contrato que se celebre entre ambas partes; en ese sentido, el promovente no requiere canalizar las aguas residuales hacia plantas de tratamiento, ni contempla la construcción de obras para tal fin, ya que no forman parte de los objetivos que se plantean en esta etapa del proyecto que se somete a evaluación.
<b>CU 23</b>	El manejo y disposición final de los lodos y otros residuos generados en el tratamiento de las aguas residuales es responsabilidad del propietario del sistema de tratamiento que los genere, quien deberá presentar un reporte semestral ante la autoridad correspondiente, turnando una copia a la SEDUMA para la inclusión de los resultados en la Bitácora Ambiental, que indique el volumen de agua tratado, tipo y características de los lodos y otros residuos generados, tratamiento aplicado a los lodos, resultados del análisis CRETIB y sitio o forma de disposición final.	En esta etapa del proyecto que se somete a evaluación (cambio de uso de suelo), se espera generar aguas residuales dentro de los sanitarios móviles que se instalarán para el servicio de los trabajadores; sin embargo, en este punto cabe aclarar que el manejo y disposición final de dichos residuos, correrá a cargo de la empresa arrendadora de los sanitarios, lo cual quedará debidamente establecido en el contrato que se celebre entre ambas partes; en ese sentido, el promovente no requiere llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales y por lo tanto no se espera la generación de lodos.
<b>CU 24</b>	En las áreas de aprovechamiento proyectadas se deberá 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, jardines, áreas verdes, áreas de donación o áreas de equipamiento, de tal forma que estos individuos se integren al proyecto.	Una vez obtenida la autorización para realizar el CUSTF que comprende el presente proyecto y al tener claro el diseño constructivo del fraccionamiento habitacional que se propone a futuro, se mantendrán en pie todos aquellos ejemplares silvestres que no interfieran con el proyecto constructivo y/o en su defecto se encuentren dentro de las áreas permeables.
<b>CU 25</b>	<p>La superficie de aprovechamiento de un predio, así como sus coeficientes de uso (CUS) y ocupación del suelo (COS), estarán en función de lo que determine el programa o plan de desarrollo urbano vigente que le aplique.</p> <p>Sólo se permite el desmonte de la superficie que resulte de multiplicar el Coeficiente de Modificación del Suelo por la superficie total del predio, para lo cual deberá obtener de manera previa la autorización por excepción del cambio de uso del suelo en terrenos forestales y las autorizaciones estatales y municipales respectivas. Será obligatorio mantener la superficie remanente con la vegetación original. En el caso que la superficie remanente se encuentre afectada o que carezca de</p>	<p>Considerando que el presente proyecto sólo corresponde para las actividades concernientes al CUSTF, la superficie de aprovechamiento que establece el PDU aplicable para el uso de suelo en donde se encuentra albergado el predio proyecto son un CMS del 90% y el 10% restante como área no modificada.</p> <p>En virtud de lo anterior se advierte que el proyecto cumple con dichas restricciones toda vez que la superficie total del predio es de 149,951.64 m<sup>2</sup>, en donde el área de aprovechamiento corresponde a 131,341.42 m<sup>2</sup> equivalentes al 87.59 %, mientras que se mantendrán en su estado natural una superficie de 18,510.22 m<sup>2</sup> correspondientes al 12.41% del total del predio.</p>

Criterio	Descripción	Vinculación		
		MZA 236, LOTE 001, REGIÓN 007	Superficies m <sup>2</sup>	Porcentaje %
	vegetación, el promovente deberá procurar su restauración o reforestación.	CUSTF	131,341.42	87.59
		Área con vegetación natural	18,610.22	12.41
		<b>Total</b>	<b>149,951.64</b>	<b>100</b>
<b>CU 26</b>	Para el aprovechamiento o uso de especies vegetales o animales silvestres o nativas, partes de ellas o subproductos de los mismos, así como de los recursos forestales, se requiere que éstos productos provengan de UMA's o Productores Forestales autorizados y den cumplimiento a lo establecido en la normatividad aplicable.	El proyecto que se somete a evaluación, sólo implica el cambio de uso de suelo del terreno forestal a través de la remoción total de vegetación forestal; en ningún caso se contempla el aprovechamiento o uso de especies vegetales o animales silvestres, partes de ellas o subproductos de los mismos, ni mucho menos de recursos forestales; por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.		
<b>CU 27</b>	Se deberán mantener en pie e integrar al diseño del proyecto los árboles con diámetro normal (1.30 cm del suelo) igual o mayor a 40 cm. Para evitar daño a las raíces deberá establecerse un radio de protección de 5 m alrededor del tronco del árbol.	Las áreas de conservación que se proponen, coinciden con la distribución de los árboles con diámetro normal igual o mayor a 40 cm, con lo que se garantiza que no existirán daños a sus raíces y que serán integrados al diseño final del proyecto en las áreas naturales.		
<b>CU 28</b>	Se permite la instalación temporal de plantas de premezclado, dosificadoras o similares dentro del área de desmonte permitida en el interior de predios para abastecer al proyecto, únicamente durante su construcción. Debiendo ser retiradas una vez que se concluya la construcción del mismo. El área ocupada por la planta deberá integrarse al proyecto.	No se requiere la instalación temporal de plantas de premezclado, dosificadoras o similares; ya que no se contempla la construcción de algún tipo de obra para esta etapa del proyecto que se somete a evaluación.		
<b>CU 29</b>	Las plantas de premezclado, dosificadoras o similares deberán contar con un programa de cumplimiento ambiental autorizado por la SEDUMA para la regulación de emisiones a la atmósfera, ruido y generación de residuos peligrosos, que dé cumplimiento a la normatividad vigente. Este programa se deberá presentar junto con la manifestación de impacto ambiental de la planta.	No se requiere la instalación temporal de plantas de premezclado, dosificadoras o similares; ya que no se contempla la construcción de algún tipo de obra para esta etapa del proyecto que se somete a evaluación.		
<b>CU 30</b>	Se deberá instalar una malla perimetral para reducir la emisión de polvos hacia el exterior de las áreas de trabajo y reducir el impacto visual.	Con la finalidad de dar cumplimiento a lo establecido en este criterio, se instalará una malla perimetral a las áreas de aprovechamiento, con la finalidad de reducir la emisión de polvos hacia el exterior de las áreas de trabajo y reducir su impacto visual. Esta acción se propone como medida preventiva en el capítulo correspondiente del presente estudio.		
<b>CU 31</b>	Durante el transporte de materiales pétreos éstos deberán humedecerse y cubrirse con una lona antidispersante, la que se debe sujetarse adecuadamente y encontrarse en buen estado, con objeto de minimizar la dispersión de partículas de polvo.	Para las actividades de cambio de uso de suelo no se requiere del transporte o uso de materiales pétreos, ya que estas sólo implican el desmonte y despalle del sitio, así como el triturado y aprovechamiento del material vegetal producto del desmonte.		
<b>CU 32</b>	En predios urbanos en los que existan manglares, deberá cumplirse lo establecido en la Ley General de Vida Silvestre y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables	De acuerdo con el inventario forestal realizado en el predio, se concluye categóricamente que al interior del mismo no existen manglares; por lo que este criterio no es aplicable al proyecto en el amplio sentido de su contexto		
<b>CU 33</b>	En el desarrollo u operación de cualquier tipo de proyecto se debe evitar el derrame al suelo o cuerpos de agua de combustibles, lubricantes, grasas, aceites, pinturas u otras sustancias potencialmente contaminantes. De igual manera, se deberá evitar la disposición inadecuada de materiales impregnados con estas sustancias o de sus recipientes. En este sentido el promovente deberá manifestar el tipo de sustancias potencialmente			

Criterio	Descripción	Vinculación
	contaminantes que se empleará en las distintas etapas del proyecto, así como las medidas de prevención, mitigación y, en su caso corrección, que aplicará. Para el almacenamiento de este tipo de sustancias se deberá contar con un almacén que cumpla con las especificaciones establecidas en la normatividad aplicable y se deberá llevar el registro de su manejo en la bitácora del almacén.	
	<p>Durante la ejecución del cambio de uso de suelo (desmonte y despalme), se empleará maquinaria cuyo funcionamiento es a base de diésel, aunque también requiere de lubricantes, grasas y aceites para un óptimo funcionamiento de sus componentes. En este sentido, existe la posibilidad de que ocurra un derrame accidental de dichas sustancias al suelo, lo cual pudiera deberse a posibles fugas o averías en el sistema de combustión de la maquinaria, puesto que ningún vehículo que funcione a base de combustibles se encuentra exento a ese tipo de contingencias. En tal sentido se han propuesto una serie de medidas preventivas para atender derrames accidentales de dichas sustancias (ver programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos); y a continuación se describe el almacén temporal que será instalado en el sitio para el resguardo de los materiales que se utilicen para atender las contingencias, y que se encuentren impregnados con sustancias potencialmente contaminantes.</p> <p>Un factor importante para disminuir los impactos ambientales en un sitio de almacenamiento es contar con un lugar adecuado que reúna todas las condiciones necesarias para esta actividad. El Almacén de Residuos del proyecto, estará destinado básicamente, al almacenamiento temporal de materiales impregnados con sustancias potencialmente contaminantes, antes de ser retirados por gestores autorizados. Su esquema de funcionamiento es relativamente sencillo; se basa en conseguir una correcta segregación de los residuos recibidos y una optimización de las vías de gestión de los mismos, maximizando las fracciones de residuos enviados a recuperación, reciclaje o valorización y minimizando los porcentajes de aquellas fracciones destinadas a tratamiento o eliminación.</p> <p>Ubicación. Idealmente todo lugar de almacenamiento de sustancias y residuos peligrosos debe estar alejado de zonas densamente pobladas, de fuentes de captación de agua potable, de áreas inundables y de posibles fuentes externas de peligro. En el caso particular del proyecto, el almacén de residuos estará ubicado dentro de las áreas de aprovechamiento a una distancia mínima de 20 metros con respecto a las áreas de conservación que se proponen.</p> <p>Diseño del almacén. El diseño del almacén estará condicionado por las cantidades y tipología de los residuos a almacenar. De forma general, para las necesidades de la gestión de residuos, se propone la existencia de dos zonas independientes dentro del almacén: 1) una zona de entrada o zona limpia donde se situarán los materiales para atender los derrames, armarios con equipos de protección, elementos necesarios para la limpieza y el aseo personal, etc., el cual tendrá una superficie de 2 m<sup>2</sup> (1 m x 2 m); y 2) una zona sucia destinada al almacenamiento de los residuos con una superficie de 3 m<sup>2</sup> (1.5 m x 2 m). La zona sucia estará destinada al almacenamiento temporal de los materiales impregnados con las sustancias potencialmente contaminantes.</p> <p>Características constructivas. Las paredes estarán construidas con una estructura de madera forrada con malla anticiclónica, para permitir la ventilación del almacén y evitar la concentración de vapores que pudieran dar origen a un incendio. En cuanto al piso de la zona sucia, éste será impermeable para evitar infiltración de contaminantes, y resistente a las sustancias y/o residuos que se almacenarán. Será liso sin ser resbaloso y libre de grietas que dificulten su limpieza. En su diseño se tiene previsto la construcción de una canaleta perimetral al piso de almacenamiento de 10 cm de ancho, cuya función será contener o retener alguna posible filtración de lixiviados desde los contenedores, para evitar que estos se dispersen más allá del almacén, por lo que contará con un desnivel a una profundidad de 10 cm con respecto al nivel del piso, tal como se muestra en el siguiente esquema. El techo estará diseñado de tal forma que no admita el ingreso del agua de lluvia al almacén, pero que permitan la salida vapores. La estructura de soporte del techo se construirá con materiales no combustibles. La madera dura o los marcos de madera tratada son aceptables siempre y cuando la cubierta no sea combustible.</p>	

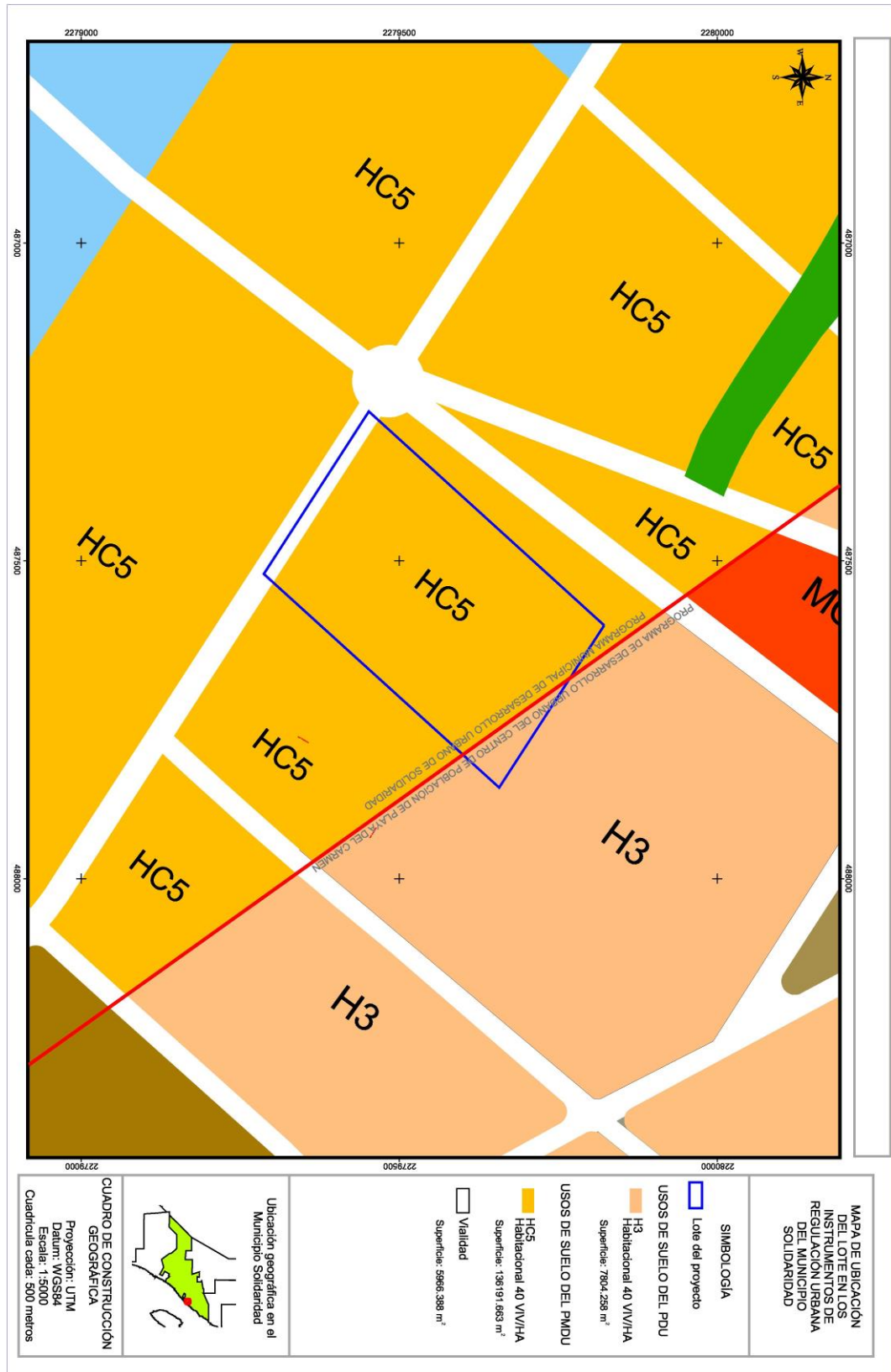
Criterio	Descripción	Vinculación
<b>CE-39</b>	Si un predio está dividido en dos o más UGA, la superficie máxima de aprovechamiento de cada porción será la que se establezca para cada uso y unidad. La superficie máxima de aprovechamiento no es acumulativa entre usos o unidades de gestión.	El predio del proyecto se encuentra ubicado en las Unidades de Gestión Ambiental 10 "Zona Urbana de Playa del Carmen" y 14 "Reserva Urbana Norte- Sur de Playa del Carmen"

<b>CE-79</b>	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. Dichas medidas deberán manifestarse en el estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto, para su valoración y en su caso, validación y autorización por la Dirección de Vida Silvestre de la SEMARNAT.	El predio del proyecto se ubica por mucho lejos de la zona costera; por lo que no colinda con playas ni zona federal marítimo terrestre.  Considerando que el presente proyecto sólo corresponde para las actividades concernientes al CUSTF, la superficie de aprovechamiento que establece el PDU aplicable para los usos de suelo en donde se encuentra albergado el predio proyecto son un CMS del 90% y el 10% restante como área no modificada.
<b>CE-95</b>	En los predios en los que exista vegetación exótica o invasora deberá llevarse a cabo un programa de erradicación de dichas especies.	De acuerdo con el inventario realizado no existen especies exóticas o invasoras dentro del predio.
<b>CE-98</b>	Las reservas urbanas destinadas a aprovechamiento urbano deberán mantener su cobertura vegetal original en tanto no sean urbanizadas.	El área de proyecto no se encuentra dentro de la reserva territorial de playa del Carmen, y se encuentra regulado por los usos de suelo y parámetros del Programa de Desarrollo Urbano de Playa del Carmen publicado el 20 de diciembre de 2010.
<b>CE-103</b>	En el caso de que el ecosistema de duna costera se encuentre afectado o carezca de vegetación, ésta se deberá restaurar o reforestar con la finalidad de promover la protección de las playas, de la zona de anidación de las tortugas marinas y para el mantenimiento de la vegetación costera. Para el cumplimiento de este criterio deberá presentarse de manera conjunta con el estudio ambiental correspondiente, el programa de restauración de vegetación costera. La restauración se realizará en el primer año a partir de la fecha de inicio de obras del proyecto autorizado. Las actividades de restauración deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente	El predio del proyecto se ubica por mucho lejos de la zona costera; por lo que no colinda con playas ni zona federal marítimo terrestre y por consiguiente no alberga el ecosistema de duna costera referido por el criterio.
<b>CE-104</b>	La estructura de la duna costera o bermas rocosas, así como la vegetación que las ocupa se debe mantener en estado natural en por lo menos el 75 % de su superficie dentro del predio.	El predio del proyecto se ubica por mucho lejos de la zona costera; por lo que no colinda con playas ni zona federal marítimo terrestre y por consiguiente no alberga el ecosistema de duna costera ni cuenta con bermas rocosas como lo refiere el criterio analizado.
<b>CE-105</b>	Se permiten los andadores de acceso a la playa de conformidad con lo establecido en la normatividad vigente, los cuales siempre tendrán un trazo que atraviese la franja de vegetación costera en forma diagonal con la finalidad de evitar la erosión de la duna o playa. Los andadores o accesos a la playa tendrán una anchura máxima de tres metros y se podrá establecer uno por cada 100 metros de frente de playa de cada predio.	El predio del proyecto se ubica por mucho lejos de la zona costera; por lo que no colinda con playas ni zona federal marítimo terrestre y no involucra ningún tipo de construcciones y/o andadores.

<b>CE-106</b>	Los andadores de acceso a la playa se establecerán sobre el terreno natural, sin rellenos, ni pavimentos, sólo se permitirá la delimitación del mismo con rocas u otros ornamentos no contaminantes. Se permite el establecimiento de andadores elevados que respeten el relieve natural de la duna.	El predio del proyecto se ubica por mucho lejos de la zona costera; por lo que no colinda con playas ni zona federal marítimo terrestre y no involucra ningún tipo de construcciones y/o andadores.
<b>CE-116</b>	La superficie máxima de aprovechamiento para el uso urbano no podrá exceder de los límites establecidos en la ley de fraccionamientos del estado de Quintana Roo, en donde se realizará el desplante de las edificaciones, obra exterior, circulaciones, áreas verdes y cualquier otra obra o servicio relativo al uso permitido. La superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales.	El proyecto que se somete a evaluación, sólo implica el cambio de uso de suelo del terreno forestal a través de la remoción total de vegetación forestal.

#### **XIV.7. PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DEL CENTRO DE POBLACIÓN PLAYA DEL CARMEN**

De acuerdo con el Programa de Desarrollo Urbano de del centro de población de Playa del Carmen (PDU), publicado en Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo el 20 de diciembre de 2010, el uso de suelo aplicable al predio del proyecto corresponde a la zonificación con clave H3 denominada Zona Habitacional de densidad media y HC5 Zona Habitacional Urbano Campestre, tal como se muestra en la figura siguiente:



En relación a lo anterior y considerando que el presente proyecto se refiere única y exclusivamente a las actividades relacionadas con el CUSTF, a continuación se presentan las normas particulares establecidas para los usos que son vinculantes con el proyecto.

**Coefficiente de Modificación del Suelo:** El coeficiente de modificación del suelo (CMS) corresponderá al total del predio y para los tipos de uso de suelo habitacional corresponde al *“0.90 por ciento de la superficie total del lote, debiendo tener el 10 por ciento como área no modificada del total del lote, de la cual, el 50 por ciento se mantendrá como área verde natural y el 50 por ciento como área verde modificada.”*

En virtud de lo anterior se advierte que el proyecto cumple con dicha regulación toda vez que las superficies propuestas para aprovechamiento y conservación se distribuyen de la siguiente manera:

MZA 236, LOTE 01, REGIÓN 007	Superficies m <sup>2</sup>	Porcentaje %
Área verde (Donación)	25,063.810	19.07

## XIV.8. NORMAS OFICIALES MEXICANAS

### XIV.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

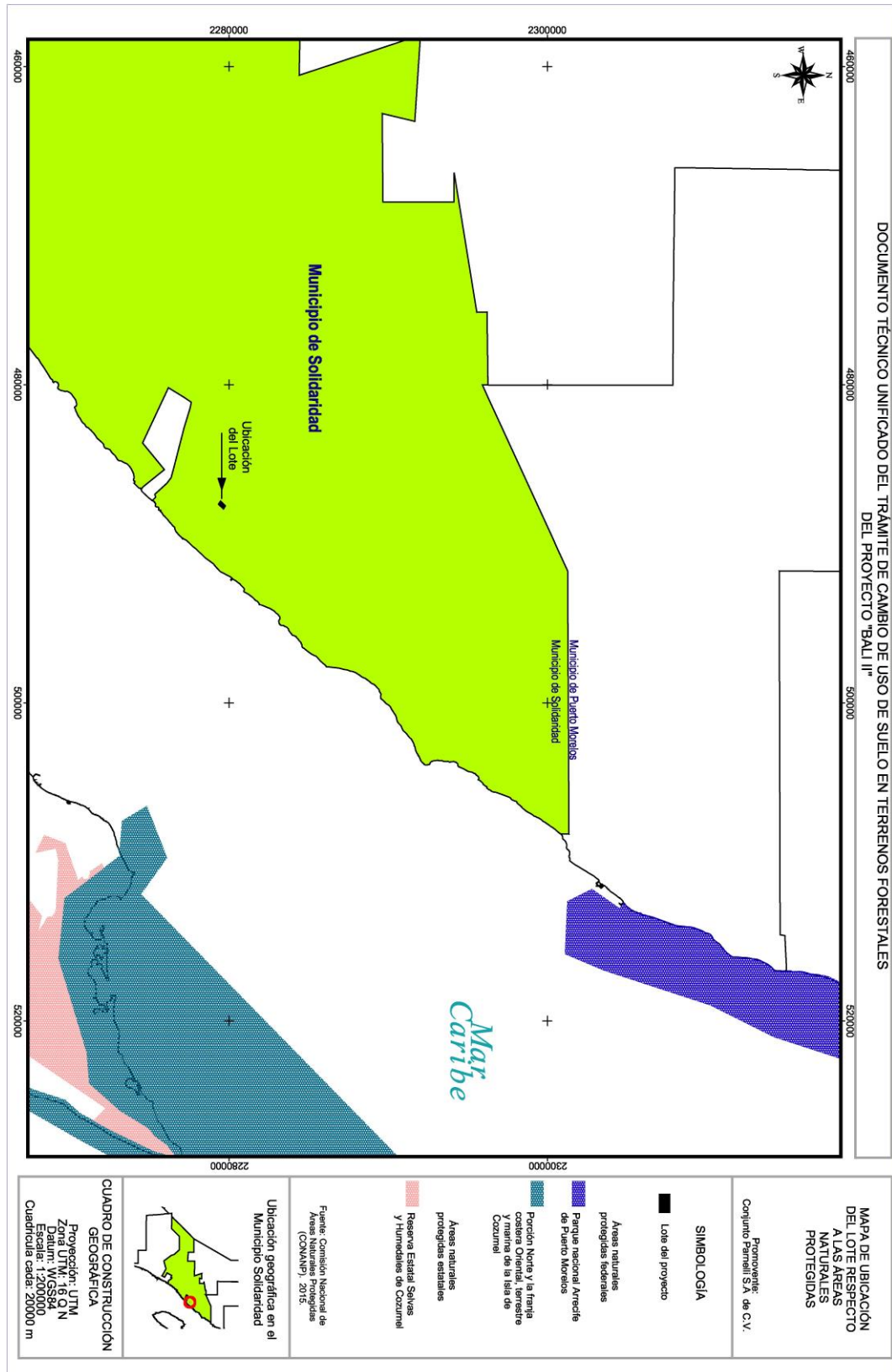
Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las 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.

#### **XIV.9. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS**

El proyecto se ubica fuera de los polígonos oficialmente decretados de Áreas Naturales Protegidas, sean de carácter Federal, Estatal o Municipal. (Ver mapa de la página 21)





Áreas protegidas cercanas al sitio del proyecto

## **XIV.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).

### **XIV.10.1. Regiones terrestres prioritarias**

El proyecto se ubica fuera de las regiones terrestres prioritarias que han sido decretadas oficialmente (ver plano página siguiente)

### **XIV.10.2. Regiones Marinas Prioritarias**

El predio del proyecto se ubica dentro de la RMP número 63 denominada Punta Maroma-Punta Nizuc. 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 se pretende modificar el entorno por tala de manglar o relleno de áreas inundables ni se pretende la contaminación por descargas urbanas y falta de condiciones de salubridad.

### **XIV.10.3. Regiones hidrológicas prioritarias**

El predio del proyecto se ubica dentro de la región hidrológica número 105 denominada Corredor Cancún-Tulum. Según la CONABIO, las principales problemáticas de esta región hidrológica prioritaria son las siguientes:

- Modificación del entorno: perturbación por complejos turísticos, obras de ingeniería para corredores turísticos, desforestación, modificación de la vegetación (tala de manglar) y de barreras naturales, relleno de áreas inundables y formación de canales.
- Contaminación: aguas residuales y desechos sólidos.
- Uso de recursos: pesca ilegal en la laguna de Chakmochuk y plantaciones de coco *Cocos nucifera tasiste*.

Respecto de las problemáticas señaladas en las Regiones Prioritarias sobre las que se alberga el predio del proyecto, se advierte que el mismo sólo considera llevar a cabo el cambio de uso del suelo a través de la remoción de vegetación forestal, acorde a lo establecido en los distintos instrumentos normativos aplicables; por lo tanto, no promueve 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 (ver apartado correspondiente), por lo que se garantiza la nula afectación al medio por este tipo de contaminantes. Por su parte, es de señalarse que el mismo no tiene relación alguna con cuerpos de agua ni con especies exóticas de ningún tipo.



#### **XIV.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) expuesto previamente en el capítulo IV, se advierte que el predio del proyecto no se encuentra comprendido dentro de ninguna de estas áreas.

## **XV. ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LOS RECURSOS BIOLÓGICOS FORESTALES DEL ÁREA SUJETA AL CAMBIO DE USO DE SUELO**

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).

### **XV.1. 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 997.98 m<sup>3</sup>, así como los “**Precios de productos forestales maderables**” presentados en el reporte

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

trimestral julio/septiembre de 2016<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.

## OTRAS TROPICALES

Precios **Libre a Bordo** para trocería por metro cúbico

Obtenidos en:	Tipo de precio	Primario
Aserraderos	LAB en brecha	1,683.33
	LAB en aserradero	2,300.00
Predios	LAB en brecha	1,611.11

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.

Para el caso particular del proyecto, sólo se considera el precio por metro cúbico Libre a Bordo para trocería obtenida en predio (\$1,611.11 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 997.98 m<sup>3</sup> que pueden obtenerse en una superficie de 13.13 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 \$1,607,855.56.

## XV.2. 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.

<sup>2</sup> <http://www.cnf.gob.mx:8080/snif/portal/economica/sipre>

## 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 siempre verde
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 131,341.42 m<sup>2</sup> (13.13 ha.) equivalentes al 87.59% 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 los 131,341.42 m<sup>2</sup> de cambio de uso de suelo representan un valor de \$47,282.91 dólares por concepto de depósitos de carbono, los cuales a un tipo de cambio aproximado de 18 pesos mexicanos, corresponden a \$851,092.40.

## Servicios ambientales hidrológicos

Los montos que a continuación se presentan, se obtuvieron del Componente V. Servicios ambientales, Concepto SA.1 Pago por servicios ambientales, Modalidad SA.1.1 Servicios ambientales hidrológicos, de las Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2015, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre del 2015.

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 2015, 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 (13.13 ha.) podría obtener un monto anual por pago de servicios ambientales hidrológicos de \$14,447.56 lo que en un plazo de 5 años arroja un monto total de \$72,237.78.

### **Protección de la biodiversidad**

Los montos que a continuación se presentan, se obtuvieron del Componente V. Servicios Ambientales, Concepto SA.1 Pago por Servicios Ambientales, Modalidad SA.1.2 Conservación de la Biodiversidad, de las Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2015, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre del 2015.

El pago por el servicio ambiental por la conservación de la biodiversidad, según las Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2015, puede ser hasta de \$700 pesos por hectárea por año. Por lo tanto, la superficie de cambio de uso de suelo solicitada (13.13 ha.) podría obtener un monto anual por pago de servicios ambientales por la protección de la biodiversidad de \$9,193.90, lo que en un plazo de 5 años arroja un monto total de \$45,969.50.

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 \$969,299.68 anuales.

### **XV.3. 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 (13.13 ha.), con un valor de biodiversidad moderada, el costo sería de \$78.80 dólares, lo cual a un tipo de cambio aproximado de \$18 pesos mexicanos, asciende a la cantidad de \$1,418.49 anuales.

#### XV.4. 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

<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)

representada por la persona entrevistadora y la demanda por la entrevistada. El formato de la encuesta se tomo de Azqueta (1994), cuya estructura se describe como sigue:

- » En la primera parte, se expuso la información acerca del bien o servicio en cuestión, de modo que el entrevistado tuvo todas las herramientas para identificar el problema a tratar.
- » El segundo bloque, incluyó información respecto a las modificaciones de cantidad, que se llevarán a cabo en el bien o servicio ambiental. Dentro de este segundo bloque también se incluyó información del modo de pago, es decir, se le informó que tendrá que pagar por dicha modificación vía impuestos.
- » Por último, en el tercer bloque de información, se incluyeron todos aquellos datos socioeconómicos del entrevistado que son relevantes en la toma de decisiones de valoración y que también son imprescindibles en el correcto manejo del método como: ingresos, edad, profesión, etc.

La encuesta se llevó a cabo vía correo electrónico, dado su bajo costo de operación y la inclusión de ayuda visual (gráficos, imágenes, fotos, etc.). Para la encuesta se utilizó el sistema de preguntas múltiples, de tal manera que al entrevistado le fue presentada una tabla con diferentes opciones para obtener una valoración total al final del ejercicio.

Cabe mencionar que de las 100 personas que fueron incluidas en la encuesta, sólo 42 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.

Las encuestas se realizaron, considerando el mercado hipotético de preservar una superficie de 1 ha de Selva mediana subperennifolia, para que las futuras generaciones tengan la oportunidad de usarlos.

<b>MONTO TOTAL SUGERIDO</b>	\$546,000.00
<b>MEDIA DEL MONTO TOTAL</b>	\$13,000.00

En conclusión, se estima que el valor de legado por la preservación de una superficie de 13.13 ha. de Selva mediana subperennifolia, asciende a la cantidad de \$170,743.85 anuales (\$13,000.00 X 13.13 ha.).

### XV.5. 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 estaría dispuesto a donar una persona, para preservar una superficie de 1 ha 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.

<b>MONTO TOTAL SUGERIDO</b>	\$21,000.00
<b>MEDIA DEL MONTO TOTAL</b>	\$500.00

En conclusión, se estima que el valor por existencia de una superficie de 13.13 ha de Selva mediana subperennifolia, asciende a la cantidad de \$6,567.07 (\$500.00 X 13.13 ha.).

### XV.6. CÁLCULO DEL VALOR ECONÓMICO TOTAL

Valor Económico Total (VET):

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

$$\text{VET} = \$1,607,855.56 + \$969,299.68 + \$1,418.49 + \$170,743.85 + \$6,567.07.$$

En conclusión, se estima que el valor económico total de los recursos biológicos de la superficie de cambio de uso de suelo, considerando los valores de uso (directo e indirecto) y no uso (opción, legado y existencia), asciende a la cantidad de \$2,755,884.64 anuales.

### XV.7. TIERRA VEGETAL

La utilización de la tierra vegetal presente en el predio tiene la enorme ventaja de que posee las características edáficas a las cuales están adaptadas las especies nativas, por lo que es útil en los programas de rescate de flora, así como para su posterior utilización en la creación y mantenimiento de jardines, sin embargo la desventaja es que en la mayoría del

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

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 subperennifolia ya que son los que presentan disponibilidad de tierra vegetal con características deseables para su aprovechamiento.

Los precios vigentes se investigaron en viveros comerciales, así como con los vendedores Ambulantes de este recurso en la Ciudad de Playa del Carmen es de aproximadamente 400.00 por m<sup>3</sup>, sin embargo, por las razones antes mencionadas solo se determina que existen aproximadamente 13134.142 m<sup>3</sup> de tierra vegetal producto de las afectaciones causadas por las obras (considerando que solo existe una capa fértil de tierra de 10 cm.), por lo anterior el valor estimado de la venta de este producto con motivo del cambio de uso de suelo forestal es de \$5,253,656.80.

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.

## **XV.8. 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 353.65 m<sup>3</sup> rollo (VTA Arbustivo); realizando los cálculos se obtendría la cantidad de 271.96 toneladas.

El valor económico de la tonelada en la región oscila alrededor de los \$1,500.00 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 \$407,935.28.

## **XVI. ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LAS ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN CON MOTIVO DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO**

Para la estimación del costo de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso del suelo, se consideraron los costos reales que aplican al municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, a fin de tener una estimación lo más cercana posible a la realidad, tal como se describe a continuación.

### **XVI.1. ESCENARIOS PARA LA RESTAURACIÓN**

#### **XVI.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.

##### **XVI.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 13,134.14 m<sup>3</sup> de tierra, así como la dispersión de 302 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), *Neea psychotrioides* (tadzi), *Piscidia piscipula* (jabín), *Pouteria campechiana* (Kanisté), *Randia longiloba* (cruceca), *Simaruba glauca* (pa'a sak) 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 302 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.

## **XVI.1.2. ESCENARIO 2**

### **XVI.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, como es el caso de chicozapote (*Manilkara zapota*), guayabillo (*Psidium sartorianum*), ramón (*Brosimum alicastrum*), uchuché (*Diospyros cuneata*), huaya (*Talassia olivaeformis*), yaite (*Gimnanthes lucida*), entre otras.

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 (*Thrinax radiata*), toda vez que es de gran importancia por estar registrada 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.

### **XVI.1.3. ESCENARIO 3**

#### **XVI.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.

## **XVI.2. PROCESO DE RESTAURACIÓN DE LA VEGETACIÓN**

### **XVI.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

## **XVI.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 131,341.42 m<sup>2</sup>, 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 131,341.42 m<sup>2</sup>, tomando como referencia los costos de restauración citados en el acuerdo ya referido.

### XVI.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 13,134.14 m<sup>3</sup> como se mencionó anteriormente; en el Municipio de Solidaridad, el metro cúbico de tierra vegetal puede alcanzar los \$400.00 pesos, por lo tanto, el monto por la restauración de la capa edáfica, asciende a la cantidad de \$ 5,253,656.80.

**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, si consideramos que al día se realizan en promedio 4 viajes por camión, se tiene que un camión puede transportar 56 m<sup>3</sup> por día, por lo que se requiere de 235 camiones para el transporte de los 13,134.14 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; se requeriría 235 camiones para realizar dichos trabajos, por lo que en resumen el costo de transporte de la tierra alcanza un precio de \$ 117,269.13.

**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 o 0.25 ha por hora, por lo que basta con 53 horas para poder dispersar la tierra fértil adquirida sobre una superficie de 13.13 hectáreas de la superficie de CUSTF, lo cual generaría un costo de \$ 36,775.60 pesos para la realización de esta actividad.

**Costo total.** En resumen, el regresar la tierra orgánica a su situación actual, tendrá un costo de \$ 5,407,701.52 considerando las actividades de compra y acarreo de la tierra, así como su dispersión dentro de la superficie de CUSTF.

### XVI.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 desarrolla en el predio; con esta información fue posible realizar la estimación del número de individuos en condición de plántula afectados durante el proceso de desmonte para el Cambio de Uso de Suelo y desarrollo de

la infraestructura. La valoración de las plántulas se realizará en función al valor de cada planta joven estimadas en la superficie del predio y considerando el valor de \$ 2.50 pesos por plántula producida en vivero en la región.

Según el cálculo de los estudios de flora realizados, en el predio existieron 131,341 plántulas en condición de Regeneración. Por lo que si consideramos que tendríamos que plantar en el predio un número similar de plantas nos costaría un total de \$ 328,352.50.

**Transporte de las plantas.** Considerando que un camión de 3 toneladas lleva por viaje un total de 10,000 plantas; para transportar el número total de plantas se necesitan hacer 13 viajes a un costo de \$ 3,000.00. Por lo que para poder transportar las plantas del vivero al predio tendría un costo de \$ 39,402.30.

**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 contratarían jornaleros (el promedio aproximado de un jornalero es de la siembra de 80 plantas por día); el costo de un jornal es de \$ 150.00 por día, por lo que como resultado para las actividades de la plantación se requieren de 1,642 jornales los cuales tendrían un costo de: \$ 246,264.38.

**Obtención de semillas.** Como apoyo a la regeneración natural se pretende también dispersar en todo el predio un total de 302 kilogramos de semillas de especies pioneras las cuales tiene un costo de \$ 500.00 pesos por kilogramo, por lo que al hacer la multiplicación por el número de kilogramos nos da un total de: \$ 151,042.63.

**Dispersión de semillas al voleo.** Para dispersar las semillas a razón de 20 kg por jornal, en todo el predio se requiere de 15 jornales a un costo de \$ 150.00 pesos por jornal y nos da un costo total de: \$ 2,265.64.

**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 **\$ 765,061.81**.

### XVI.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 \$ 3,000.00 pesos anuales por cuestiones de protección (según experiencias previas en campo) y que en 15 años asciende a la cantidad de \$ **45,000.00**.

#### **XVI.3.4. Mantenimiento**

Finalmente se requiere monitorear el desarrollo de los ejemplares plantados con el propósito de conocer los porcentajes de sobrevivencia de los mismos. Esta actividad se realizará durante los primeros tres años dicha actividad se realizará en campo cada tres meses teniendo un costo del orden de los \$ 10,000.00 pesos cada una, en total en los tres años serán 12 visitas de monitoreo con un costo total de \$ 120,000.00 pesos.

A partir del año 4 se realizará un monitoreo anual hasta el año 15 con un costo por año será del orden de los \$ 10,000.00 pesos, en total será un costo de \$ 120,000.00 pesos.

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 \$ **240,000.00**.

#### **XVI.3.5. Asesoría técnica**

El costo por asesoría en la restauración de un ecosistema tropical, asciende a la cantidad de \$ 613.76; sin embargo, para la ciudad de Cancún los costos ascienden a la cantidad de \$10,000.00 por hectárea, lo que se traduce en un costo total de \$ **131,341.42** por concepto de asesoría en una superficie equivalente a 13.13 ha de cambio de uso de suelo.

### **XVI.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 13.13 ha en un plazo de hasta 15 años, de acuerdo con los cálculos citados en los numerales anteriores, asciende a la cantidad de \$ **6,589,104.75**.