



# DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD A

**PROYECTO:**  
**"MACROCONDominio TRIGO"**



**ABRIL DEL 2018**

CONSULTA PÚBLICA

**CAPÍTULO 1****DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO****1.1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO****1.1.1. Nombre del proyecto**

Macrocondominio Trigo

**1.1.2. Ubicación del proyecto**

El polígono forestal que se pretende aprovechar para la implementación del proyecto, se ubica dentro del Lote 1-01, Manzana 01, Supermanzana 110, de la Ciudad de Cancún, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, México.

**1.1.3. Tiempo de vida útil del proyecto**

El plazo solicitado para la realización del cambio de uso del suelo es de 24 meses (2 años), conforme al programa calendarizado del proyecto. Es importante señalar que este plazo corresponde exclusivamente a la etapa de preparación del sitio del proyecto, a través de la remoción de vegetación forestal.

**1.2. DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE****1.2.1. Nombre o razón social****1.2.2. Domicilio para recibir u oír notificaciones**

### **1.2.3. Nombre o razón social del representante legal**

### **1.2.4. Domicilio del representante legal para recibir u oír notificaciones**

## **1.3. DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL DTU-A**

### **1.3.1. Nombre del responsable técnico del estudio**

### **1.3.2. Registro Federal de Contribuyentes**

### **1.3.3. Cédula profesional**

### **1.3.4. Dirección del responsable técnico del estudio**

## **1.4. PRESENTACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN LEGAL**

### **1.4.1. Carta firmada por el responsable técnico de la elaboración del estudio.**

- 1.4.2.** Tabla de cálculo para el pago de derechos, por la recepción, evaluación y el otorgamiento de la autorización en materia de impacto ambiental del citado proyecto, de conformidad con el Artículo 194-H, fracción II, de la Ley Federal de Derechos.
- 1.4.3.** Formato de pago e5.
- 1.4.4.** Formato de solicitud FF-SEMARNAT-031.
- 1.4.5.** Recibo bancario de pago de contribuciones, productos y aprovechamientos Federales.
- 1.4.6.** Copia de la Cédula de Identificación Fiscal de la empresa promovente.

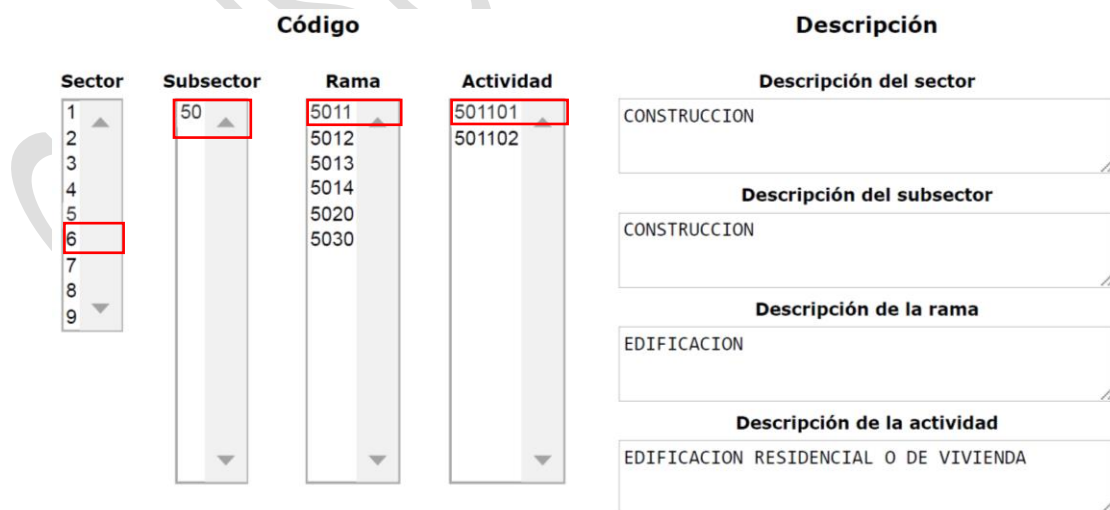


## USOS QUE SE PRETENDEN DAR AL TERRENO

### 1.5. USOS DE SUELO PROPUESTOS

El uso que se le pretende dar al terreno, corresponde a los usos permitidos establecidos en el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún (2014-2030), específicamente estará destinado a uso habitacional, es decir, una zonificación que permite la vivienda unifamiliar y plurifamiliar y se propone a conservar las características habitacionales de los barrios, sin usos que puedan alterar su vocación predominante original, ni la de colonias y fraccionamiento netamente habitacionales. El proyecto que se pretende ejecutar posterior al cambio de uso de suelo, corresponde a un fraccionamiento habitacional.

Por otra parte, tenemos que el Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM)<sup>1</sup>, clasifica los fraccionamientos dentro del **Sector 5** "Construcción"; y dentro de dicho sector se engloba en el **Subsector 50** de igual denominación (construcción); y consecuentemente lo ubica dentro de la **Rama 5011** "Edificación"; y finalmente se cataloga dentro de la **Actividad 501101** "Edificación residencial o de vivienda". Esto se observa de manera gráfica en el siguiente diagrama.



<sup>1</sup> <http://www.siem.gob.mx/portalsiem/catalogos/cmap/Estructura.asp?arbol=&id=76>

En otro orden de ideas, tenemos que las edificaciones de viviendas, se encuentran incluidas en el sector económico secundario. Las actividades secundarias se caracterizan por el uso predominante de maquinaria y de procesos cada vez más automatizados para transformar las materias primas que se obtienen del sector primario. Incluye las fábricas, talleres y laboratorios de todos los tipos de industrias. De acuerdo a lo que producen, sus grandes divisiones son construcción, industria manufacturera y electricidad, gas y agua. En particular, el cambio de uso de suelo propuesto, y el proyecto que se propone posterior a este, se engloban en el sector de la construcción, el cual se considera como uno de los más importantes en el desarrollo de un país, ya que proporciona elementos de bienestar básicos en una sociedad al construir puentes, carreteras, puertos, vías férreas, presas, plantas generadoras de energía eléctrica, industrias, así como viviendas, escuelas, hospitales, y lugares para el esparcimiento y la diversión como los cines, parques, hoteles, teatros, entre otros<sup>2</sup>.

El sector de la construcción utiliza insumos provenientes de otras industrias como el acero, hierro, cemento, arena, cal, madera, aluminio, etc., por este motivo es uno de los principales motores de la economía del país, ya que beneficia a 66 ramas de actividad a nivel nacional.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática<sup>3</sup>, el proyecto se ubica dentro de las actividades secundarias, en el "Sector de transformación de bienes"; particularmente del "Sector 23 Construcción". Este sector comprende unidades económicas dedicadas principalmente a la edificación residencial, ya sea vivienda unifamiliar o multifamiliar; a la edificación no residencial, como naves y plantas industriales, inmuebles comerciales, institucionales y de servicios; a la construcción de obras de ingeniería civil, como puentes, carreteras, presas, vías férreas, centrales eléctricas y puertos; a la realización de trabajos especializados, como cimentaciones, montaje de estructuras prefabricadas, instalación en construcciones de equipos y materiales prefabricados, acabados en edificaciones,

---

<sup>2</sup> <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/secundario/construccion/default.aspx?tema=E>

<sup>3</sup> <http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/clasificadores/clasificador%20de%20actividad%20economica.pdf>

demolición, relleno de suelo, movimiento de tierra, excavación, drenado y otras preparaciones a los suelos. Puede tratarse de construcción nueva, ampliación, remodelación, mantenimiento o reparación integral de las construcciones.

Incluye también: a la construcción operativa (construcción de edificaciones por cuenta propia y en terrenos propios para luego ser vendidas); a la supervisión y administración de construcción de obras, y a la construcción de obras en combinación con actividades de servicios (consultoría en ingeniería, consultoría en arquitectura).

Las unidades económicas del sector pueden operar por cuenta propia o bajo un contrato con otro establecimiento o con los dueños de la propiedad. Pueden producir proyectos completos o solamente partes de los proyectos. Las unidades económicas frecuentemente subcontratan algunos o todos los trabajos involucrados en un proyecto, o trabajan juntas en asociaciones.

Existen diferencias sustanciales en las clases de equipo, habilidades de la fuerza laboral y otros insumos requeridos por las unidades económicas en este sector. Para resaltar esas diferencias y variaciones en las funciones de producción subyacentes, en este sector las unidades económicas son distinguidas inicialmente en dos tipos: las que se hacen cargo de proyectos para cuya realización se requieren varias actividades de construcción diferentes, y las que se especializan en una sola actividad.

Las del primer tipo que se dedican principalmente a la edificación, están clasificadas en los subsectores 2361, 2362 y 2370. Las actividades que se especializan en una sola actividad están por lo general clasificadas en los subsectores 2381 y 2382, que comprenden unidades económicas dedicadas principalmente a actividades comúnmente necesarias en la construcción de edificios y estructuras, como albañilería, pintura o trabajo eléctrico. Sin embargo, las unidades económicas dedicadas principalmente a realizar trabajos especializados que requieren habilidades y equipo específicos para obras de ingeniería civil están clasificadas en el subsector 2370.

El uso al que estará destinado el predio se engloba de manera particular dentro del "Subsector 2361 Edificación residencial"; unidades económicas dedicadas principalmente a la construcción de obras para vivienda, ya sean unifamiliares o multifamiliares. La edificación residencial puede ser construcción nueva, ampliación, remodelación, mantenimiento o reparación integral de las construcciones. Casas habitación, condominios, departamentos.

En otro orden de ideas tenemos que los usos a los que estará destinado el terreno forestal, englobados dentro del uso habitacional, corresponden a usos compatibles de acuerdo con los instrumentos normativos de planeación que rigen la zona en la que se ubica el predio en estudio.

## **1.6. JUSTIFICACIÓN DEL USO PROPUESTO**

Los terrenos son apropiados para el uso de suelo que se le pretende dar, es decir, para la construcción de un condominio que forma parte de la sexta etapa de un fraccionamiento habitacional urbano de interés social (Fraccionamiento Paseo Kusamil), considerando que el predio del proyecto se ubica dentro de la mancha urbana de la ciudad de Cancún, la cual se encuentra regulada por el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún (2014-2030); siendo ese el instrumento de planeación urbana que establece los usos y destinos de suelo para cada predio, asignándole al terreno forestal de interés el uso habitacional, es decir, una zonificación que permite la vivienda unifamiliar y plurifamiliar y se propone a conservar las características habitacionales de los barrios, sin usos que puedan alterar su vocación predominante original, ni la de colonias y fraccionamiento netamente habitacionales.

No hay motivo ni razón de mayor peso para sustentar porque el terreno es apropiado para el uso propuesto, que el mismo instrumento de planeación urbana que lo regula.

Finalmente tenemos que el proyecto en su etapa constructiva (que no se somete a evaluación ni se solicita autorización para la misma), estará integrado por los siguientes conceptos de obra:

USO DE SUELO	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
Habitacional	23515.1636	66.58
Comercial	546.9946	1.55
Áreas comunes	536.0856	1.52
Vialidades	10719.0976	30.35
<b>Total</b>	<b>35317.34</b>	<b>100.00</b>

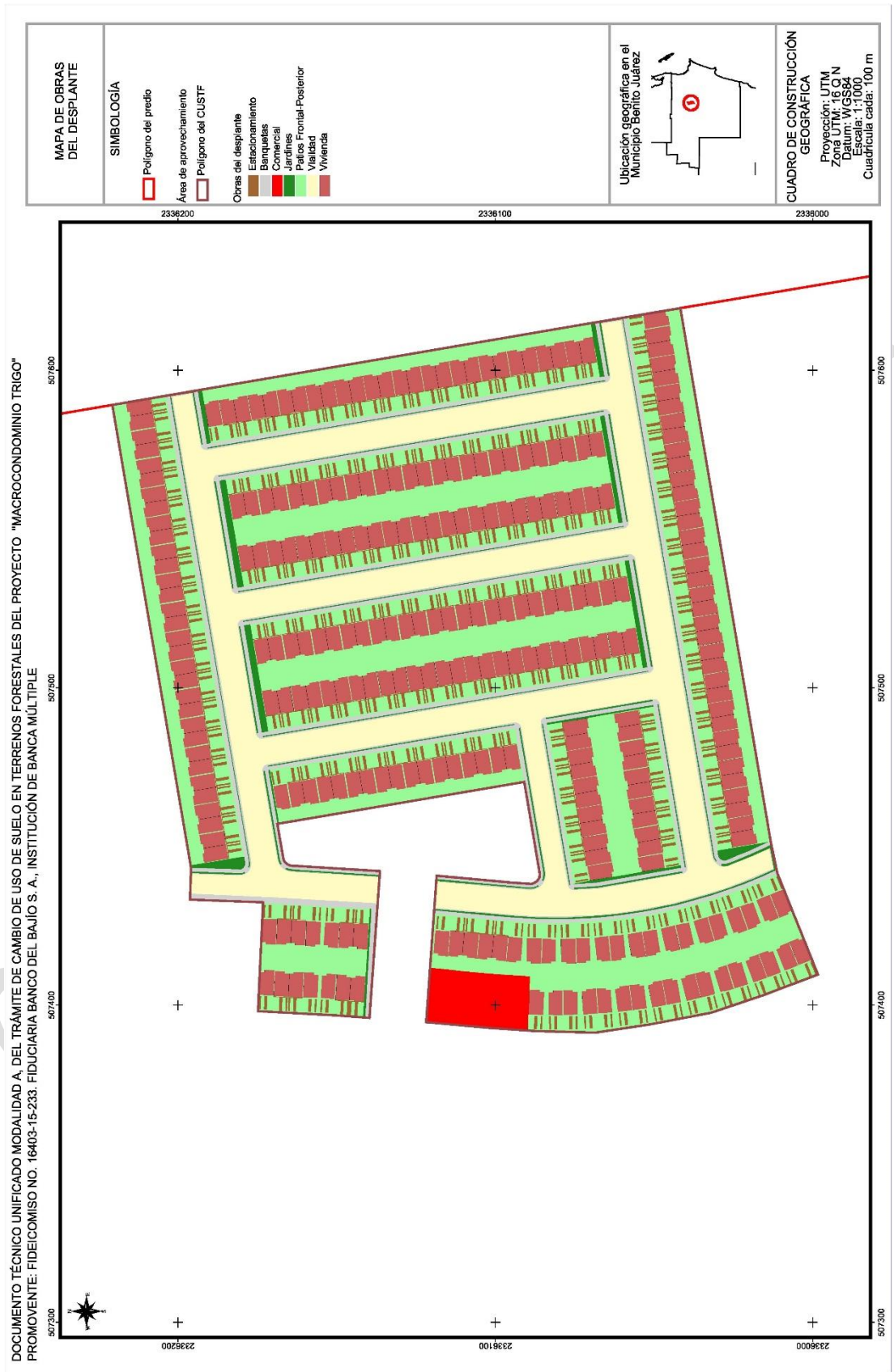
De los usos de suelo propuestos, se contempla una superficie de 13570.34 m<sup>2</sup> de áreas verdes, que representan el 38.42% de la superficie total de aprovechamiento, e incluye los siguientes conceptos.

CONCEPTO	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
Estacionamientos de viviendas	12,867.5236	94.82
Área verde del lote comercial	166.7311	1.23
Áreas comunes	536.0856	3.95
<b>Total</b>	<b>13,570.34</b>	<b>100.00</b>

Finalmente se contempla una superficie de área permeable de 13570.34 m<sup>2</sup> de áreas verdes, que representan el 38.42% de la superficie total de aprovechamiento, e incluye los siguientes conceptos.

CONCEPTO	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
Estacionamientos de viviendas	12,867.5236	94.82
Área verde del lote comercial	166.7311	1.23
Áreas comunes	536.0856	3.95
<b>Total</b>	<b>13,570.34</b>	<b>100.00</b>

En el siguiente plano se muestra la distribución de los usos de suelo propuestos para el proyecto.





**CAPÍTULO 3**
**UBICACIÓN Y SUPERFICIE DEL PREDIO O CONJUNTO DE PREDIOS, ASÍ COMO LA DELIMITACIÓN DE LA PORCIÓN EN QUE SE PRETENDA REALIZAR EL CAMBIO DE USO DEL SUELO EN LOS TERRENOS FORESTALES, A TRAVÉS DE PLANOS GEOREFERENCIADOS**
**3.1. UBICACIÓN Y SUPERFICIE DEL PREDIO**

El terreno forestal que se pretende aprovechar para la implementación del proyecto, forma parte del Lote 1-01, Manzana 01, Supermanzana 110, de la Ciudad de Cancún, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, México (ver planos de las páginas 12, 13 y 14). Cuenta con una superficie total de 817,398.44 m<sup>2</sup> (81.739 hectáreas), con las siguientes medidas y colindancias:

- Al Norte en 201.05 + 219.32 metros, con Lote 2-01, Supermanzana 113.
- Al Sur en 422.64 metros, con Avenida José López Portillo.
- Al Este en 383.61 + 86.78 + 373.59 + 126.54 + 559.36 + 410.92 + 99.71 metros con cárcamo, manzanas 58, 59, 61, 100 y propiedad privada.
- Al Oeste en 469.79 + 499.99 + 569.68 + 3.99 + 98.69 + 397.64 con lotes 9-01, 9-02, 2-06, 2-07, y 2-01 de la manzana 45.

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas de los vértices que conforman el predio, las cuales se encuentran proyectadas en unidades UTM, con referencia al Datum WGS84, Zona 16Q Norte, México (ver plano de la página 15).

<b>CUADRO DE CONSTRUCCIÓN DEL PREDIO</b>		
<b>VÉRTICES</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
1	507191.040	2336166.430
2	507174.550	2336263.730
3	507173.890	2336267.670

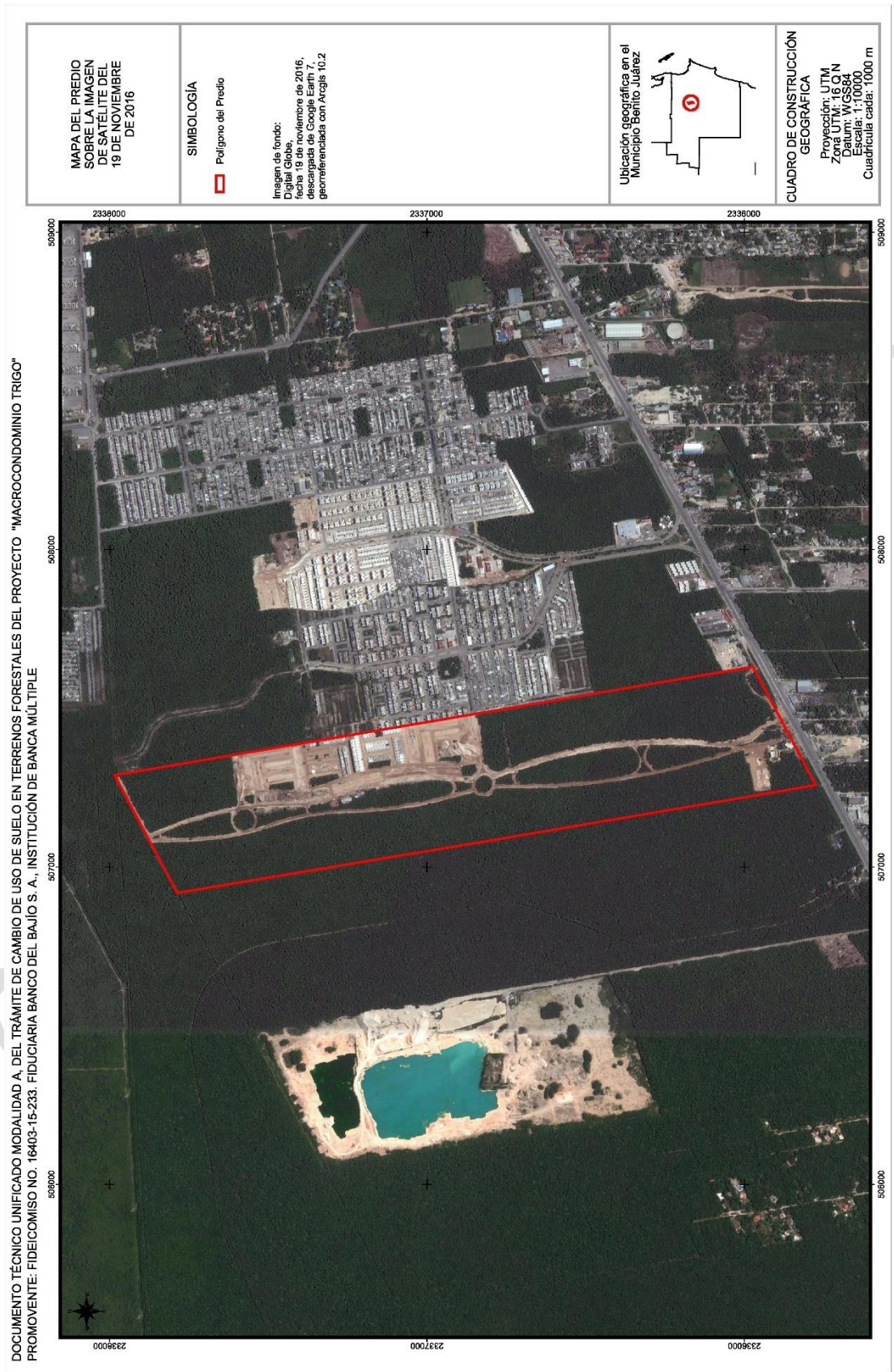
CUADRO DE CONSTRUCCIÓN DEL PREDIO		
VÉRTICES	X	Y
4	507078.580	2336829.320
5	506995.840	2337322.760
6	506918.700	2337786.160
7	507096.010	2337880.930
8	507289.360	2337984.437
9	507353.630	2337606.270
10	507368.210	2337520.730
11	507430.540	2337152.370
12	507451.750	2337027.620
13	507545.550	2336476.170
14	507614.630	2336071.100
15	507631.180	2335972.770
16	507257.960	2335774.460
Superficie total: 81.739 Ha		

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

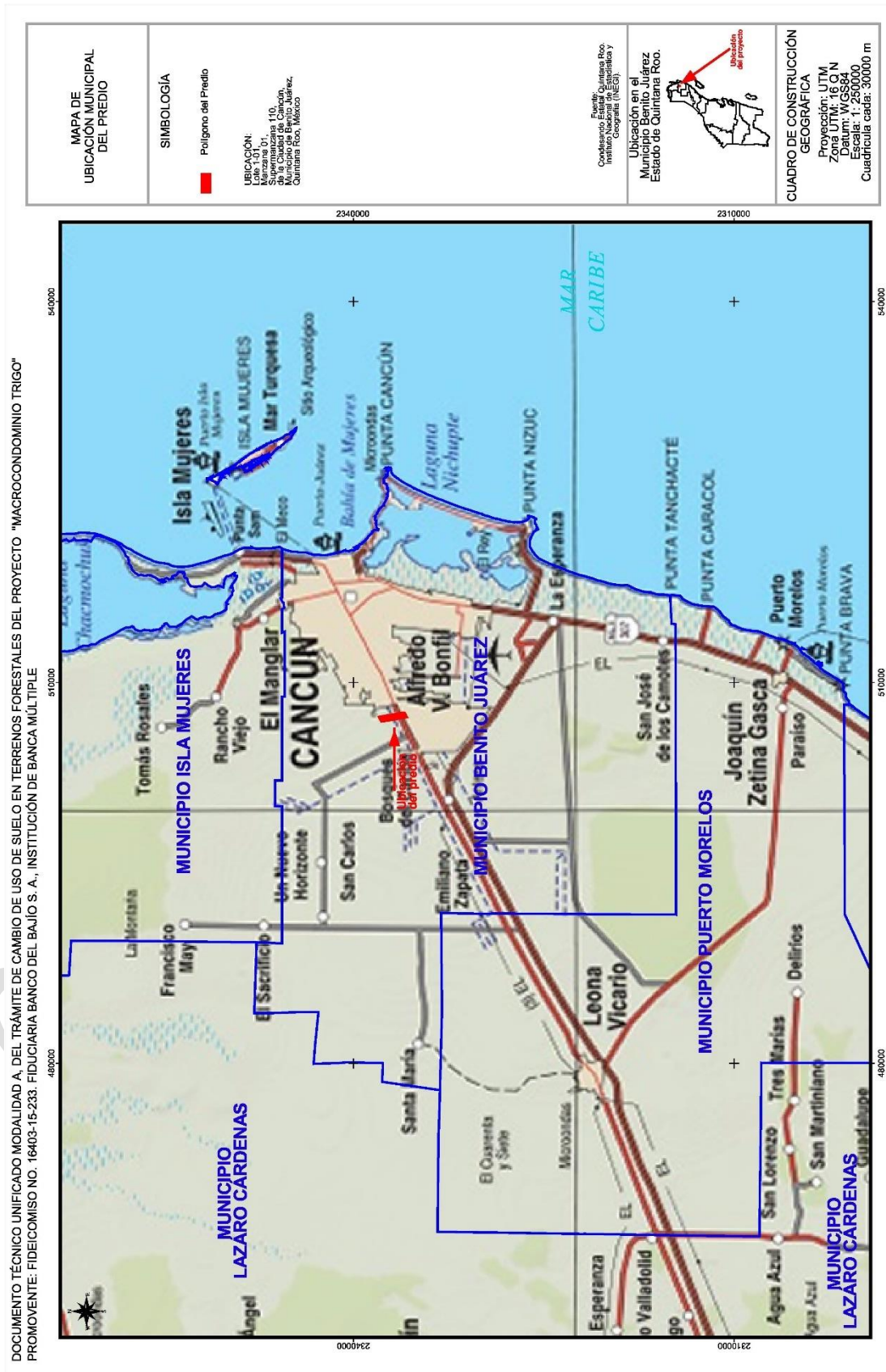
Para realizar el proyecto propuesto, se requiere el aprovechamiento del 4.32% de la superficie total del predio en cuestión, es decir, 35317.34 m<sup>2</sup> (3.531 hectáreas).

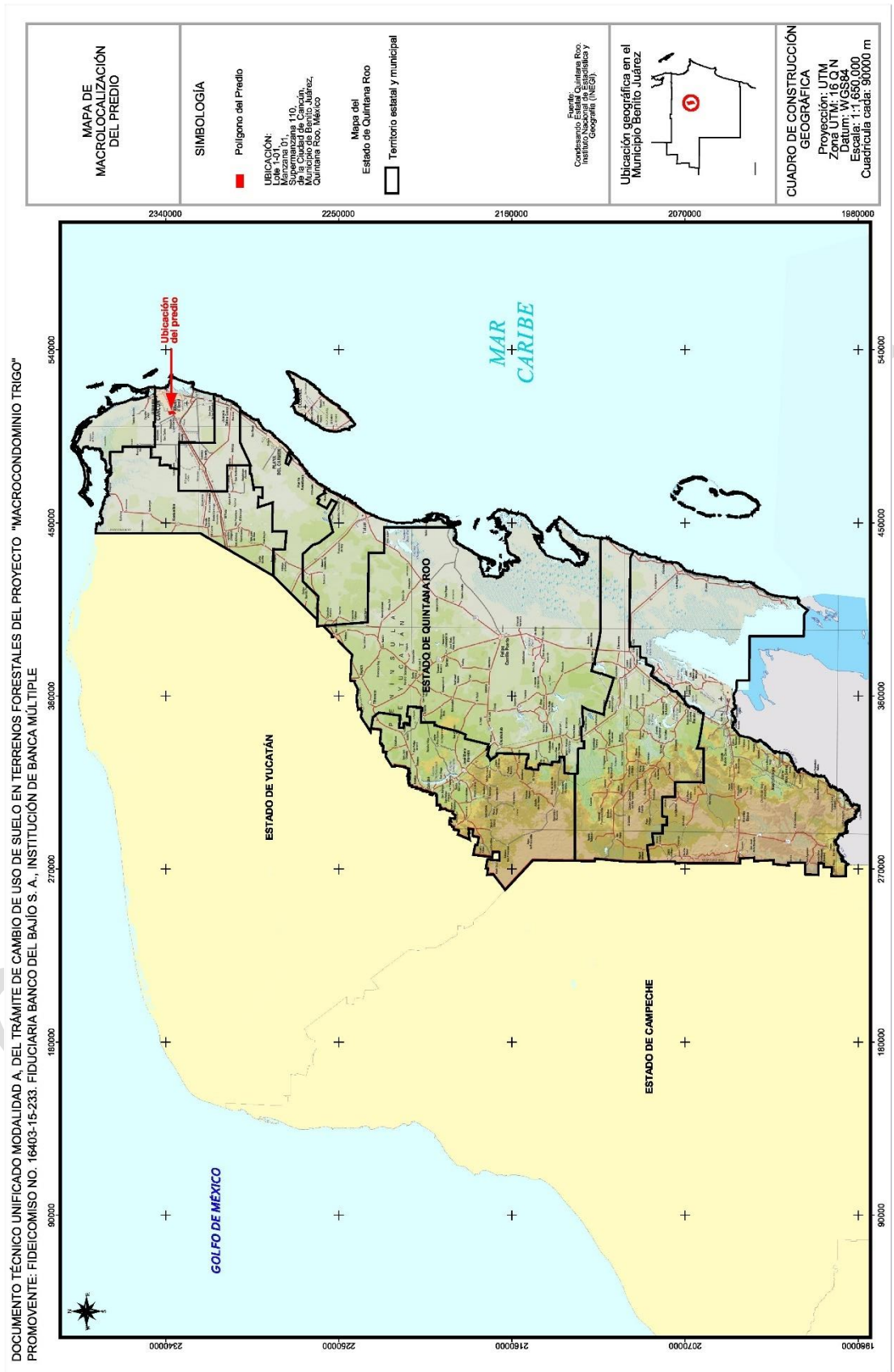
Cabe aclarar que la superficie solicitada para el cambio de uso del suelo, forma parte de la **Etapas 6** del Plan Maestro del fraccionamiento habitacional denominado "**Paseo Kusamil**", del cual ya fueron autorizadas las **Etapas 1, 2, 3 y 4** (ver plano de la página 16), conforme a lo siguiente:

ETAPAS	SUPERFICIE (HA)	(%)	ESTATUS
1	30.72	37.58	Autorizado – oficio 03/ARRN/0524/16
2	9.57	11.71	Autorizado – oficio 03/ARRN/1769/17
3			
4	11.647	14.25	En evaluación
6 Macrocondominio Trigo	3.531	4.32	En evaluación
Reserva urbana	26.271	36.14	Aprovechamiento futuro
<b>Total</b>	<b>81.739</b>	<b>100</b>	

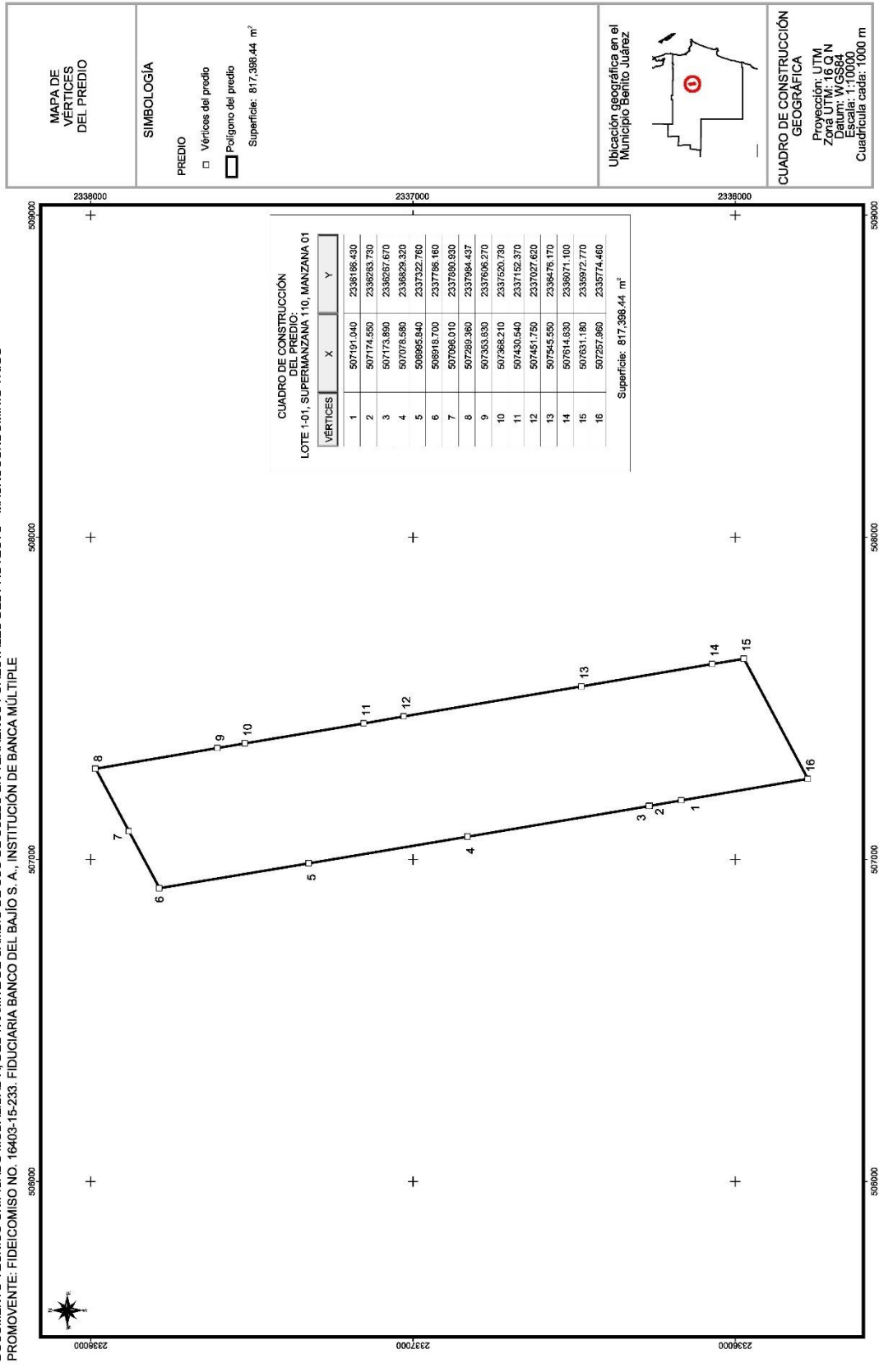








DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD A. DEL TRÁMITE DE CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO "MACROCONDominio TRIGO"  
 PROMOVIENTE: FIDEICOMISO NO. 16403-15-233. FIDUCIARIA BANCO DEL BAJÍO S. A., INSTITUCIÓN DE BANCA MÚLTIPLE



CUADRO DE CONSTRUCCIÓN DEL PREDIO:  
 LOTE 1-01, SUPERMANZANA 110, MANZANA 01

VERTICES	X	Y
1	507191.040	2338168.430
2	507174.550	2338263.790
3	507173.890	2338257.670
4	507078.690	2338693.320
5	506995.840	2337322.760
6	506918.700	2337186.160
7	507096.010	2337890.930
8	507289.380	2337964.437
9	507353.630	2337606.270
10	507368.210	2337520.790
11	507450.540	2337152.370
12	507451.750	2337027.620
13	507545.550	2336476.170
14	507614.630	2336071.100
15	507631.180	2335972.770
16	507257.860	2335774.460
Superficie:		817,398.44 m <sup>2</sup>

MAPA DE VERTICES DEL PREDIO

SIMBOLOGÍA

PREDIO

- Vértices del predio
- Polígono del predio

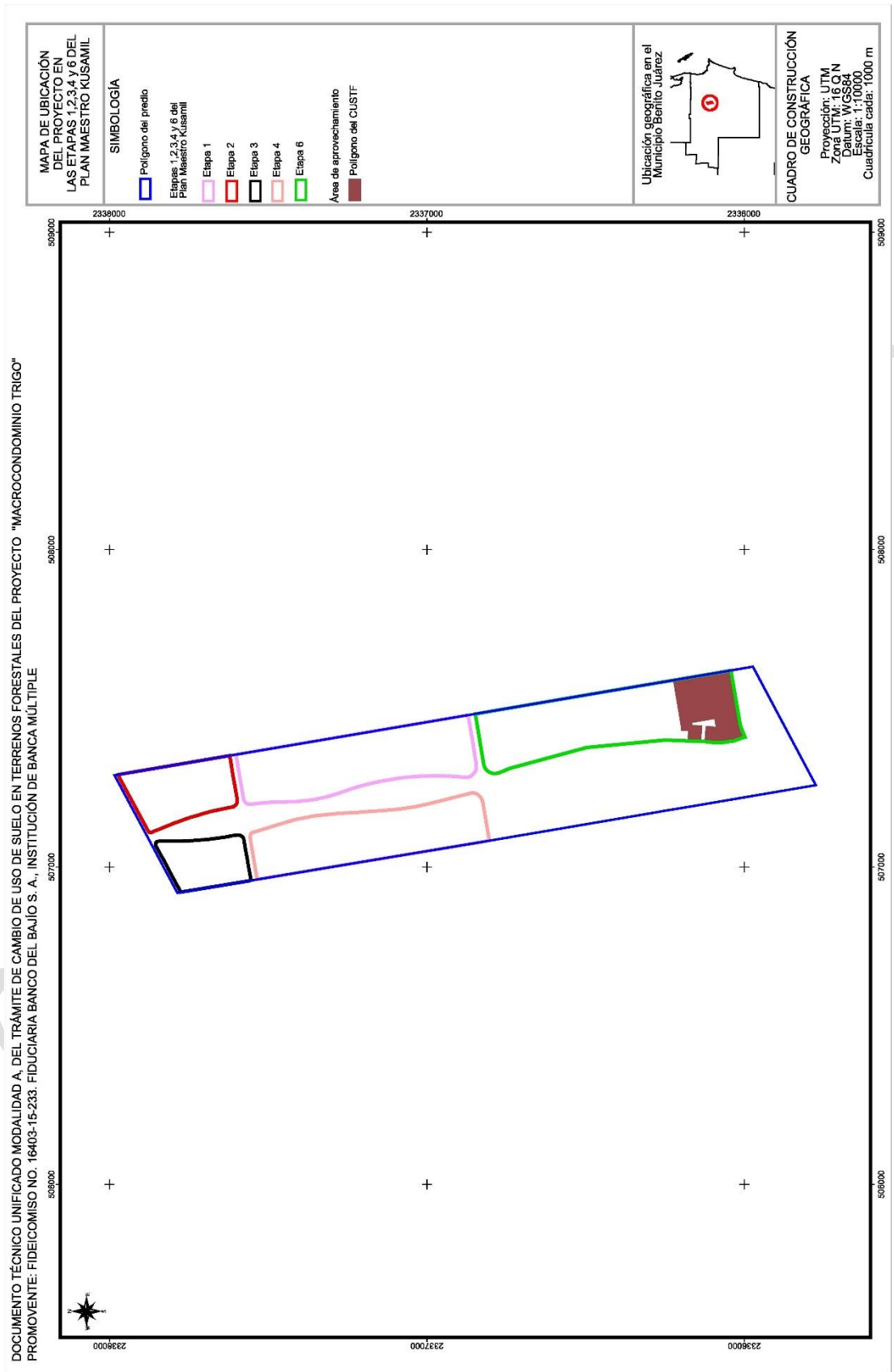
Superficie: 817,398.44 m<sup>2</sup>

Ubicación geográfica en el Municipio Benito Juárez

CUADRO DE CONSTRUCCIÓN GEOGRÁFICA

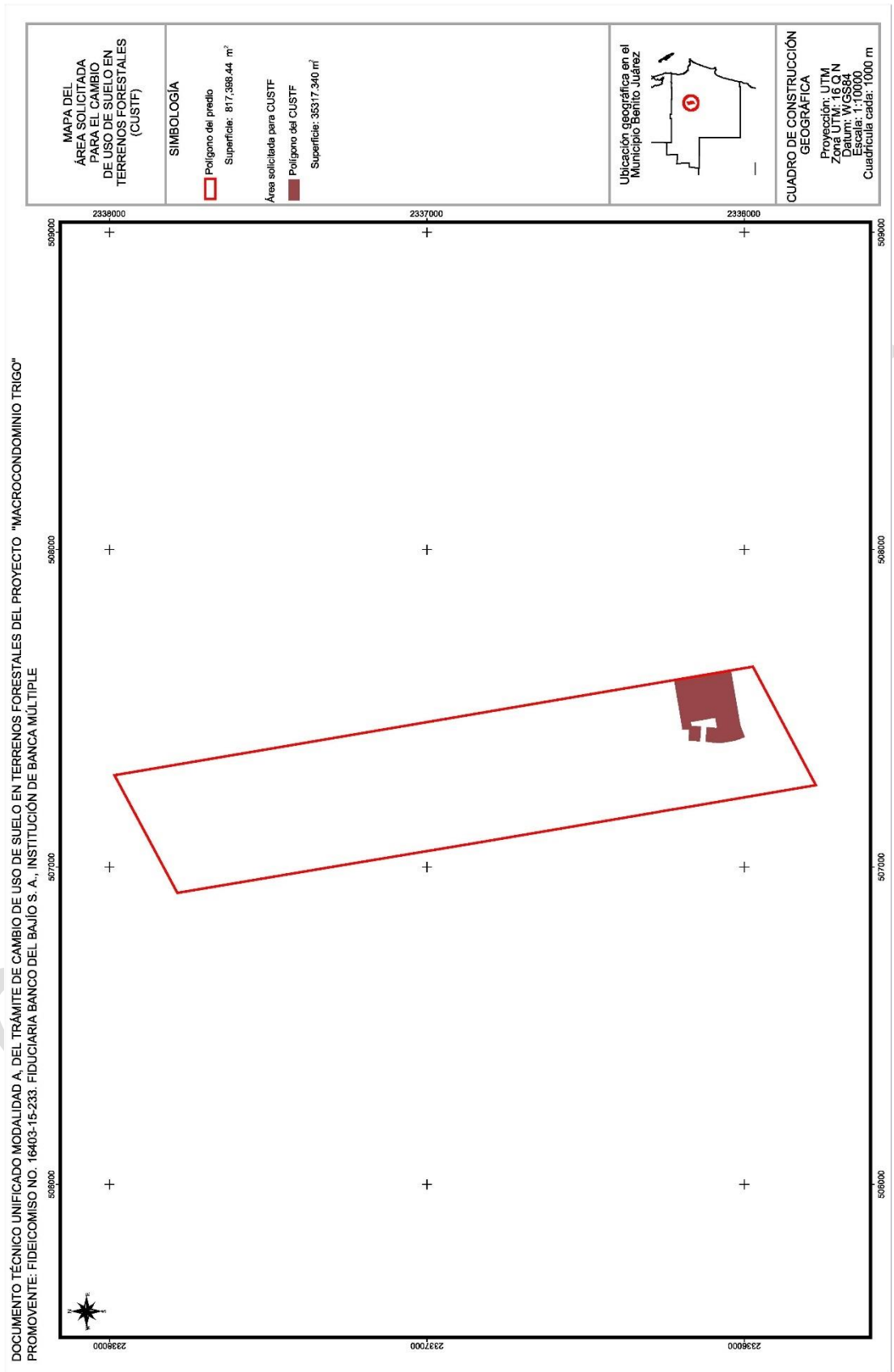
Proyección: UTM  
 Zona UTM: 16 Q N  
 Datum: WGS84  
 Escala: 1:10000  
 Cuadrícula cada: 1000 m





En la siguiente tabla se presentan las coordenadas de los vértices del polígono de cambio de uso de suelo que se proponen a través del presente estudio (proyectadas en unidades UTM, con referencia al Datum WGS84, Zona 16Q Norte, México), y en los planos de las páginas 18 y 19 se muestra la distribución de dicho polígono de aprovechamiento.

<b>POLÍGONO DE CUSTF</b>		
<b>VÉRTICES</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
1	506960.541	2337534.809
2	507091.359	2337557.007
3	507093.053	2337557.220
4	507096.539	2337557.204
5	507099.970	2337556.583
6	507103.240	2337555.376
7	507106.251	2337553.619
8	507108.139	2337552.021
9	507116.188	2337522.507
10	507134.442	2337465.778
11	507149.046	2337414.666
12	507158.032	2337370.855
13	507160.053	2337359.377
14	507169.143	2337276.361
15	507172.425	2337213.587
16	507175.234	2337184.099
17	507177.428	2337142.851
18	507182.693	2337085.806
19	507189.714	2337034.904
20	507198.491	2336996.289
21	507209.022	2336955.919
22	507234.034	2336855.871
23	507234.034	2336853.814
24	507232.524	2336848.319
25	507229.611	2336842.177
26	507225.676	2336836.633
27	507220.838	2336831.857
28	507215.244	2336827.994
29	507209.065	2336825.161
30	507202.487	2336823.444
31	507083.017	2336803.171
Superficie total: 3.531 ha		



DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD A. DEL TRÁMITE DE CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO "MACROCONDominio TRIGO"  
 PROMOVIENTE: FIDECOMISO NO. 16403-15-233. FIDUCIARIA BANCO DEL BAJÍO S. A., INSTITUCIÓN DE BANCA MÚLTIPLE

**MAPA DE VÉRTICES DEL ÁREA SOLICITADA PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES (CUSTF)**

**SIMBOLOGÍA**

Polígono del predio  
Superficie: 817,586.44 m<sup>2</sup>

Área solicitada para CUSTF

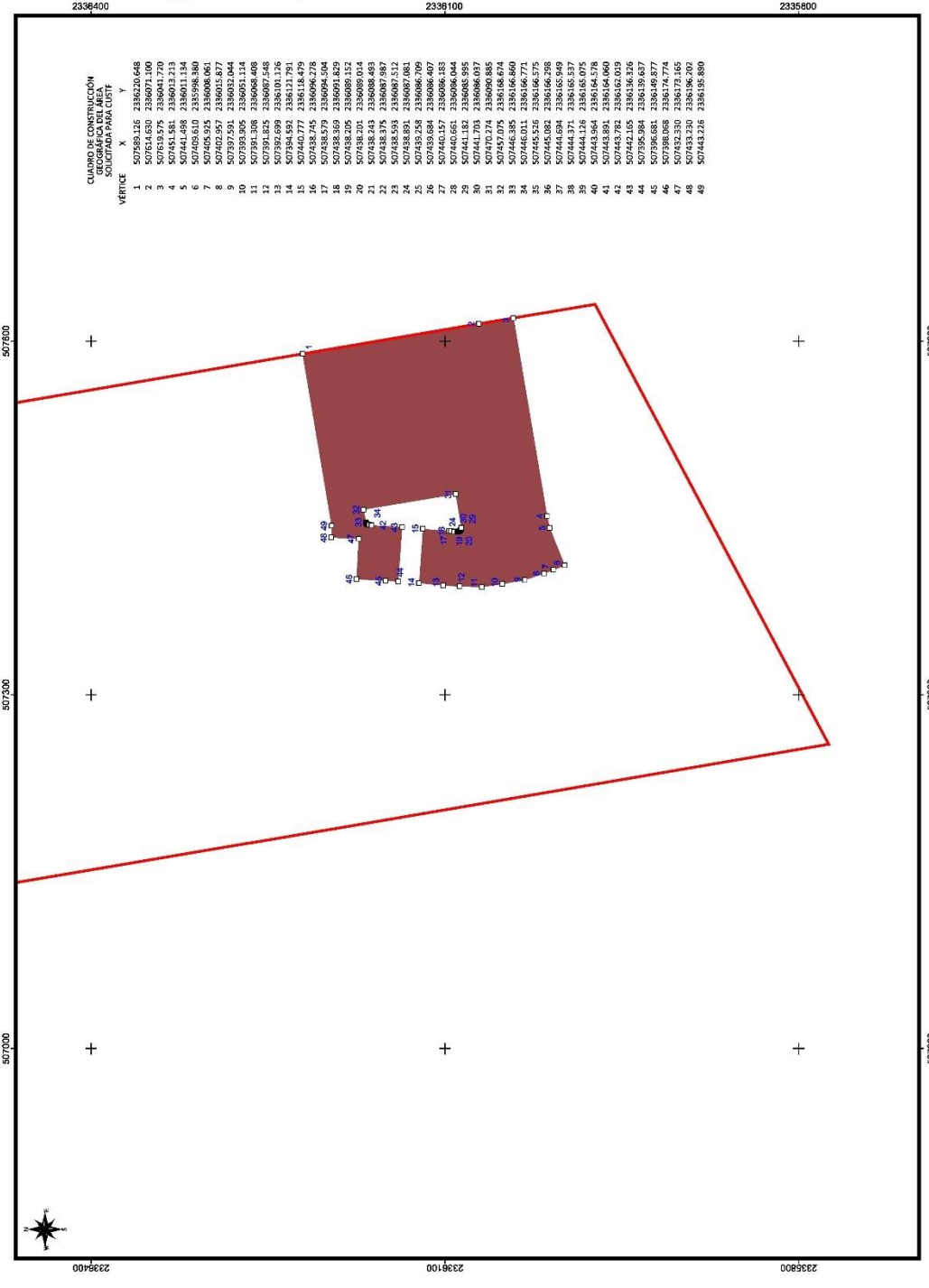
Verificas del CUSTF

Polígono del CUSTF  
Superficie: 35317.340 m<sup>2</sup>

Ubicación geográfica en el Municipio Benito Juárez

**CUADRO DE CONSTRUCCIÓN GEOGRÁFICA PARA CUSTF**

Proyección: UTM  
 Zona UTM: 16 Q N  
 Datum: WGS84  
 Escala: 1:3000  
 Cuadrícula cada: 300 m



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

### 4.1. UBICACIÓN DEL PREDIO A NIVEL DE LA CUENCA HIDROLÓGICA FORESTAL

El terreno forestal se encuentra ubicado dentro de la Cuenca 32A Quintana Roo. A nivel de subcuencas hidrológicas el predio se ubica en la subcuenca Quintana Roo; y finalmente podemos citar que el predio se ubica en la microcuenca Cancún (ver plano de la página siguiente).

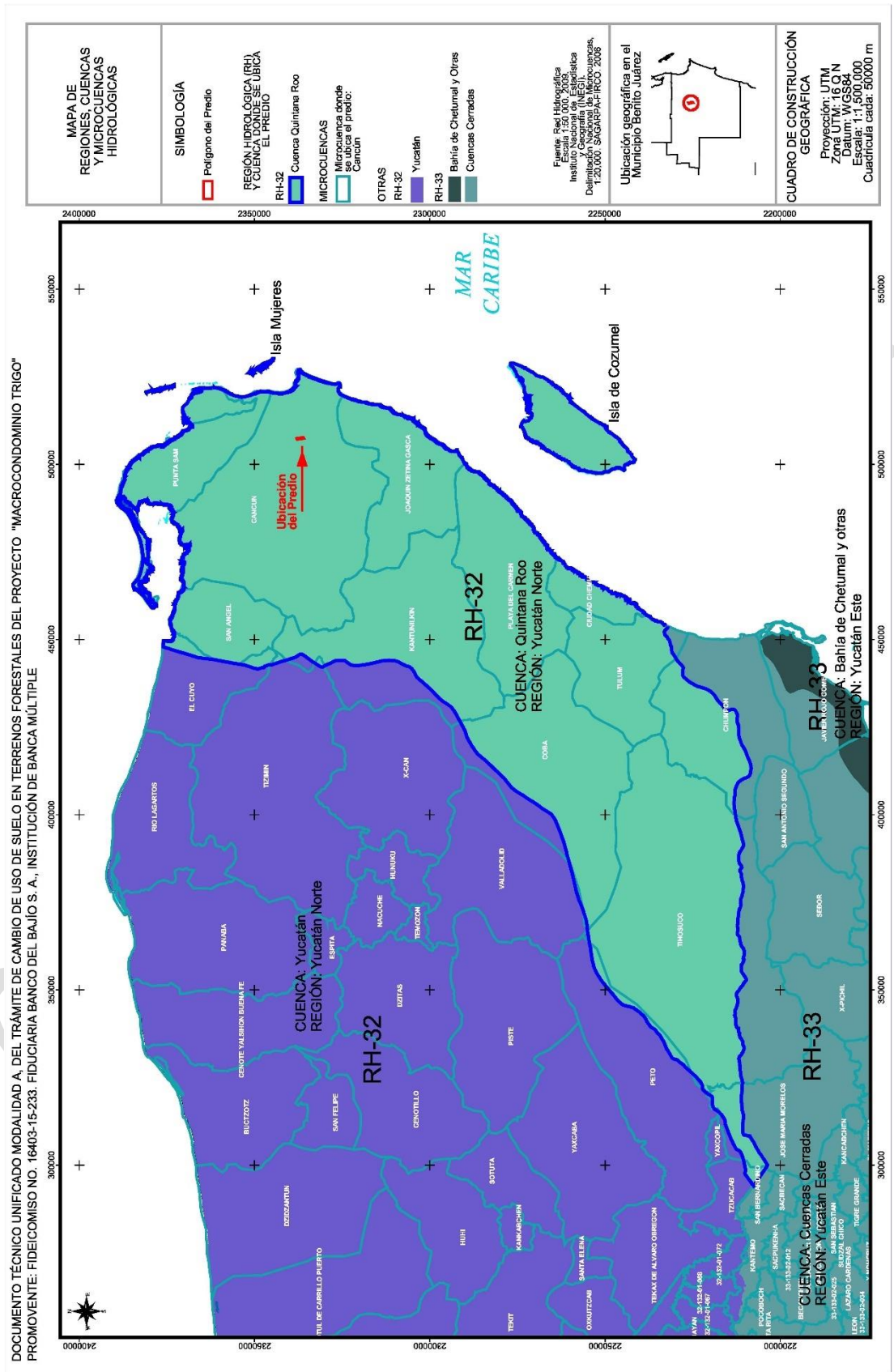
La Cuenca 32A Quintana Roo se ubica al Norte del Estado, ocupa el 31% de la superficie estatal e incluye las islas de Cozumel, Mujeres y Contoy; tiene como límites: al Norte el Golfo de México; al Este el Mar Caribe; al Sur la división con la RH33 que coincide aproximadamente con el paralelo 20° de latitud Norte; y al Oeste con el límite de Yucatán donde continúa, excepto en una pequeña porción que corresponde a la cuenca 32B.

La temperatura media anual en la cuenca es de 26°C con una precipitación que va de 800 mm en el Norte a más de 1,500 mm al Sureste de la Cuenca y con un rango de escurrimiento de 0 a 5% que la abarca prácticamente toda, excepto en las franjas costeras que tienen de 5 a 10% debido a la presencia de arcillas y limos.

Como ocurre en casi toda la Península, no existen corrientes superficiales por las características particulares de alta infiltración en el terreno y escaso relieve, así como tampoco cuerpos de agua de gran importancia; sólo pequeñas lagunas como la de Cobá, Punta Laguna, La Unión; lagunas que se forman junto al litoral como son la de Conil, Chakmochuk y Nichupté, así como aguadas<sup>(4)</sup>.

---

<sup>4</sup> INEGI. Estudio Hidrológico del estado de Quintana... Op. cit. págs. 9, 20 y 21.





## 4.2. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Si bien el predio se ubica dentro de la Cuenca Quintana Roo, esta, por su extensión, no resulta representativa de elementos físicos y biológicos con los que interactuará el proyecto; por lo tanto, para este estudio se optó por reducir el área de influencia del proyecto a nivel del Sistema Ambiental.

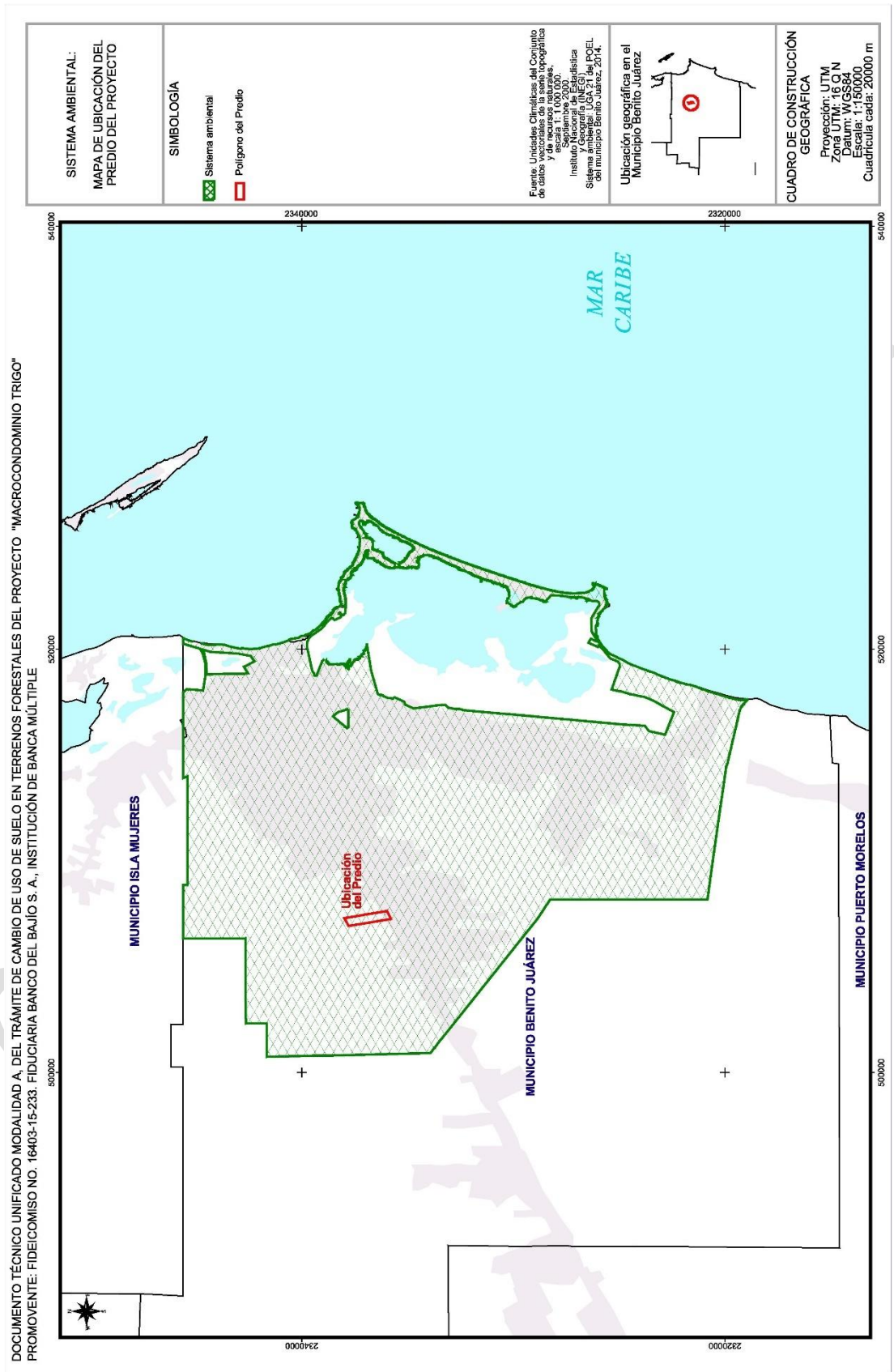
Ante dicho panorama, se optó por definir el sistema ambiental conforme a la superficie que ocupa la UGA 21 denominada "Zona urbana de Cancún" y la UGA 23 "Parque Urbano Kabah" (como predio testigo), establecidas en el decreto mediante el cual se modifica el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez (2014) aplicable al predio del proyecto.

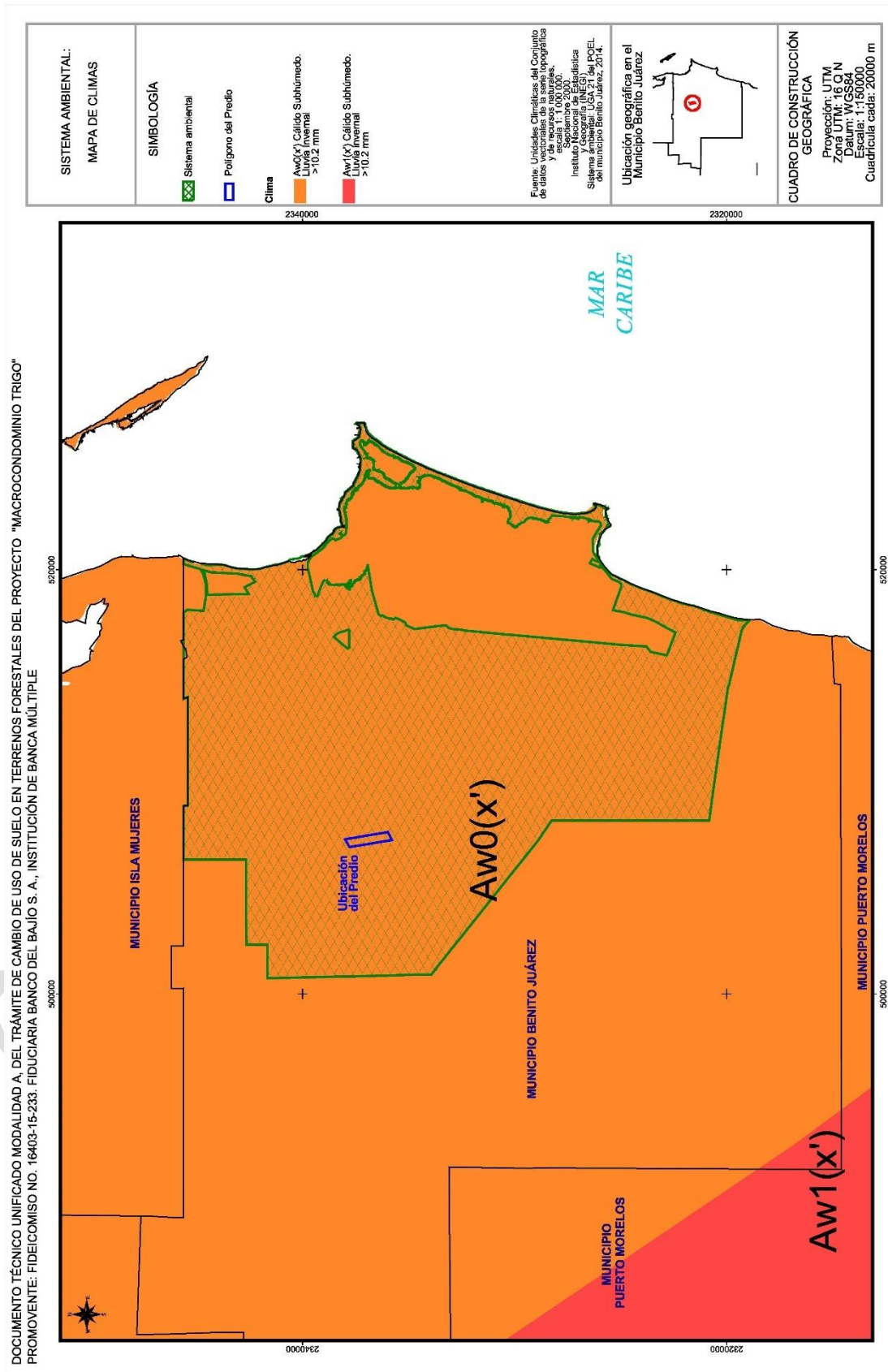
Por lo anterior, la superficie que abarca el Sistema Ambiental propuesto (UGAS 21 y 23) corresponde a 34,975.23 hectáreas, de acuerdo con la ficha técnica de dichas UGAS propuestas en el POEL de referencia (ver plano de la página siguiente).

### 4.2.1. Medio abiótico

#### a) Clima

En el SA se presentan lluvias constantes a lo largo del año que le confieren la característica de clima subhúmedo  $Aw0(x')$  de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por García (1983), lo cual se observa en el plano de la página 24. El índice de Lang también sitúa a este sistema con un clima húmedo y muy húmedo según sus características de precipitación y temperatura. En promedio llueven 104 días al año, y por su ubicación en el litoral y su baja altitud, su oscilación térmica es reducida, comparada con otras zonas al interior del territorio. Los meses más calurosos son de mayo a septiembre, los cuales reportan niveles medios de precipitación. Es a final del año que llueve de manera más intensa y se registran valores de temperaturas que se encuentran por debajo del promedio, los meses más fríos son los dos primeros del año.





Existe una temporada de lluvias de junio a noviembre, pero es de septiembre a noviembre cuando se reportan niveles mayores de precipitación mensual. La ubicación del sistema ambiental a orillas del mar y con la presencia de una laguna costera le confiere altos niveles de evaporación y por tanto de humedad. La evaporación es marcada en dos temporadas, para los meses más cálidos de marzo a mayo y cuando llega la época de lluvias de julio a octubre.

Los datos para caracterizar el clima fueron obtenidos de la única estación climatológica de la ciudad que se denomina CANCUN-CAPA y es la número 23155, se ubica al inicio de la zona hotelera en la latitud 21.1567, longitud -86.8203 a 9 msnm. Es una Estación Climatológica de tipo Convencional de la Comisión Nacional del Agua (EMA) y registra información de variables meteorológicas de temperatura, precipitación y evaporación desde hace 22 años (1991-2013).

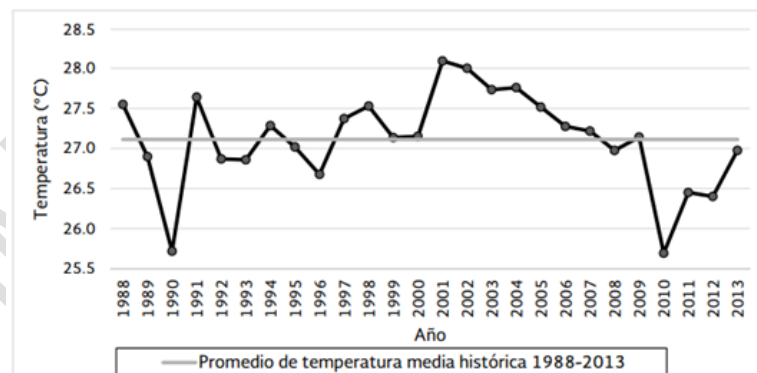
### **b) Temperatura**

La temperatura media histórica (1988-2013) para el sistema ambiental ha presentado una tendencia cambiante a lo largo del tiempo, registrando un valor promedio mínimo de 25.7°C en 2010, máximo de 28.1°C en 2001 y un promedio general de 27.1°C (Tabla 5.1 y Figura 5.1). Los valores extremos absolutos encontrados varían aproximadamente en 10 grados, presentándose un valor extremo máximo de 31°C registrado en el mes de agosto del 2004 y un mínimo de 21.2°C en diciembre de 2010.

Tabla 5.1. Serie temporal de temperatura media mensual para la ciudad de Cancún.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1988	ND	ND	ND	27.1	27.9	28.5	29.5	ND	28.4	27.2	26.6	24.8
1989	ND	24.8	25.3	27.2	28.3	ND	28.7	ND	ND	ND	ND	ND
1990	25.4	25.4	25.5	26.4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1991	ND	ND	26.2	28.3	28.4	29.3	29.1	28.9	28.3	27.3	25.4	25.3
1992	23.9	24.0	26.0	27.1	26.7	29.2	29.0	29.1	28.8	26.6	26.8	25.2
1993	25.0	24.4	25.2	26.8	27.8	28.6	29.4	28.6	28.3	27.3	26.3	24.5
1994	24.8	25.8	25.5	27.8	28.5	29.6	29.2	29.5	28.1	27.8	26.4	24.4
1995	24.0	23.8	25.7	27.5	29.5	28.8	29.2	29.1	28.6	27.3	25.9	24.9
1996	23.1	24.0	24.2	27.3	28.3	28.9	29.4	28.4	29.1	27.2	25.6	24.6
1997	24.2	25.6	26.5	27.3	28.7	29.1	30.1	30.2	28.8	28.0	26.1	24.0
1998	24.2	23.9	25.0	27.8	29.0	30.4	29.4	30.1	29.7	28.6	27.1	25.3
1999	24.8	25.2	26.3	28.3	29.8	28.7	28.8	29.1	28.7	27.0	24.7	24.1
2000	23.6	24.5	26.0	27.4	29.4	28.8	29.9	29.2	28.9	26.9	26.9	24.3
2001	23.5	27.6	26.8	28.7	29.1	30.4	30.8	30.6	28.6	28.5	26.2	26.3
2002	25.1	25.3	26.3	28.7	30.0	29.2	30.9	30.8	29.6	28.9	26.3	24.9
2003	22.4	26.9	28.4	27.2	30.6	30.2	29.9	30.7	28.5	28.3	26.7	23.0
2004	24.2	25.0	26.5	27.3	29.2	29.8	30.2	31.0	29.4	28.6	27.0	24.9
2005	24.2	25.2	26.5	27.2	30.0	29.4	29.7	30.5	30.0	26.6	26.3	24.6
2006	24.3	24.3	25.8	27.5	28.2	29.0	30.2	30.2	30.2	28.2	24.4	25.0
2007	25.5	24.6	26.4	27.1	28.2	29.0	30.3	29.1	28.3	27.5	25.7	24.9
2008	24.1	25.7	26.1	27.3	29.3	28.5	29.0	29.8	29.2	26.4	24.2	24.1
2009	23.4	23.9	25.2	27.1	28.5	28.9	29.7	30.4	29.9	28.8	25.0	24.9
2010	22.5	22.0	22.8	26.2	28.0	29.2	28.2	29.4	28.5	25.8	24.5	21.2
2011	22.8	24.4	25.5	27.8	28.9	28.2	28.1	28.9	28.5	25.1	24.9	24.3
2012	23.8	24.6	26.3	27.0	27.9	27.6	28.6	28.5	28.2	26.3	23.7	24.3
2013	24.4	25.2	23.4	27.4	28.5	28.2	27.9	27.9	26.9	28.6	27.9	27.4

Figura 5.1. Temperatura media anual histórica de Cancún 1988-2013.



Analizando las temperaturas medias promedio, es notable que históricamente (1988-2013) el mes más caliente en Cancún es agosto en donde se registra un promedio de temperaturas medias de 29.6°C y el mes más frío es enero con un valor mínimo de 24.1°C. Enero, febrero y diciembre son los meses en que se presentan las temperaturas medias más bajas, y julio y agosto cuando se registran las más altas.

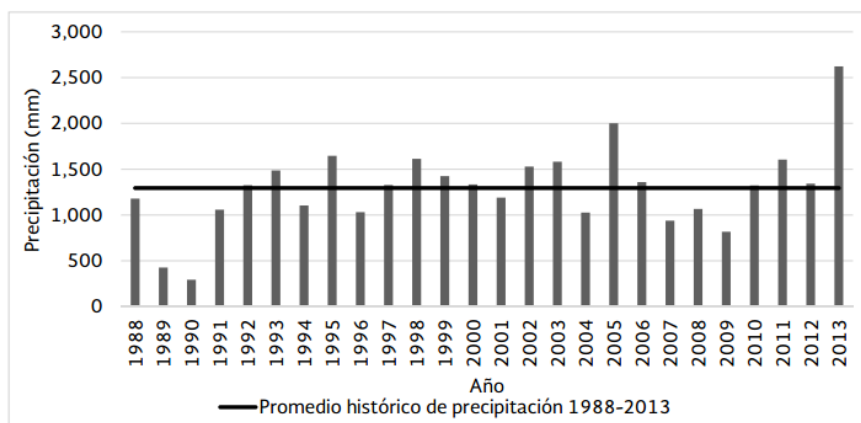


### c) Precipitación media anual

Según la carta de precipitación media anual del INEGI, el sistema ambiental se ubica en una zona que presenta un rango de precipitación que va desde los 1000 a los 1100 mm anuales (ver plano de la página siguiente).

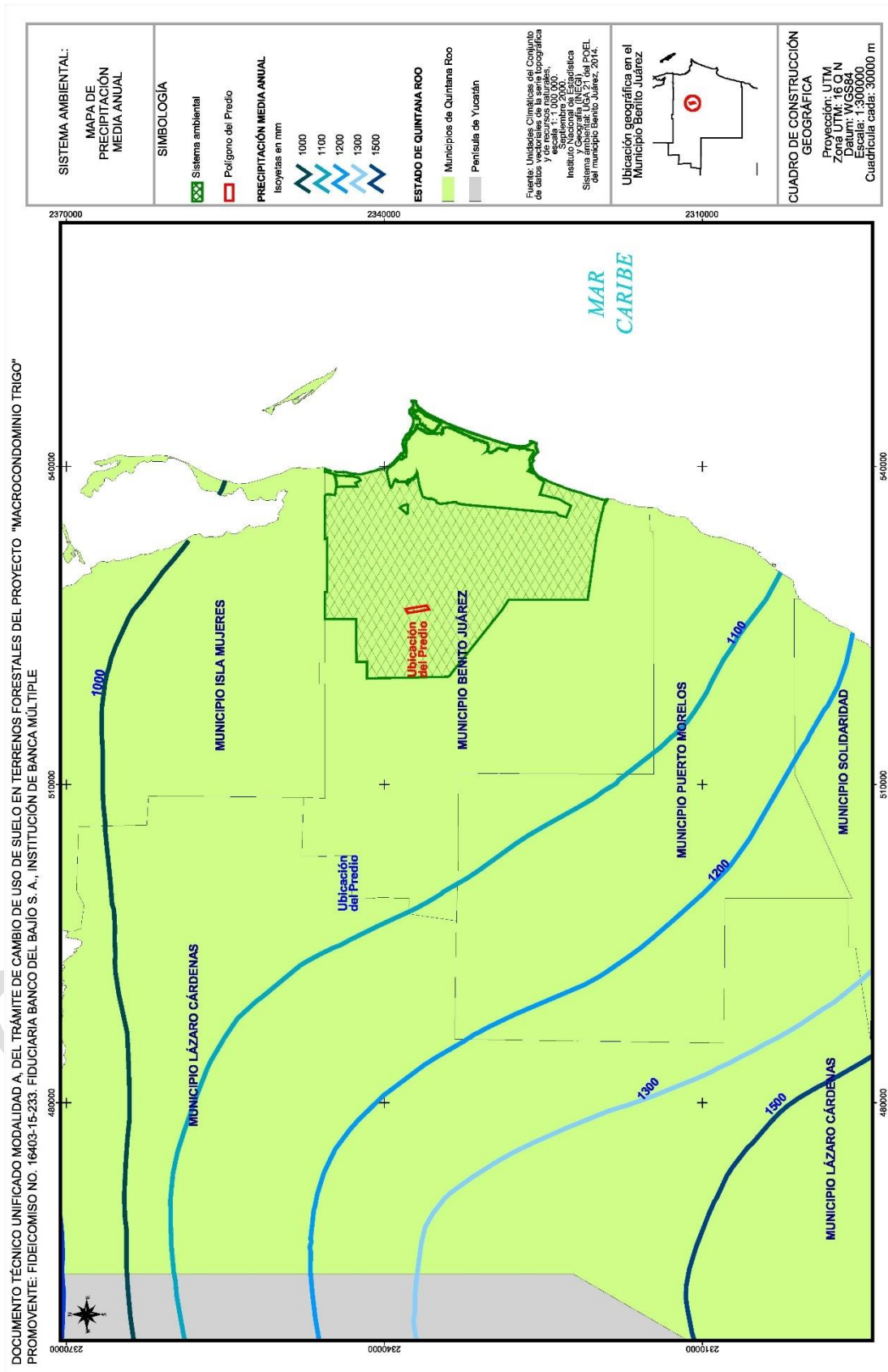
Sin embargo, de 1988 al 2013, el promedio anual de precipitación para el sistema ambiental fue de 1,294.3 mm, siendo el 2013 el año más lluvioso con una precipitación total anual de 2,622.6mm y 1990 el menos con 293.9 mm (Figura 5.10). Se observa que de 1988 a 1990 existe una disminución en la precipitación; de 1991 al 2004 hay una estabilidad semejante en los valores de precipitación, y a partir de 2005 hasta 2013 se registran valores un poco más variables<sup>5</sup>.

Figura 5.10. Precipitación total anual de Cancún 1988-2013.



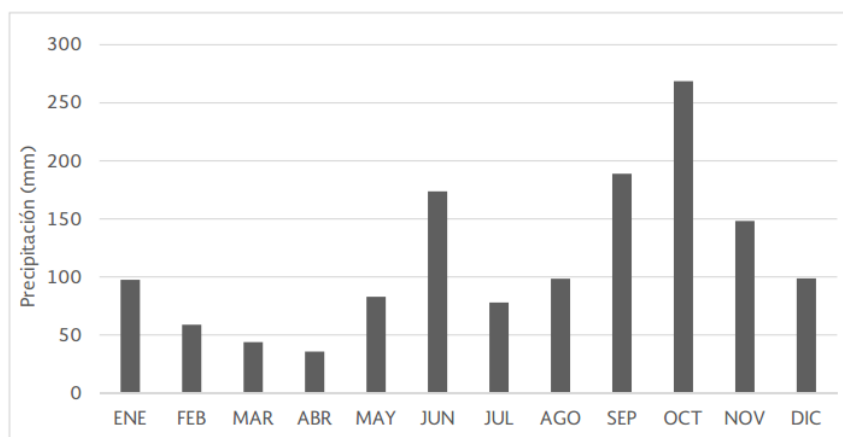
<sup>5</sup>[http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/contenido/documentos/PMPMS%20Cancun%2001032015%20FINAL\\_IMPRESO.pdf](http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/contenido/documentos/PMPMS%20Cancun%2001032015%20FINAL_IMPRESO.pdf)





En cuanto a la precipitación mensual se tiene que históricamente (1988-2013) abril es el mes en que menos llueve y octubre es cuando se registra mayor precipitación. Observando el mapa de precipitación media histórica del periodo 1991-2013, coincide abril como el mes en que se registran valores más bajos de precipitación, pero también se encuentra marzo, así mismo durante junio, septiembre y octubre se registran las precipitaciones medias más abundantes y durante el resto del año se muestran valores medios de precipitación. En ocho meses del año llueve 100 mm o menos al mes, y solo en junio, septiembre, octubre y noviembre llueve por encima de los 100 mm en promedio (Figura 5.11).

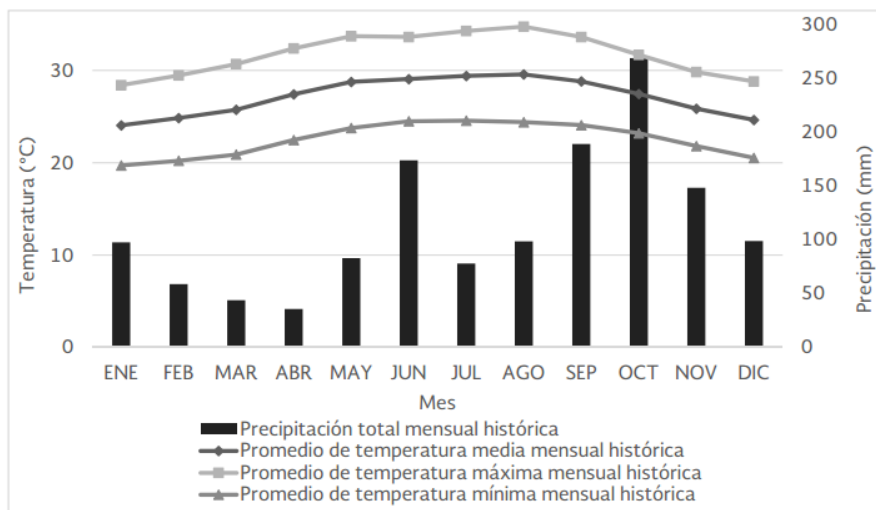
Figura 5.11. Precipitación mensual promedio histórica de Cancún 1988-2013.



Al analizar el climograma que presenta la precipitación y la temperatura se puede decir que en el sistema ambiental no se presentan meses secos. De acuerdo al índice de Gausson que expresa que cuando la precipitación es mayor que el doble de la temperatura media, no se considera un mes seco<sup>6</sup>. Para el caso del sistema ambiental, en ningún mes del año los valores de la precipitación se encuentran por debajo del doble de las temperaturas medias, por lo que se deduce que no existe sequía de acuerdo a este índice (Figura 5.14).

<sup>6</sup>[http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/contenido/documentos/PMPMS%20Cancun%2001032015%20FINAL\\_IMPRESO.pdf](http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/contenido/documentos/PMPMS%20Cancun%2001032015%20FINAL_IMPRESO.pdf)

Figura 5.14. Climograma de la ciudad de Cancún 1988-2013.



#### d) 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.

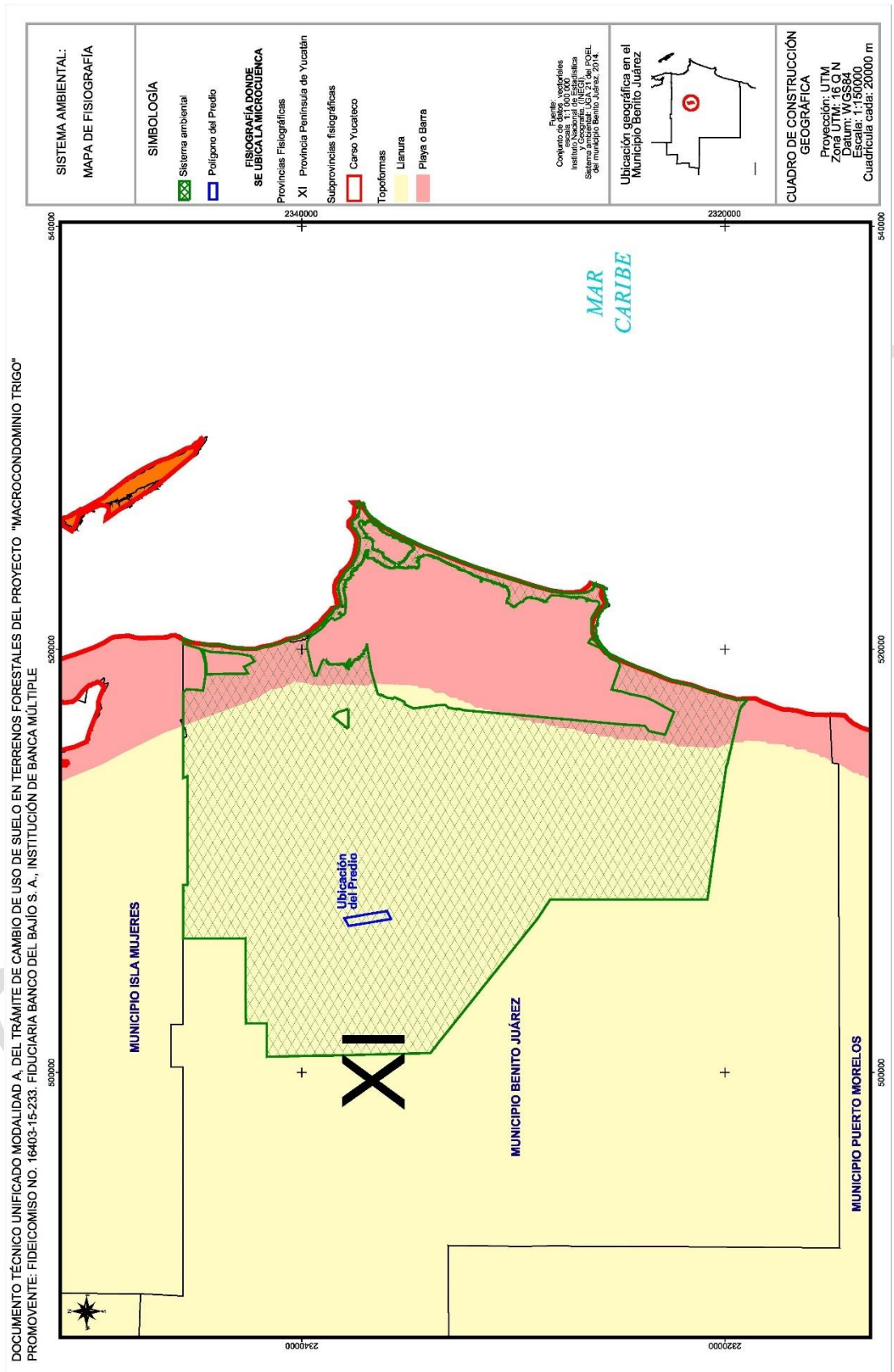
#### **e) Intemperismos no severos**

Los nortes, otros fenómenos atmosféricos de ocurrencia en la microcuenca, son masas de aire polar que resultan durante el otoño y el invierno, provocando el descenso de la temperatura, precipitaciones intensas y fuertes vientos que en ocasiones alcanzan velocidades de hasta 90 kilómetros por hora. Su intensidad es capaz provocar cambios en la fisiografía de la playa, así como derribar árboles tierra adentro.

#### **f) Fisiografía**

Desde el punto de vista fisiográfico el sistema ambiental 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 del sistema ambiental se encuentra ubicada dentro de la subprovincia fisiográfica 62 Carso Yucateco (ver plano de la página siguiente).

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. Por su parte, la subprovincia fisiográfica 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. En términos generales muestra una superficie rocosa con ligeras ondulaciones y carece en casi toda su extensión de un sistema de drenaje superficial.



## g) Geología

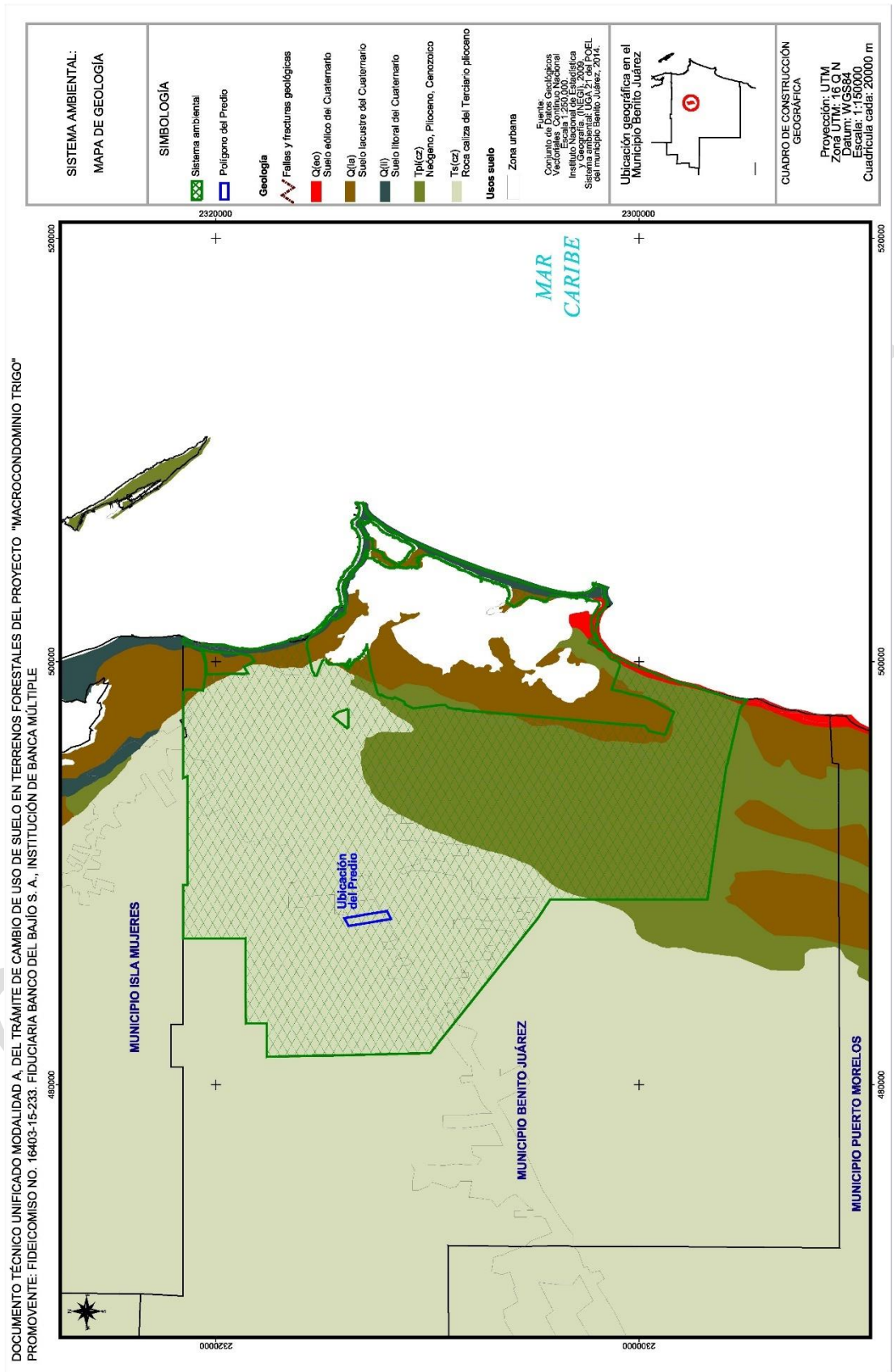
El sistema ambiental por sus características geológicas se define como una estructura relativamente joven, se originó sedimentario con formaciones rocosas sobre las cuales se han depositado arenas y estructuras de origen orgánico marino que han dado forma a una losa caliza consolidada con fracciones en proceso de consolidación.

Las unidades litológicas están compuestas por rocas sedimentarias originadas desde el Terciario Superior (Ts) o Sistema Neógeno hasta el Cuaternario (Q), encontrándose que las rocas más antiguas son calizas dolomitizadas, silicificadas y recristalizadas, de coloración clara y con delgadas intercalaciones de margas y yeso. El lecho rocoso calizo es de la Era Terciaria (Plioceno, Mioceno); debido a la estructura calcárea de la plataforma no existen corrientes acuáticas superficiales, filtrándose el agua formando un manto freático de poca profundidad, lo que provoca un paisaje subterráneo característico del ambiente kárstico, compuesto por grutas, corrientes subterráneas y cenotes.

El sistema ambiental se encuentra integrado por unidades litológicas de tipo lacustre (5.58%). A continuación, se describen las unidades geológicas presentes en el sistema ambiental (ver plano de la página siguiente).

Roca sedimentaria caliza: Tpl (cz).- esta unidad se presenta en forma de franjas cercanas al litoral, por lo que presenta gran cantidad de fragmentos de conchas, corales y esponjas. Estas rocas calizas están formadas por un cuerpo masivo coquinífero, poco compacto, denominado localmente como "sascab" que se encuentra cubierto por calizas laminares dispuestas en capas delgadas y medianas con un echado horizontal. Su ambiente de depósito es de plataforma de aguas poco profundas y su relieve es de lomeríos de poca elevación paralelos a la línea de costa.





Suelo Lacustre: Q(s).- esta unidad se presenta en forma de franjas paralelas al litoral, está formada por lodos calcáreos, arcillas y arenas acumuladas en lagunas someras que se comunican con el mar a través de canales de marea y se encuentran separadas por un cordón litoral. Por su relieve corresponde a planicies inundables.

Roca caliza del Terciario plioceno: Ts (cz).- está formada 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.

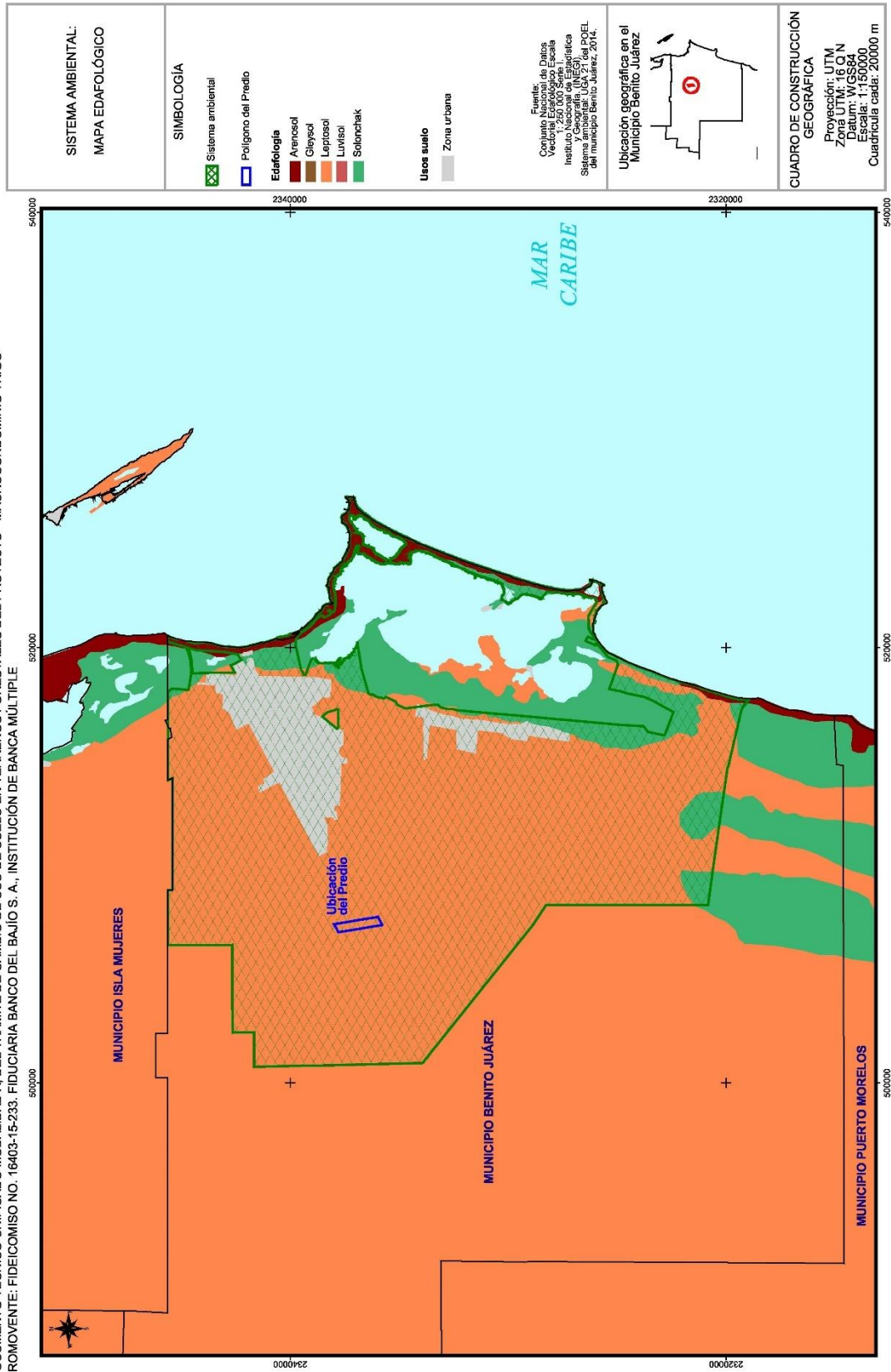
## **h) Edafología**

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.

De acuerdo con la Carta edafológica del INEGI (escala 1:250000), en el sistema ambiental se pueden identificar tres unidades edáficas: Arenosol, Leptosol y Solonchak (ver plano de la página siguiente), las cuales se describen como sigue.

Arenosol.- Del latín arena: arena. Literalmente, suelo arenoso. Suelos que se localizan principalmente en la zona costera del sistema ambiental. La vegetación que presentan es variable. Se caracterizan por ser de textura gruesa, con más del 65% de arena al menos en el primer metro de profundidad. Estos suelos tienen una alta permeabilidad, pero muy baja capacidad para retener agua y almacenar nutrientes. La susceptibilidad a la erosión en los Arenosoles va de moderada a alta. Su símbolo cartográfico es (O).

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD A, DEL TRÁMITE DE CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO "MACROCONDominio TRIGO"  
 PROMOVIENTE: FIDEICOMISO NO. 16403-15-233. FIDUCIARIA BANCO DEL BAJÍO S. A., INSTITUCIÓN DE BANCA MÚLTIPLE



SISTEMA AMBIENTAL:  
 MAPA EDAFOLÓGICO

SIMBOLOGÍA

- Sistema ambiental
  - Polígono del Predio
- Edafología**
- Arenosol
  - Gleysol
  - Leptosol
  - Luvisol
  - Solonchak

**Usos suelo**

- Zona urbana

Fuente:  
 Conjunto Nacional de Datos  
 Vectoriales de Suelos a Escala  
 1:50,000 para el Sistema  
 Instituto Nacional de Estadística  
 y Geografía (INEGI)  
 Sistema ambiental: UGA 27 del POEL  
 del municipio Benito Juárez, 2014.

Ubicación geográfica en el  
 Municipio Benito Juárez



CUADRO DE CONSTRUCCIÓN  
 GEOGRÁFICA

Proyección: UTM  
 Zona UTM: 16 Q N  
 Datum: WGS84  
 Escala: 1:150000  
 Cuadrícula cada: 20000 m

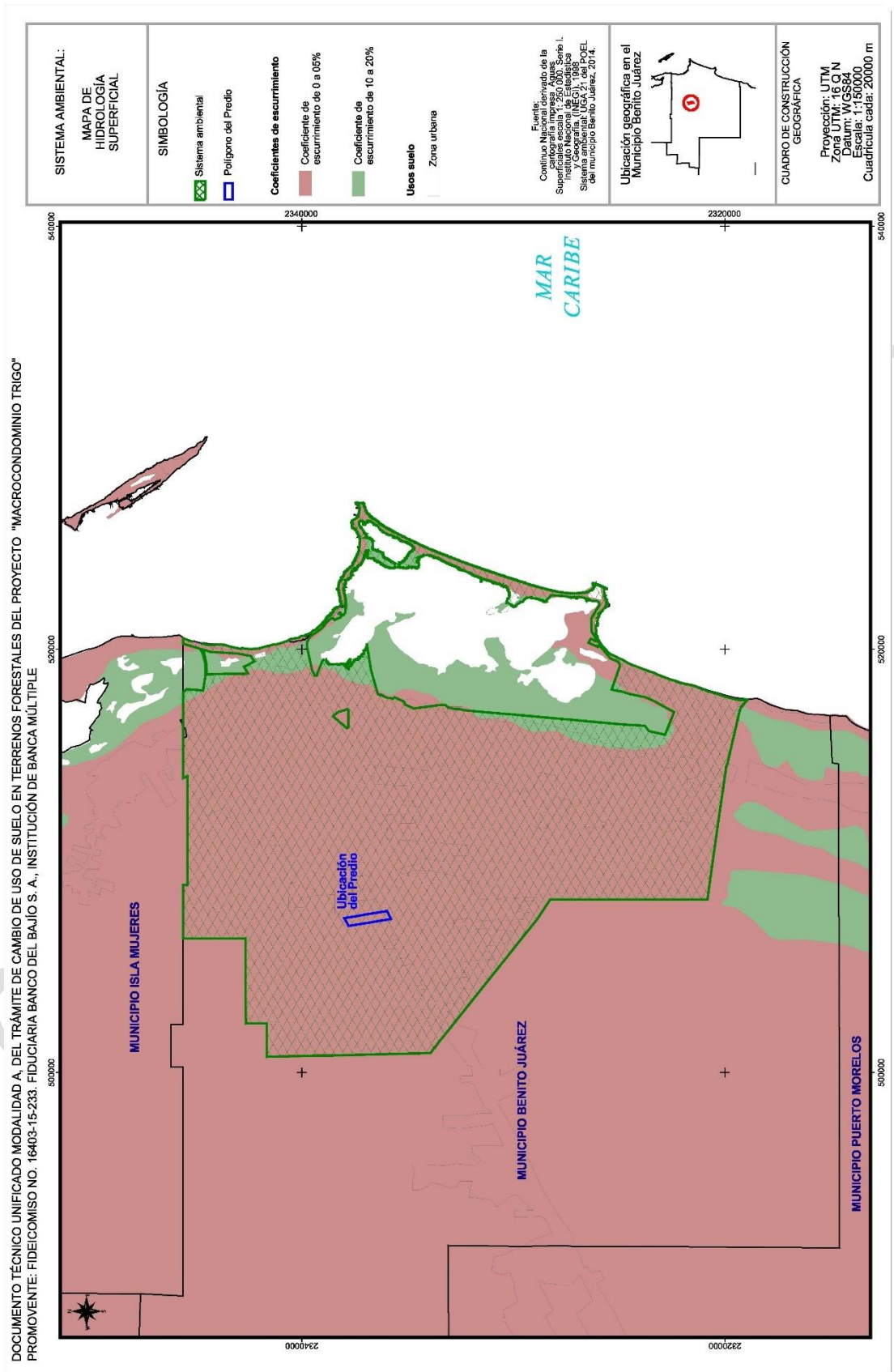
Leptosol.- Del griego leptos, delgado) se caracterizan por su escasa profundidad (menor a 25 cm). Una proporción importante de estos suelos se clasifica como leptosoles líticos, con una profundidad de 10 centímetros o menos. En algunos casos son excelentes para la producción agrícola, pero en otros pueden resultar muy poco útiles por dos razones: su escasa profundidad los vuelve muy áridos y el calcio que contienen puede llegar a inmovilizar los nutrientes minerales. Estos suelos se localizan en casi todo el territorio del sistema ambiental delimitado.

Solonchak.- 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. Su símbolo es (Z). Estos suelos se ubican en las zonas del sistema ambiental donde existen lagunas costeras.

### **i) Hidrología**

El sistema ambiental se caracteriza por la carencia de corrientes superficiales de agua debido a la naturaleza cárstica del terreno y al relieve ligeramente plano que presenta alta permeabilidad. Al no existir flujos superficiales permanentes, la porción del agua pluvial que no se pierde por evapotranspiración, se infiltra al suelo, produciendo una saturación de las capas superficiales y por consiguiente su incorporación al acuífero subterráneo. El SA se encuentra en una zona que presenta un coeficiente de escurrimiento de 0 a 5% (zona en la que se ubica el predio del proyecto), y algunas pequeñas porciones de terreno se ubican dentro de una zona con coeficiente de escurrimiento de 0 a 20%, particularmente aquellas que colindan con el Sistema Lagunar Nichupté (ver plano de la página siguiente).



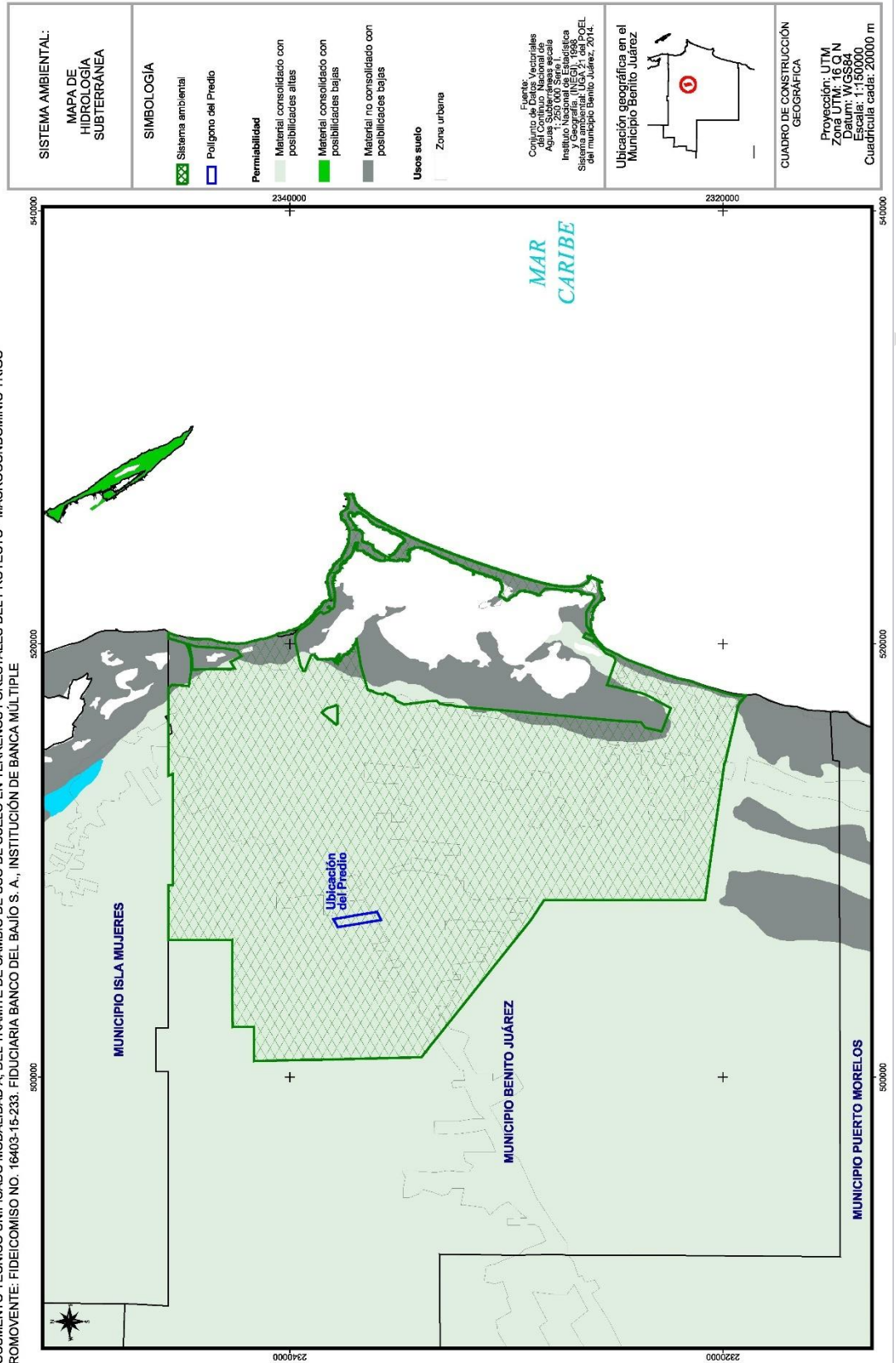


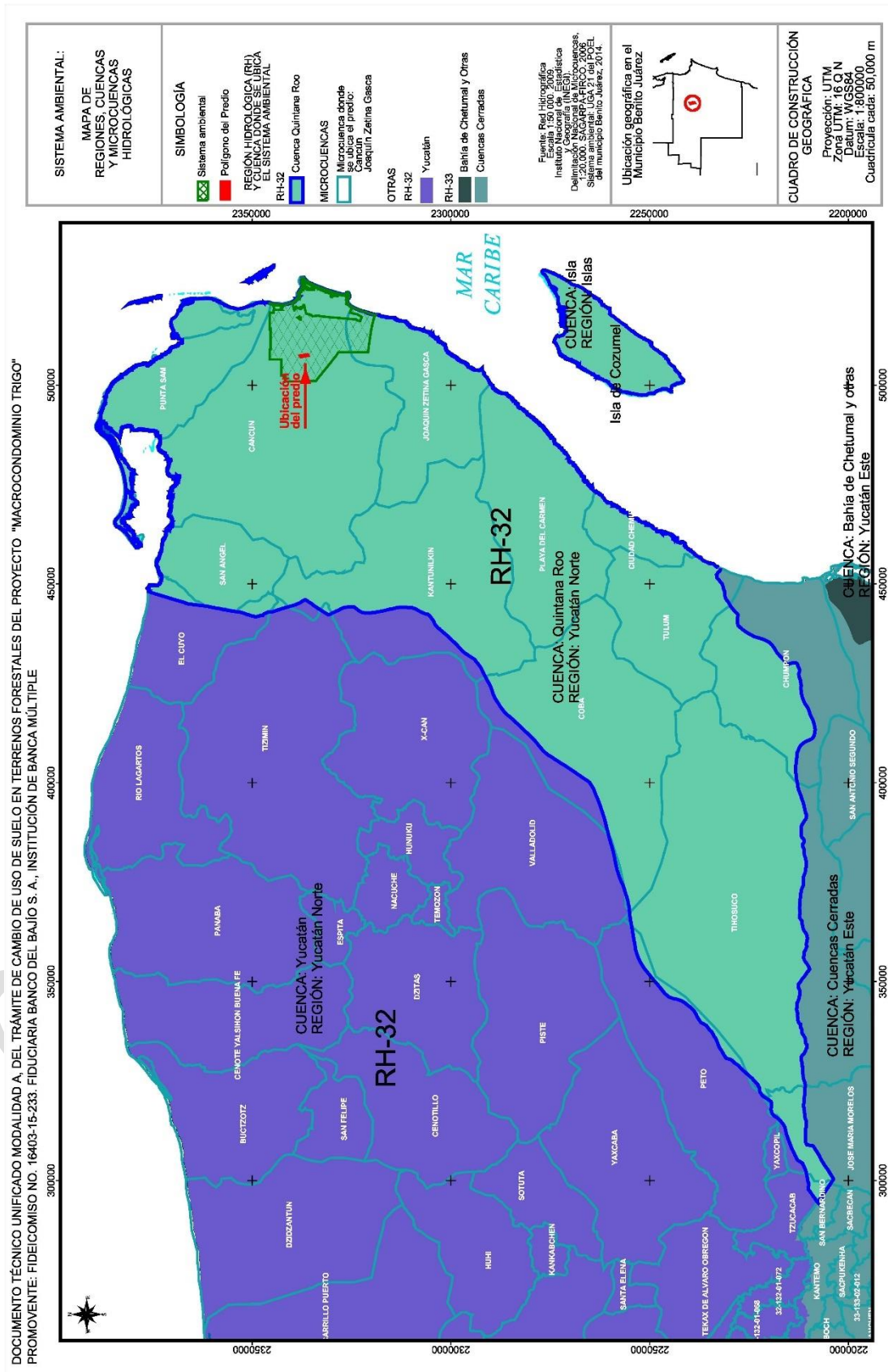
Por otra parte, según la carta de hidrología subterránea (INEGI, escala 1:250000), el sistema ambiental se localiza en una zona que presenta material consolidado con posibilidades altas de funcionar como acuífero (zona en la que se ubica el predio del proyecto), a excepción de las zonas que se encuentran colindantes con el sistema lagunar Nichupté, en donde se presenta material no consolidado con posibilidades bajas de funcionar como acuífero (ver plano de la página siguiente).

Por otra parte, de acuerdo con la carta hidrológica de aguas superficiales de INEGI, el sistema ambiental pertenece a la Región Hidrológica 32, Yucatán Norte (ver plano de la página 41); en donde el escurrimiento superficial es mínimo y la infiltración es alta; en la porción continental existen numerosos cenotes y aguadas. Por otro lado, se localizan dos zonas de concentración de pozos, que se utilizan para el abastecimiento de agua potable de Cancún e Isla Mujeres.



DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD A. DEL TRÁMITE DE CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO "MACROCONDominio TRIGO"  
 PROMOVIENTE: FIDECOMISO NO. 16403-15-233. FIDUCIARIA BANCO DEL BAJÍO S. A., INSTITUCIÓN DE BANCA MÚLTIPLE





## 4.2.2. Medio biótico

### a. Vegetación

Como fuente oficial podemos citar que de acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación (serie V, escala 1:250000), en el sistema ambiental es posible observar dos tipos de vegetación: Selva mediana subperennifolia, Manglar y Tular (ver plano de la página 36); y entre los usos de suelo identificados observamos zonas urbanas, asentamientos humanos (zona urbana), cuerpos de agua y áreas desprovistas de vegetación; sin embargo, de acuerdo con las fichas técnicas de las Unidades de Gestión Ambiental del POEL que integran el Sistema Ambiental, encontramos los siguientes usos de suelo y vegetación.

#### UGA 21:

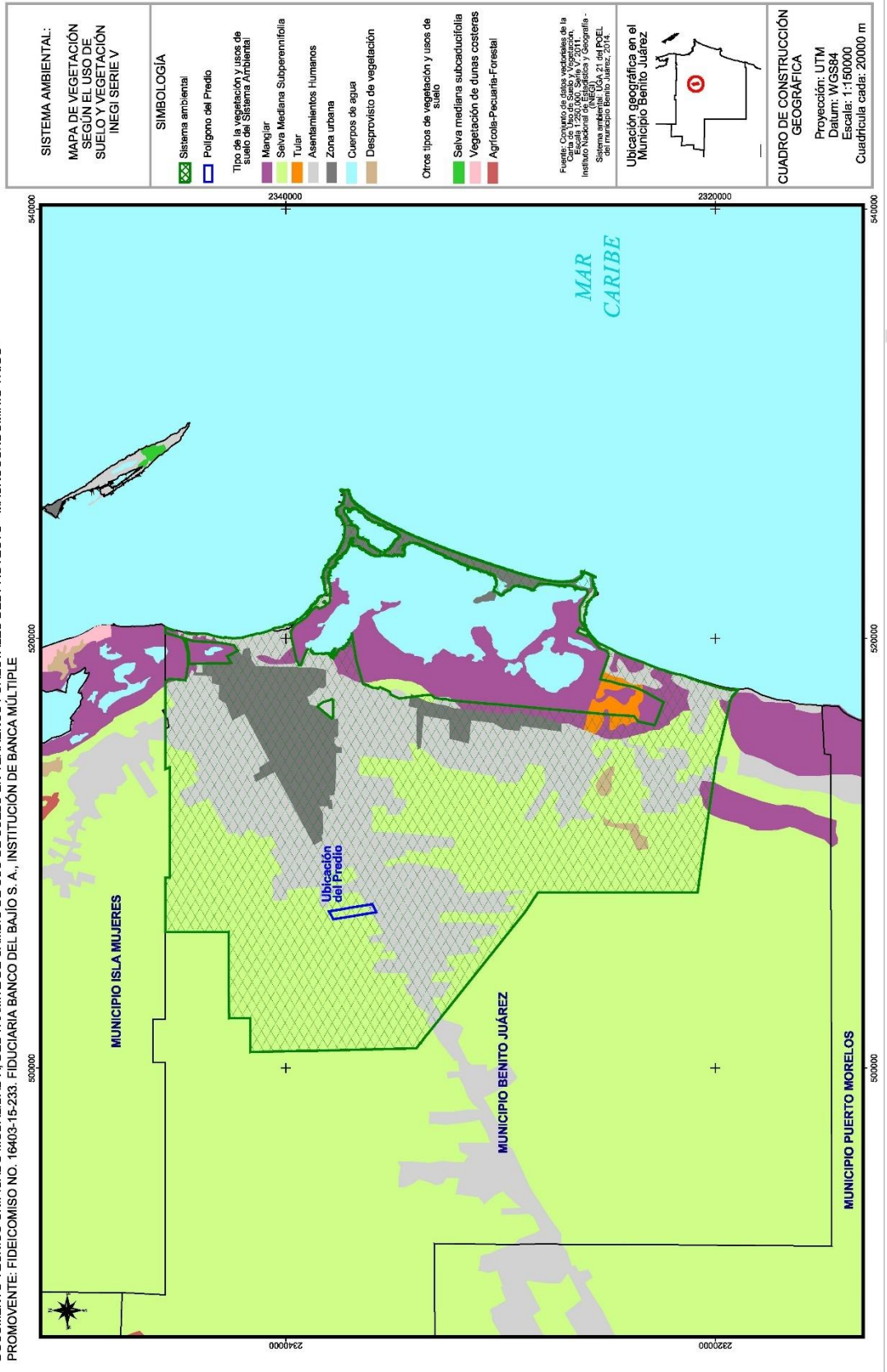
CLAVE	CONDICIONES DE LA VEGETACION	HECTAREAS	%
ZU	Zona Urbana	10,622.07	30.56
VS2	Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia en recuperación	9,567.32	27.52
VSa	Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Mediana Subperennifolia	5,236.60	15.07
VSA	Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia en buen estado	2,647.59	7.62
SV	Sin Vegetación Aparente	2,233.02	6.42
AH	Asentamiento Humano	2,103.42	6.05
Ma	Manglar	1,023.16	2.94
SBS	Selva Baja Subcaducifolia	693.00	1.99
GR	Mangle Chaparro y gramínoideas	363.84	1.05
CA	Cuerpo de Agua	156.52	0.45
TU	Tular	76.68	0.22
MT	Matorral Costero	36.18	0.10
<b>TOTAL</b>		<b>34,759.39</b>	<b>100.00</b>

#### UGA 23:

CLAVE	CONDICIONES DE LA VEGETACION	HECTAREAS	%
VSA	Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia en buen estado	35.86	94.24
SV	Sin Vegetación Aparente	1.12	2.93
ZU	Zona Urbana	1.07	2.82
<b>TOTAL</b>		<b>38.06</b>	<b>100.00</b>



DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD A. DEL TRÁMITE DE CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO "MACROCONDominio TRIGO"  
 PROMOVIENTE: FIDECOMISO NO. 16403-15-233. FIDUCIARIA BANCO DEL BAJÍO S. A., INSTITUCIÓN DE BANCA MÚLTIPLE



A continuación, se describen los principales tipos de vegetación identificados de acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI, conforme al plano de la página anterior.

#### ▀ *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 malicastrum* (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'uyche'). Las epífitas más comunes son algunos helechos y musgos, abundantes orquídeas y bromeliáceas y aráceas

#### ▀ *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, distribuida principalmente en altiplanicies y llanuras costeras, en sitios con climas desde cálidos hasta templados, con amplios rangos de temperatura, precipitación y altitud. Se desarrolla en lagunas y lagos de agua dulce o salada y de escasa profundidad, así como en áreas pantanosas, canales y remansos de ríos. Las plantas de esta comunidad viven arraigadas en el fondo y constituyen masas densas con hojas largas y angostas, formando prácticamente un solo estrato herbáceo de 80 cm hasta 2.5 m de altura.

Este tipo de vegetación está constituido básicamente por plantas de tule (*Typha spp.*), y tutillo (*Scirpus spp.*), pero también incluye los llamados carrizales de *Phragmites communis* y *Arundo donax* y los "saibadales" de *Cladium jamaicense* del sureste del país.

## b. Vegetación a nivel del predio testigo

Considerando que el cambio de uso de suelo propuesto afectará vegetación de Selva mediana subperennifolia, a continuación, se presenta un análisis de la estructura y composición de un ecosistema similar dentro de la unidad de análisis o sistema ambiental delimitado, que para fines del presente estudio se denominará como el predio testigo; tal como se describe a continuación.

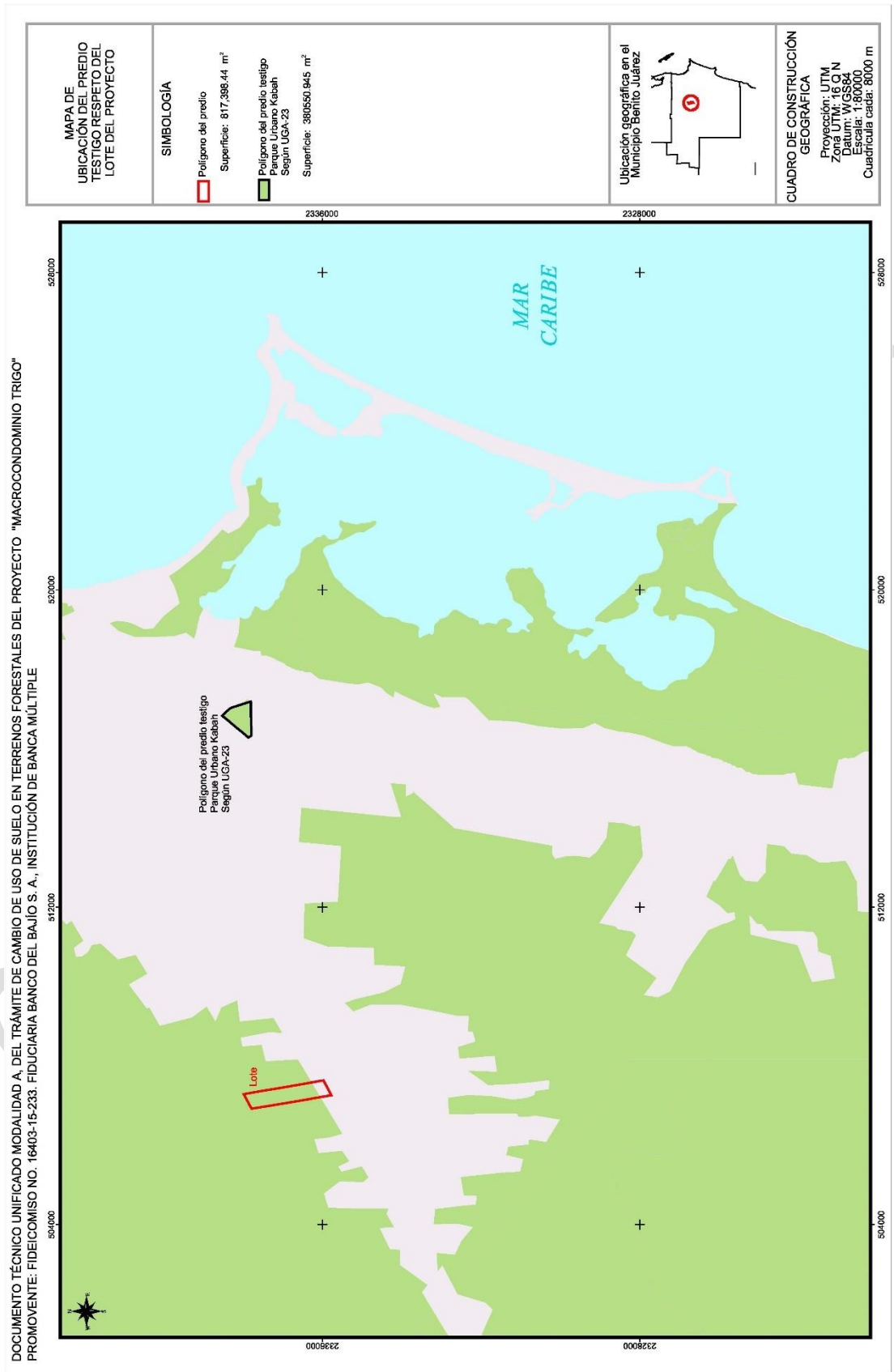
### b.1. Delimitación del área de estudio

Para poder determinar la estructura y composición de la flora en un ecosistema similar al que será afectado con el cambio de uso de suelo, se seleccionó como área de estudio o predio testigo, la UGA 23 del POEL del Municipio de Benito Juárez vigente, denominada "Parque Kabah", ubicada en la ciudad de Cancún (ver plano de la página siguiente), la cual cuenta con una superficie de 38.06 ha, de acuerdo con la ficha técnica contenida en el POEL-BJ referido; ya que dicha superficie está destinada a su preservación dentro del sistema ambiental y posee el mismo ecosistema que aquel que se desarrolla dentro de la superficie de aprovechamiento, a saber, Selva mediana subperennifolia (ver plano de la página 48).

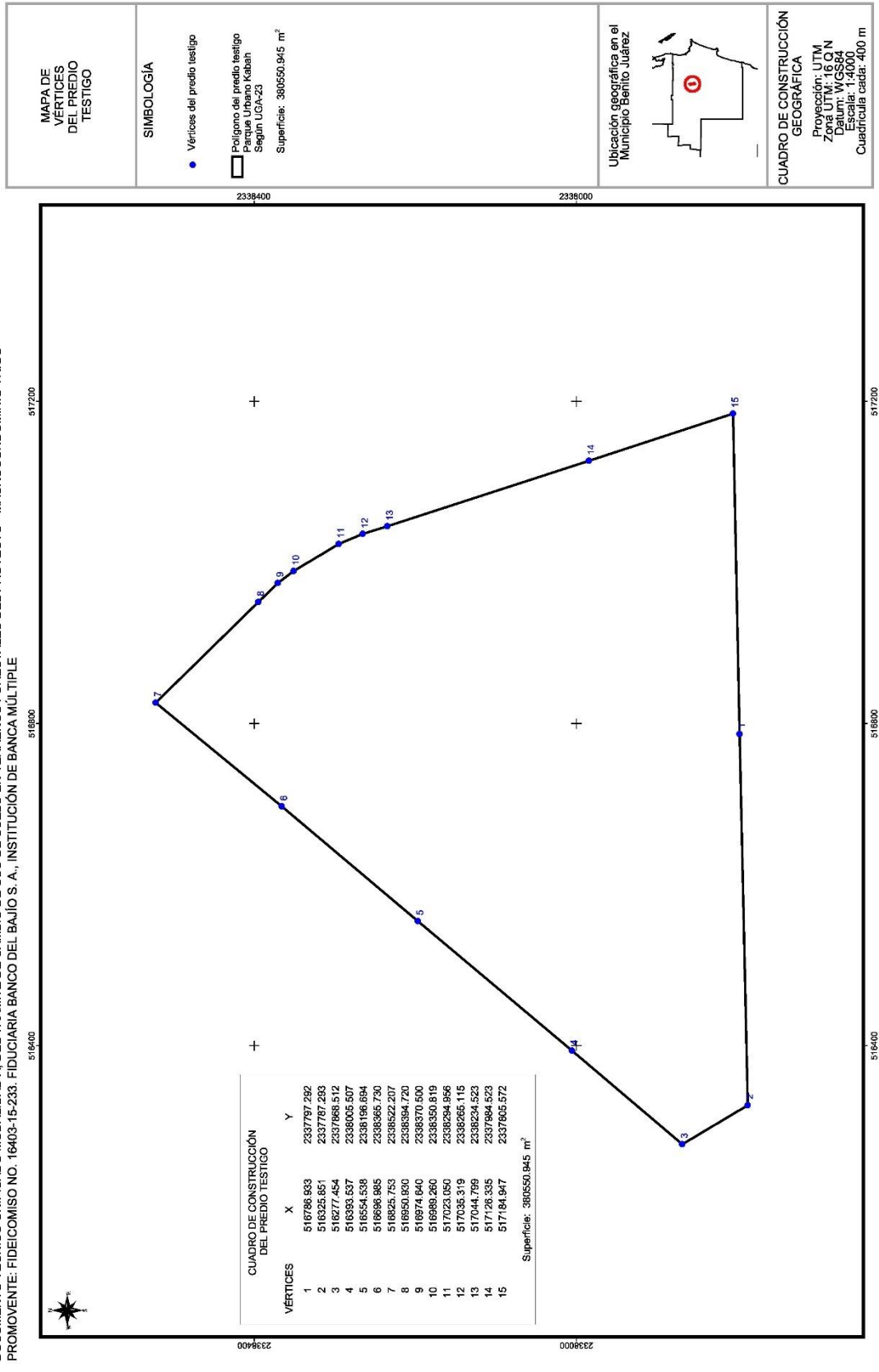
### b.2. Metodología del inventario

Dentro del polígono antes referido, se llevó a cabo un inventario forestal a través de un muestreo aleatorio simple en 15 sitios de muestreo, considerando la superficie que posee el predio testigo. Cada sitio de muestreo consistió en una serie de tres cuadrantes anidados, cuyas características se describen a continuación:

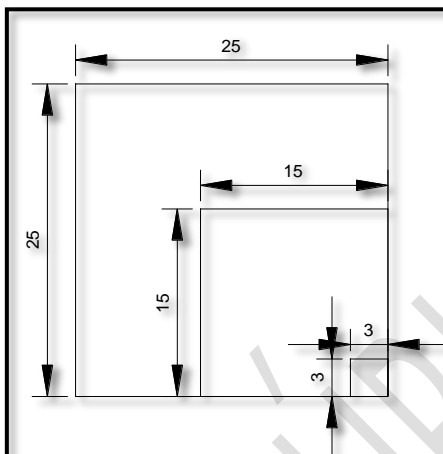
- **Primer cuadrante:** dimensiones de 25 m x 40 m (1,000 m<sup>2</sup> de superficie), para la medición de individuos arbóreos con diámetro normal a la altura del pecho (1.30 m del suelo) igual o mayor a 10 cm.
- **Segundo cuadrante:** dimensiones de 10 m x 10 m (100 m<sup>2</sup> de superficie), para la medición de individuos arbustivos con diámetro normal a la altura del pecho (1.30 m del suelo) menor a 10 cm.
- **Tercer cuadrante:** dimensiones de 3 m x 3 m (9 m<sup>2</sup> de superficie), para la toma de datos a nivel del estrato herbáceo (regeneración natural del ecosistema).



DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD A. DEL TRÁMITE DE CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO "MACROCONDominio TRIGO" PROMOVIENTE: FIDEICOMISO NO. 16403-15-233. FIDUCIARIA BANCO DEL BAJÍO S. A., INSTITUCIÓN DE BANCA MÚLTIPLE



En la imagen siguiente se muestra la forma, tamaño y distribución de los cuadrantes utilizados en cada sitio de muestreo.



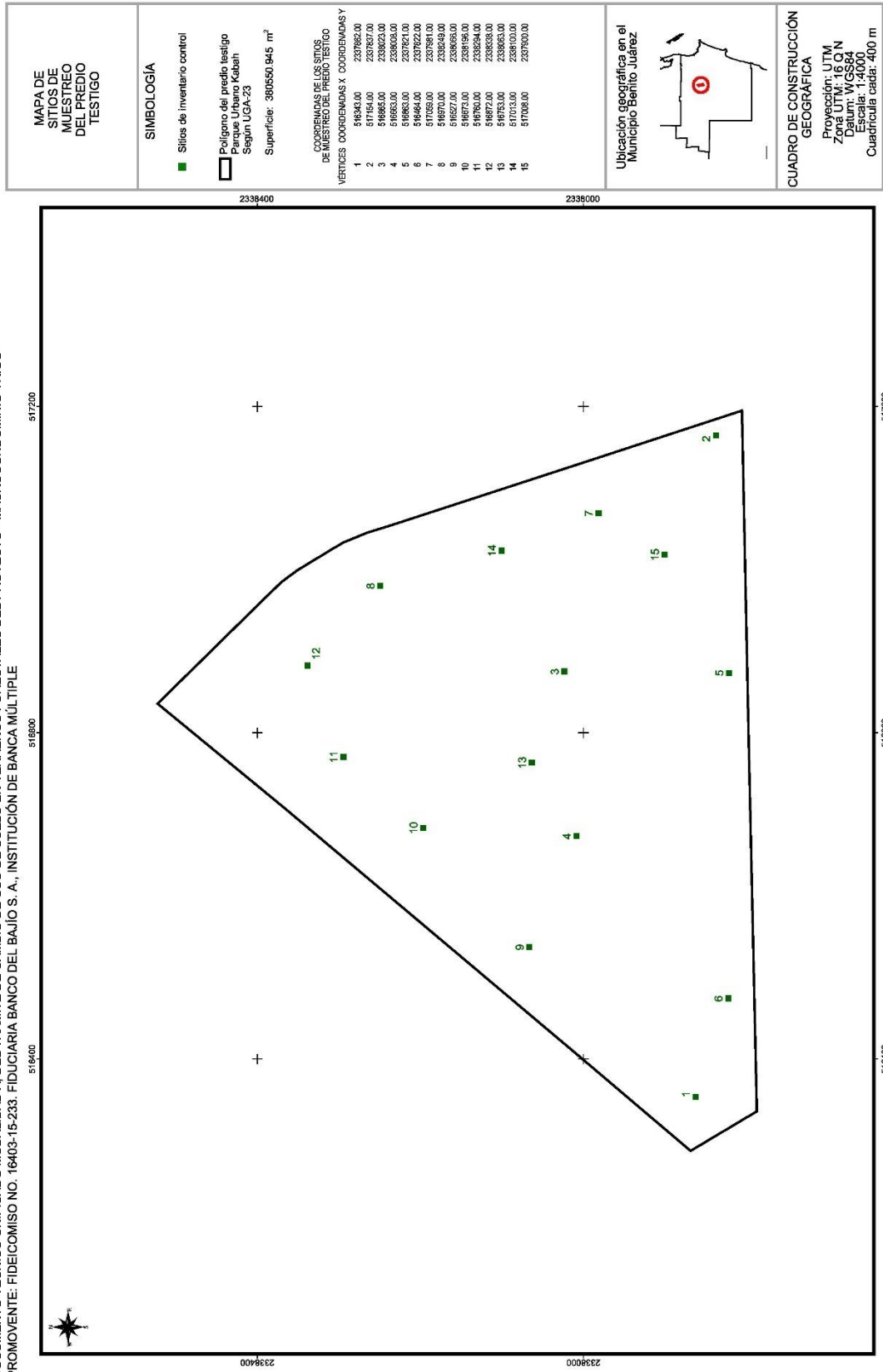
En la siguiente tabla se presentan los vértices de los sitios de muestreo dentro del polígono de estudio.

<b>SITIOS DE MUESTREO - PREDIO TESTIGO</b>		
<b>VÉRTICES</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
1	516343	2337862
2	517154	2337837
3	516865	2338023
4	516663	2338008
5	516863	2337821
6	516464	2337822
7	517059	2337981
8	516970	2338249
9	516527	2338066
10	516673	2338196
11	516760	2338294
12	516872	2338338
13	516753	2338063
14	517013	2338100
15	517008	2337900
<b>SUPERFICIE: 9,375 m<sup>2</sup></b>		

En el plano siguiente se muestra la distribución de los sitios de muestreo utilizados para el inventario forestal dentro del predio testigo.



DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD A. DEL TRÁMITE DE CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO "MACROCONDominio TRIGO"  
 PROMOVIENTE: FIDEICOMISO NO. 16403-15-233. FIDUCIARIA BANCO DEL BAJÍO S. A., INSTITUCIÓN DE BANCA MÚLTIPLE



### b.3. Intensidad del muestreo

Para determinar el tamaño de la muestra de nuestra población (entiéndase la superficie de CUSTF), un aspecto importante es la definición de la intensidad de muestreo, que es la relación porcentual de la superficie de la muestra con respecto a la superficie total, calculada por <sup>(7)</sup>:

$$f = (n / N) 100$$

Donde:

**f** = Intensidad de muestreo en porcentaje

**n** = Número de unidades de la muestra

**N** = Número de unidades de toda la población

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

**f** = Intensidad de muestreo en porcentaje.

**n** = 15 (de 1000 m<sup>2</sup>).

**N** = 381 (de 1000 m<sup>2</sup> para muestrear los 380550.945 m<sup>2</sup> de superficie del predio testigo).

$$f = (15 / 381) 100$$

$$f = (0.039) 100$$

$$f = 3.94\%$$

Como se puede observar en el resultado obtenido mediante la aplicación de la fórmula, la intensidad de muestreo utilizada para el inventario forestal en el predio testigo, fue de 3.94% con respecto a la superficie del predio testigo.

<sup>7</sup> <http://www.virtual.chapingo.mx/dona/sis.prod.forestal/Evaluaci%F3n.pdf>

#### **b.4. Representatividad del muestreo (Curva de acumulación de especies)**

Estas curvas muestran el número de especies acumuladas conforme se va aumentando el esfuerzo de recolecta en un sitio, de tal manera que la riqueza aumentará hasta que llegue un momento en el cual por más que se recolecte, el número de especies alcanzará un máximo y se estabilizará en una asíntota. Pero incluso en estas curvas podrían obtenerse asíntotas antes de que muchas especies hubieran sido registradas, sobre todo por efecto de la estacionalidad, la diversidad beta (el grado de reemplazo de especies a través de gradientes ambientales) y la abundancia relativa de las especies.

Para elaborar la curva de acumulación de especies, se utilizaron modelos no paramétricos, llamados también libres de distribución (distribution-free) porque los datos no asumen un tipo de distribución particular ni una serie de supuestos a priori que los ajusten a un modelo determinado. El cálculo de los modelos no paramétricos es más sencillo y rápido, son más fáciles de entender y explicar, y son relativamente efectivos.

Los modelos no paramétricos que se utilizan con mejores resultados para la elaboración de la curva, son el **Chao1** y el **Chao2**, dos variantes del estimador desarrollado por Anne Chao (el Chao), y que fueron propuestas por Colwell y Coddington:

- Chao1 para el estimador basado en abundancias.
- Chao2 para el estimador basado en incidencia.

**Chao1: estimador basado en la abundancia.** Esto quiere decir que los datos que requiere se refieren a la abundancia de individuos que pertenecen a una determinada clase en una muestra. Una muestra es cualquier lista de especies en un sitio, localidad, cuadrante, país, unidad de tiempo, trampa, etcétera. Como sabemos, hay muchas especies que sólo están representadas por pocos individuos en una muestra (especies

raras), comparadas con las especies comunes, que pueden estar representadas por numerosos individuos. El estimador de Chao1 se basa en la presencia de las primeras. Es decir, requerimos saber cuántas especies están representadas por sólo un individuo en la muestra (singletons), y cuántas especies están representadas por exactamente dos individuos (doubletons):

$$\mathbf{Sest} = \mathbf{Sobs} + \mathbf{F2/2G}$$

Donde:

**Sest**= número de clases (en este caso, número de especies) que deseamos conocer

**Sobs**= número de especies observado en una muestra

**F**= número de singletons

**G**= número de doubletons.

**Chao2: estimador basado en la incidencia.** Esto quiere decir que necesita datos de presencia-ausencia de una especie en una muestra dada, es decir, sólo si está la especie y cuántas veces está esa especie en el conjunto de muestras:

$$\mathbf{Sest} = \mathbf{Sobs} + (\mathbf{L2/2M})$$

Donde:

**L**= número de especies que ocurren sólo en una muestra (especies "únicas").

**M**= número de especies que ocurren en exactamente dos muestras (especies "dobles" o "duplicadas"). Por ejemplo, si tenemos un conjunto de cuadrículas, necesitamos saber cuántas especies están en una cuadrícula y cuántas especies están en dos.

El uso de los estimadores Chao 1 y Chao 2 se llevó a cabo utilizando el programa de cómputo llamado **Estimates9**, el cual ya ha sido programado para implementar los algoritmos de Chao1 y Chao2. Actualmente Estimates9 cuenta con otros estimadores de riqueza, algunos basados en la cobertura, calcula índices de diversidad, curvas de

rarefacción, e incluso puede graficar curvas de acumulación de especies, entre otras bondades. Estimates es gratuito a través de internet y ha permitido que el empleo de los estimadores no paramétricos se generalice a nivel mundial.

En Estimates se ha integrado además una fórmula corregida para el modelo Chao 1, la cual se aplica cuando el número de doubletons es cero:

$$\text{Sest} = \text{Sobs} + ((F2/2G + 1) - (FG/2(G+1)2))$$

La fórmula corregida en Estimates, que se aplica para Chao 2 cuando el número de dobles es cero, es:

$$\text{Sest} = \text{Sobs} + ((L2/2M + 1) - (LM/2(M+1)2))$$

Para usar ambos estimadores en Estimates se necesitan los datos en forma de matriz, donde los renglones y las columnas pueden representar indistintamente las muestras y las especies; se requiere establecer el orden una vez iniciado el programa.

Una vez descrita la metodología utilizada para el análisis de las muestras del inventario forestal, en la siguiente tabla se presenta la matriz de datos utilizada en el software Estimates9 (columnas: sitios de muestreo; y renglones: número de individuos por especie y por sitio), y posteriormente se presenta esos resultados de manera gráfica, de acuerdo con los resultados obtenidos del software.

ESTRATO ARBÓREO															
ESPECIES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3	0	0	3	3	4	1	0	2	0	3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	3	0	0	0
5	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
7	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
9	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

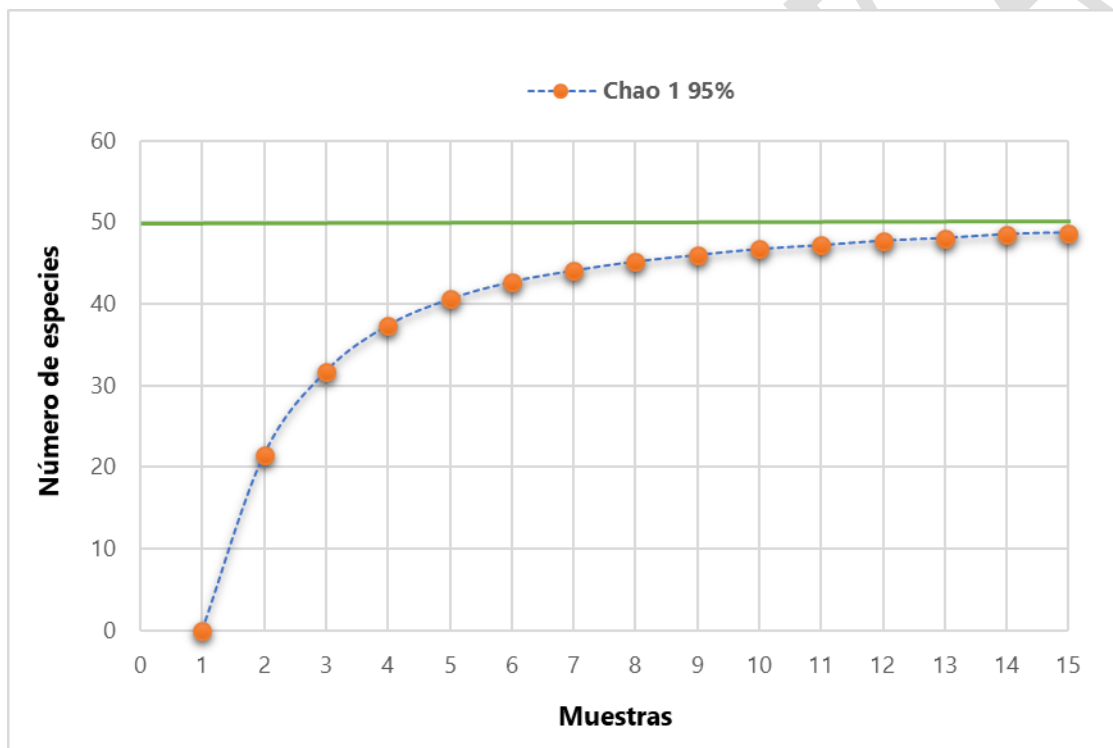


ESTRATO ARBÓREO															
ESPECIES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	2
11	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0
12	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	2
13	0	0	0	1	1	1	2	1	1	0	1	0	2	2	2
14	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0
15	0	0	0	2	3	2	0	2	0	2	2	1	0	2	0
16	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
17	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	5	0	0	0	3	6	0	0	0	0	0	1	3	7
19	2	0	4	2	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0
20	0	4	1	0	0	0	4	0	0	5	3	0	1	1	0
21	0	1	2	1	0	0	0	0	1	0	3	2	0	1	2
22	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
23	1	0	3	1	1	3	2	5	3	0	2	8	7	3	0
24	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
25	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	2
26	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
27	0	1	1	0	2	2	0	1	0	1	2	2	0	1	3
28	10	5	0	0	0	0	0	6	1	1	0	0	0	0	4
29	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
30	3	0	3	2	7	7	6	9	8	3	2	3	8	3	2
31	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
32	4	5	1	0	8	4	4	9	3	2	0	1	2	9	0
33	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0
34	1	2	0	0	0	1	0	2	1	0	2	0	0	3	0
35	4	6	3	1	3	4	5	4	1	6	15	6	5	2	2
36	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	1	2	0	1	0
37	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
38	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
39	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
41	1	1	1	0	1	2	0	1	1	0	0	1	5	1	0
42	0	3	4	1	2	7	0	2	1	1	0	4	0	6	2
43	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0
44	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	2	0	1	0	1	0	0	0	1	2	1	0	1	0
46	2	0	2	1	0	2	1	2	1	1	0	1	0	0	1
47	4	2	0	2	0	0	1	0	0	4	3	1	3	1	3
48	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	2	1	0

Una vez que se realizan varias aleatorizaciones (se recomienda 50, pero pueden ser 100 o más), con o sin reemplazo, y cuando se ha empleado el número total de

muestras, se obtiene el valor final del estimador y se pueden graficar los resultados. El número de muestras se presenta en el eje de las x, y el número de especies en la variable dependiente.

En el gráfico siguiente se presenta la curva de acumulación de especies obtenida del análisis del software **Estimates9**, aplicando el estimador **Chao 1 con intervalo de confianza al 95%**.



Como se puede observar en el gráfico que antecede, la curva de acumulación de especies indica que 15 sitios de muestreo de 1000 m<sup>2</sup> cada uno, son suficientes para obtener una muestra representativa dentro del predio testigo, toda vez que la curva alcanza a estabilizarse con respecto a la asíntota (línea verde), es decir, con respecto a la línea recta que, prolongada indefinidamente, se acerca progresivamente a la curva sin llegar nunca a encontrarla.

## b.5. Resultados del inventario (composición de la vegetación)

En el inventario forestal realizado al interior del predio testigo, se registró la existencia de 68 especies de flora nativa de Selva mediana subperennifolia, pertenecientes a 33 familias botánicas, de la cuales destaca la familia Fabaceae con el mayor número de registros (12 en total); seguida de la familia Sapotaceae con 6 especies, y las familias Euphorbiaceae y Moraceae con 4; el resto de las familias están representadas por 3 o menos especies como se muestra en la siguiente tabla:

FAMILIA	ESPECIES	NOMBRE COMÚN
Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechem
Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akits
Araceae	<i>Anthurium schlechtendalii</i>	Bobtún
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Sac chacah
Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Huano
Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	Chit
Bignoniaceae	<i>Cydista potosina</i>	Bejuco tres lomos
Bombacaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>	Pin
Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	Siricote
Bromeliaceae	<i>Bromelia karatas</i>	Piñuela
Burceraceae	<i>Protium copal</i>	Copal
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
Canellaceae	<i>Canela winterana</i>	Canela de cullo
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	Sak pixoy
Cecropiaceae	<i>Cecropia peltata</i>	Guarumbo
Ebenaceae	<i>Diospyros cuneata</i>	Silil
Euphorbiaceae	<i>Cnidocolus chayamansa</i>	Chaya de monte
Euphorbiaceae	<i>Drypetes lateriflora</i>	Ekulub
Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes licida</i>	Yayté
Euphorbiaceae	<i>Jatropha gaumeri</i>	Pomolché
Fabaceae	<i>Acacia glomerosa</i>	Sac pich
Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
Fabaceae	<i>Bauhinia jennindsii</i>	Pata de caballo
Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamché
Fabaceae	<i>Diphysa carthagenensis</i>	Ts'u'ts'uk
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cacaoché
Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	Huaxin
Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canasín
Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam

FAMILIA	ESPECIES	NOMBRE COMÚN
Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
Fabaceae	<i>Swartzia cubensis</i>	Catalox
Fabaceae	<i>Sweetia panamensis</i>	Huesillo
Flacourtiaceae	<i>Zuelania guidonia</i>	Palo volador
Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
Malpighiaceae	<i>Malpighia glabra</i>	Guayacté
Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Mahahua
Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Tulipancillo
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón
Moraceae	<i>Ficus obtusifolia</i>	Higo
Moraceae	<i>Ficus padifolia</i>	Amatillo
Moraceae	<i>Ficus tecolutensis</i>	Mata palo
Myrtaceae	<i>Eugenia trikii</i>	Escobeta
Myrtaceae	<i>Myrcianthes fragrans</i>	Guayabillo
Nyctaginaceae	<i>Neea psychotrioides</i>	Xta'tsi
Polygonaceae	<i>Coccoloba Barbadosensis</i>	Boob
Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Sac boob
Polygonaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Ts'i'ts'ilché
Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	Tasta'ab
Rubiaceae	<i>Psychotria nervosa</i>	Café de monte
Rubiaceae	<i>Randia longiloba</i>	Cruceta
Rutaceae	<i>Casimiroa tetrameria</i>	Yuy
Rutaceae	<i>Eesenbeckia pentaphylla</i>	Naranjillo
Sapindaceae	<i>Matayba oppositifolia</i>	Guayancox
Sapindaceae	<i>Paullinia cururu</i>	Xchem ak
Sapindaceae	<i>Talisia olivaeformis</i>	Huaya de monte
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito
Sapotaceae	<i>Dipholis salicifolia</i>	Zapote faisán
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote
Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i>	Canisté
Sapotaceae	<i>Pouteria unilocularis</i>	Zapotillo
Sapotaceae	<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	Caracolillo
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i>	Pa'sak'
Smilacaceae	<i>Smilax mollis</i>	Uña de gato
Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i>	Capulín
Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik
Vitaceae	<i>Cissus alata</i>	Bejuco alado
Vitaceae	<i>Cissus gossypifolia</i>	Chak tuuk anil
Vitaceae	<i>Cissus microcarpa</i>	Xta' kanil

- **Estrato arbóreo**

En la siguiente tabla se presenta la composición florística de las especies que fueron registradas en los sitios de muestreo para el estrato arbóreo.

<b>ESTRATO ARBÓREO</b>			
<b>REGISTRO</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>ESPECIE</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>
1	Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechem
2	Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akits
3	Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Sac chacah
4	Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Huano
5	Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	Chit
6	Bombacaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>	Pín
7	Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	Siricote
8	Burceraceae	<i>Protium copal</i>	Copal
9	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
10	Canellaceae	<i>Canela winterana</i>	Canela de cullo
11	Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	Sak pixoy
12	Cecropiaceae	<i>Cecropia peltata</i>	Guarumbo
13	Ebenaceae	<i>Diospyros cuneata</i>	Silil
14	Euphorbiaceae	<i>Drypetes lateriflora</i>	Ekulub
15	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes licida</i>	Yayté
16	Euphorbiaceae	<i>Jatropha gaumeri</i>	Pomolché
17	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cacaoché
18	Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canasín
19	Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
20	Fabaceae	<i>Swartzia cubensis</i>	Catalox
21	Fabaceae	<i>Diphysa carthagenensis</i>	Ts'u'ts'uk
22	Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
23	Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
24	Fabaceae	<i>Bauhinia jennindsii</i>	Pata de caballo
25	Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	Huaxin
26	Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamché
27	Fabaceae	<i>Acacia glomerosa</i>	Sac pich
28	Fabaceae	<i>Sweetia panamensis</i>	Huesillo
29	Flacourtiaceae	<i>Zuelania guidonia</i>	Palo volador
30	Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
31	Malpighiaceae	<i>Malpighia glabra</i>	Guayacté
32	Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Mahahua
33	Moraceae	<i>Ficus padifolia</i>	Amatillo
34	Moraceae	<i>Ficus obtusifolia</i>	Higo



ESTRATO ARBÓREO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
35	Moraceae	<i>Ficus tecolutensis</i>	Mata palo
36	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón
37	Myrtaceae	<i>Psidium sartorianum</i>	Guayabillo
38	Myrtaceae	<i>Eugenia trikii</i>	Escobeta
39	Nyctaginaceae	<i>Neea psychotrioides</i>	Xta'tsi
40	Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
41	Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Sac boob
42	Polygonaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Ts'i'ts'ilché
43	Rubiaceae	<i>Randia longiloba</i>	Cruceta
44	Rubiaceae	<i>Guettarda comsii</i>	Tasta'ab
45	Rutaceae	<i>Eesenbeckia pentaphylla</i>	Naranjillo
46	Rutaceae	<i>Casimiroa tetrameria</i>	Yuy
47	Sapindaceae	<i>Matayba oppositoliai</i>	Guayancox
48	Sapindaceae	<i>Talisia olivaeformis</i>	Huaya de monte
49	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito
50	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote
51	Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i>	Canisté
52	Sapotaceae	<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	Caracolillo
53	Sapotaceae	<i>Dipholis salicifolia</i>	Zapote faisán
54	Sapotaceae	<i>Pouteria unilocularis</i>	Zapotillo
55	Simaroubaceae	<i>Simarouba glauca</i>	Pa'sak'
56	Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i>	Capulín
57	Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik

De acuerdo con el inventario forestal realizado dentro del predio testigo, a nivel del estrato arbóreo se constató la existencia de 57 especies de flora silvestre, distribuidas en 28 familias, de las cuales destaca la familia Fabaceae con el mayor número de registros (12 en total); seguida de la familia Sapotaceae con 6 registros; y finalmente la familia Moraceae con 4 registros.

- **Estrato arbustivo**

ESTRATO ARBUSTIVO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechem
2	Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akits
4	Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Huano

ESTRATO ARBUSTIVO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
5	Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	Chit
6	Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	Siricote
7	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
8	Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	Sak pixoy
9	Cecropiaceae	<i>Cecropia peltata</i>	Guarumbo
10	Ebenaceae	<i>Diospyros cuneata</i>	Silil
11	Euphorbiaceae	<i>Jatropha gaumeri</i>	Pomolché
12	Euphorbiaceae	<i>Guettarda elliptica</i>	Ekulub
13	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes licida</i>	Yayté
14	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cacaoché
15	Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canasín
16	Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
17	Fabaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Ts'i'ts'ilché
18	Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
19	Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
20	Fabaceae	<i>Bauhinia jennindsii</i>	Pata de caballo
21	Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamché
22	Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
23	Malpighiaceae	<i>Malpighia glabra</i>	Guayacté
24	Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Tulipancillo
25	Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Mahahua
26	Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	Amatillo
27	Moraceae	<i>Ficus obtusifolia</i>	Higo
28	Moraceae	<i>Ficus tecolutensis</i>	Mata palo
29	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón
30	Myrtaceae	<i>Psidium sartorianum</i>	Guayabillo
31	Nyctaginaceae	<i>Neea psychotrioides</i>	Xta'tsi
32	Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
33	Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Sac boob
34	Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	Tasta'ab
35	Rutaceae	<i>Eesenbeckia pentaphylla</i>	Naranjillo
36	Rutaceae	<i>Casimiroa tetrameria</i>	Yuy
37	Sapindaceae	<i>Talisia olivaeformis</i>	Huaya de monte
38	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito
39	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote
40	Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i>	Canisté
41	Sapotaceae	<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	Caracolillo

ESTRATO ARBUSTIVO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
42	Sapotaceae	<i>Dipholis salicifolia</i>	Zapote faisán
43	Sapotaceae	<i>Pouteria unilocularis</i>	Zapotillo
44	Simaroubaceae	<i>Simarouba glauca</i>	Pa'sak'
45	Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i>	Capulín
46	Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik

A nivel del estrato arbustivo se constató la existencia de 46 especies de flora silvestre, distribuidas en 24 familias, de las cuales destaca la familia Fabaceae con el mayor número de registros (8 en total); seguida de la familia Sapotaceae con 6 registros; y finalmente la familia Moraceae con 4 registros.

- **Estrato herbáceo**

ESTRATO HERBÁCO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechem
2	Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akits
4	Araceae	<i>Anthurium schlechtendalii</i>	Bobtún
5	Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Huano
6	Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	Chit
7	Bignoniaceae	<i>Cydista potosina</i>	Bejuco tres lomos
8	Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	Siricote
9	Bromeliaceae	<i>Bromelia karatas</i>	Piñuela
10	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
11	Ebenaceae	<i>Diospyros cuneata</i>	Silil
12	Euphorbiaceae	<i>Jatropha gaumeri</i>	Pomolché
13	Euphorbiaceae	<i>Guettarda elliptica</i>	Ekulub
14	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes licida</i>	Yayté
15	Euphorbiaceae	<i>Cnidocolus chayamansa</i>	Chaya de monte
16	Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canasín
17	Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
18	Fabaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Ts'i'ts'ilché
19	Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
20	Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
21	Fabaceae	<i>Bauhinia jennindsii</i>	Pata de caballo

ESTRATO HERBÁCO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
22	Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamché
23	Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
24	Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Tulipancillo
25	Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Mahahua
26	Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	Amatillo
27	Moraceae	<i>Ficus obtusifolia</i>	Higo
28	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón
29	Nyctaginaceae	<i>Neea psychotrioides</i>	Xta'tsi
30	Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
31	Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Sac boob
32	Rubiaceae	<i>Psychotria nervosa</i>	Café de monte
33	Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	Tasta'ab
34	Rutaceae	<i>Casimiroa tetrameria</i>	Yuy
35	Sapindaceae	<i>Paullinia cururu</i>	Xchem ak
36	Sapindaceae	<i>Talisia olivaeformis</i>	Huaya de monte
37	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito
38	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote
39	Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i>	Canisté
40	Smilacaceae	<i>Smilax mollis</i>	Uña de gato
41	Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i>	Capulín
42	Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik
43	Vitaceae	<i>Cissus alata</i>	Bejuco alado
44	Vitaceae	<i>Cissus gossypifolia</i>	Chak tuuk anil
45	Vitaceae	<i>Cissus microcarpa</i>	Xta' kanil

A nivel del estrato herbáceo se constató la existencia de 45 especies de flora silvestre, distribuidas en 24 familias, de las cuales destaca la familia Fabaceae con el mayor número de registros (7 en total); seguida de la familia Euphorbiaceae con 4 registros; y finalmente las familias Moraceae, Sapotaceae y Vitaceae con 3 registros cada una.

### b.6. Epífitas vasculares

Uno de los componentes más característicos y llamativos en los ecosistemas forestales son las plantas epífitas. Este grupo está conformado por organismos cuyo ciclo de vida se desarrolla íntegramente sobre o dentro de los tejidos muertos exteriores de otras

plantas, sin obtener agua o nutrientes de tejidos vivos. Las epífitas son un elemento importante de la diversidad de los ecosistemas y esenciales en la estructura y dinámica de la fauna asociada. Las epífitas aumentan la complejidad estructural del dosel y proveen recursos adicionales para la fauna (Nadkarni y Matelson 1989)<sup>8</sup>.

**Metodología del inventario:** Para el estudio de este grupo florístico se utilizó toda la superficie del polígono que conforma la unidad testigo (usado para el inventario forestal dentro del sistema ambiental), de tal manera que durante el levantamiento de los datos en campo, se realizó una revisión exhaustiva de cada individuo inventariado a nivel de los estratos arbóreo y arbustivo, a fin de determinar la existencia de epífitas vasculares, y posteriormente registrar la especie y el número de individuos por especie identificados. Los grupos de epífitas estudiados fueron Bromeliaceae, Orchidaceae y otras epífitas (incluidas Loranthaceae, Cactaceae, Araceae y otras especies más conspicuas).

De acuerdo con esta metodología, se muestreó un total de 947 árboles adultos (estrato arbóreo) y 379 árboles jóvenes (estrato arbustivo), pudiendo obtener los siguientes resultados.

**Resultados del inventario (composición de especies):** De acuerdo con la metodología aplicada durante el inventario de epífitas vasculares, se pudo constatar la existencia de 11 especies distribuidas en 5 familias de las cuales, la más importante fue la Orchidaceae con el mayor número de registros (4 en total); seguida de las familias Bromeliaceae y Cactaceae con dos registros cada una, tal como se muestra en la siguiente tabla:

EPÍFITAS VASCULARES			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Araceae	<i>Anthurium schlechtendalii</i>	Bobtún
2	Bromeliaceae	<i>Aechmea bracteata</i>	X'chu
4	Bromeliaceae	<i>Tillandsia festuroides</i>	Gatillo

<sup>8</sup> José G. García-Franco y Tarin Toledo Aceves. Epífitas vasculares: bromelias y orquídeas. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/542/cap5.pdf>



EPÍFITAS VASCULARES			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
5	Cactaceae	<i>Selenicereus donkelaarii</i>	Chohkan
6	Cactaceae	<i>Selenicereus testudo</i>	Pitaya tortuga
7	Loranthaceae	<i>Psittacanthus calyculatus</i>	Chac-xciu
8	Orquidaceae	<i>Brassavola nodosa</i>	Dama de noche
9	Orquidaceae	<i>Catasetum integerrimum</i>	Cebolleta
10	Orquidaceae	<i>Encyclia alata</i>	Orquídea mariposa
11	Orquidaceae	<i>Myrmecophila tibicinis</i>	Homikin

### b.7. Especies en NOM-059-SEMARNAT-2010

En la siguiente tabla se enlistan las especies de flora silvestre registradas dentro del predio testigo, las cuales se encuentran catalogadas en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana en comento.

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>	Nacax	Amenazada

### b.8. Índice de valor de importancia (IVI) para la flora del predio testigo

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 comunidad vegetal.

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 iésima 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:**

$$F\% = F_i/F_t * 100$$

Donde:

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

**$F_t$**  = 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:**

$$D\% = G_i/G_t * 100$$

Donde:

**$G_i$**  = Área basal en  $m^2$  para la *i*ésima especie

**$G_t$**  = Área basal en  $m^2$  de todas las especies (dominancia absoluta)

Cabe aclarar que para el estrato herbáceo y las epífitas vasculares, 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 unidad testigo.

### ► Estrato arbóreo

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%)				
ESPECIES	A%	F%	D%	IVI
<i>Manilkara zapota</i>	10.53	4.91	41.96	57.40
<i>Piscidia piscipula</i>	10.69	5.26	8.47	24.42
<i>Metopium brownei</i>	8.29	4.21	4.84	17.35
<i>Drypetes lateriflora</i>	6.220	4.21	3.600	14.03
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	4.31	2.11	5.53	11.94
<i>Swartzia cubensis</i>	5.26	3.86	2.65	11.77
<i>Vitex gaumeri</i>	3.83	3.51	2.31	9.64
<i>Ficus cotinifolia</i>	3.99	2.11	1.877	7.97
<i>Simarouba glauca</i>	2.39	3.51	1.94	7.84
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	2.55	3.51	1.14	7.20
<i>Ficus tecolutensis</i>	3.030	2.46	1.674	7.16
<i>Dendropanax arboreus</i>	2.233	3.51	1.275	7.02
<i>Thrinax radiata</i>	2.23	3.51	1.04	6.78
<i>Dipholis salicifolia</i>	2.55	2.81	1.303	6.66
<i>Gliricidia sepium</i>	2.073	2.81	1.336	6.22
<i>Bursera simaruba</i>	2.552	2.11	1.326	5.98
<i>Nectandra coriacea</i>	1.91	2.46	1.11	5.48
<i>Pouteria campechiana</i>	1.59	2.46	1.38	5.43
<i>Ficus obtusifolia</i>	2.233	1.75	1.294	5.28
<i>Thevetia gaumeri</i>	1.44	2.46	0.89	4.78
<i>Sweetia panamensis</i>	1.28	1.75	1.46	4.49
<i>Gymnopodium floribundum</i>	1.28	2.46	0.731	4.46
<i>Myrcianthes fragrans</i>	1.12	2.46	0.89	4.46
<i>Coccoloba barbadensis</i>	1.116	2.11	0.663	3.88
<i>Cordia dodecandra</i>	0.957	1.75	0.969	3.68
<i>Hampea trilobata</i>	0.80	1.75	0.63	3.18

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%)				
ESPECIES	A%	F%	D%	IVI
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	1.116	1.40	0.617	3.14
<i>Diospyros cuneata</i>	0.797	1.75	0.551	3.10
<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	0.80	1.75	0.41	2.96
<i>Zuelania guidonia</i>	0.96	1.40	0.50	2.86
<i>Coccoloba spicata</i>	0.957	1.40	0.375	2.74
<i>Diphysa carthagenensis</i>	0.80	1.40	0.492	2.69
<i>Ceiba aesculifolia</i>	0.797	1.40	0.404	2.60
<i>Talisia olivaeformis</i>	0.64	1.40	0.34	2.38
<i>Pouteria unilocularis</i>	0.64	1.40	0.34	2.38
<i>Sabal yapa</i>	0.48	1.05	0.59	2.12
<i>Protium copal</i>	0.64	1.05	0.28	1.97
<i>Malpighia glabra</i>	0.48	1.05	0.28	1.81
<i>Casimiroa tetrameria</i>	0.48	1.05	0.225	1.76
<i>Eugenia trikii</i>	0.64	0.70	0.383	1.72
<i>Guettarda combsii</i>	0.48	1.05	0.183	1.71
<i>Acacia glomerosa</i>	0.478	0.70	0.313	1.49
<i>Matayba oppositifolia</i>	0.48	0.70	0.25	1.43
<i>Gymnanthes licida</i>	0.48	0.70	0.236	1.42
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	0.478	0.70	0.215	1.40
<b><i>Canella winterana</i></b>	<b>0.32</b>	<b>0.70</b>	<b>0.352</b>	<b>1.37</b>
<b><i>Cecropia peltata</i></b>	<b>0.319</b>	<b>0.70</b>	<b>0.220</b>	<b>1.24</b>
<b><i>Brosimum alicastrum</i></b>	<b>0.32</b>	<b>0.70</b>	<b>0.166</b>	<b>1.19</b>
<b>TOTALES</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>300.00</b>

El índice de valor de importancia calculado, permite determinar el grado de uniformidad en la distribución de los individuos de cada especie, es decir, aquellas especies que presentan un valor mayor son las que poseen un patrón regular mientras que aquellas con valor bajo son características de un patrón agregado, irregular y disperso. En este estrato se observa que *Manilkara zapota* (zapote) y *Piscidia piscipula* (jabín) predomina sobre el resto de las especies, ya que obtuvieron los valores de IVI más elevados con 57.40 y 24.42 respectivamente, por lo que se trata de las dos especies con un patrón regular con amplia distribución en el predio testigo, y alta importancia en la estructura y composición de la vegetación. Otras especies con alto valor de IVI son *Metopium brownei* (Chechen) con 17.35; *Drypetes lateriflora* (Ekulub)



con 14.03; *Lysiloma latisiliquum* (Tzalam) con 11.94; y *Swartzia cubensis* (Catalox) con 11.77. Las especies menos importantes o con una distribución agregada, dispersa e irregular fueron *Canella winterana* (canela de cuyo) con 1.37; *Cecropia peltata* (Guarumbo) con 1.24; y *Brosimum alicastrum* (Ramón) con 1.19.

#### ► Estrato arbustivo

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%)				
ESPECIES	A%	F%	D%	IVI
<i>Thrinax radiata</i>	8.67	2.31	9.909	20.89
<i>Manilkara zapota</i>	6.07	6.15	7.368	19.59
<i>Nectandra coriacea</i>	4.91	3.85	4.777	13.54
<i>Diospyros cuneata</i>	4.05	5.38	3.844	13.27
<i>Metopium brownei</i>	3.76	3.08	3.48	10.31
<i>Coccoloba barbadensis</i>	3.757	3.08	3.208	10.04
<i>Bursera simaruba</i>	2.890	3.85	3.095	9.83
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	3.47	2.31	3.68	9.46
<i>Ficus padifolia</i>	2.601	3.85	2.107	8.55
<i>Piscidia piscipula</i>	2.312	3.85	2.354	8.51
<i>Coccoloba spicata</i>	2.02	3.85	2.19	8.06
<i>Pouteria unilocularis</i>	3.179	1.54	3.129	7.85
<i>Hampea trilobata</i>	2.60	1.54	3.37	7.51
<i>Myrcianthes fragrans</i>	1.734	3.08	2.027	6.84
<i>Pouteria campechiana</i>	2.312	2.31	2.128	6.75
<i>Brosimum alicastrum</i>	2.31	1.54	2.48	6.33
<i>Gymnanthes lucida</i>	2.02	2.31	1.82	6.15
<i>Guettarda elliptica</i>	2.023	1.54	2.387	5.95
<i>Thevetia gaumeri</i>	2.02	2.31	1.595	5.93
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	2.023	1.54	2.034	5.60
<i>Jatropha gaumeri</i>	1.73	2.31	1.48	5.52
<i>Talisia olivaeformis</i>	1.73	2.31	1.281	5.32
<i>Leucaena leucocephala</i>	1.445	1.54	2.241	5.22
<i>Ficus tecolutensis</i>	2.02	1.54	1.579	5.14
<i>Dipholis salicifolia</i>	1.734	2.31	1.062	5.10
<i>Guettarda combsii</i>	2.023	1.54	1.509	5.07
<i>Ficus obtusifolia</i>	1.73	1.54	1.77	5.05
<i>Guettarda elliptica</i>	1.45	1.54	1.87	4.85

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%)				
ESPECIES	A%	F%	D%	IVI
<i>Cordia dodecandra</i>	2.02	0.77	1.99	4.78
<i>Vitex gaumeri</i>	1.16	2.31	1.18	4.64
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	1.45	1.54	1.66	4.64
<i>Gliricidia sepium</i>	1.156	2.31	1.150	4.61
<i>Casimiroa tetrameria</i>	1.45	1.54	1.41	4.39
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	1.16	1.54	1.364	4.06
<i>Bauhinia jennindsii</i>	1.45	0.77	1.68	3.89
<i>Guettarda combsii</i>	0.87	2.31	0.65	3.83
<i>Croton glabellus</i>	1.16	1.54	0.89	3.58
<i>Cecropia peltata</i>	0.87	1.54	1.00	3.40
<i>Simarouba amara</i>	0.87	1.54	0.971	3.38
<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	1.45	0.77	0.92	3.14
<i>Sabal yapa</i>	0.867	1.54	0.575	2.98
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	1.16	0.77	0.95	2.87
<i>Neea psychotrioides</i>	0.87	0.77	0.697	2.33
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.87	0.77	0.64	2.28
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.87	0.77	0.63	2.27
<i>Malpighia glabra</i>	0.58	0.77	0.870	2.22
<b><i>Trema micrantha</i></b>	<b>0.58</b>	<b>0.77</b>	<b>0.53</b>	<b>1.88</b>
<b><i>Maclura tinctoria</i></b>	<b>0.29</b>	<b>0.77</b>	<b>0.307</b>	<b>1.37</b>
<b><i>Malmea depressa</i></b>	<b>0.29</b>	<b>0.77</b>	<b>0.17</b>	<b>1.22</b>
<b>TOTALES</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>300.00</b>

En este estrato se observa que *Thrinax radiata* (Chit) con IVI de 20.89, y *Manilkara zapota* (zapote) con 19.59, predominan sobre el resto de las especies, ya que obtuvieron los valores más elevados, por lo que se trata de las dos especies con un patrón regular, con amplia distribución en el predio testigo, y alta importancia en la estructura y composición de la vegetación. Otras especies con alto valor de IVI son *Nectandra coriácea* (Laurelillo) con 13.54; *Diospyros cuneata* (silil) con 11.91; y *Metopium brownei* (Chechen) con 10.31. Las especies menos importantes o con una distribución agregada, dispersa e irregular fueron *Trema micrantha* (Capulín) con IVI de 1.88; *Maclura tinctoria* (Mora) con un IVI de 1.37; y *Malmea depressa* (Elemuy) con 1.22.

## ► Estrato herbáceo

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%)				
ESPECIES	A%	F%	D%	IVI
<i>Nectandra coriacea</i>	14.02	6.57	11.14	31.73
<i>Bromelia karatas</i>	3.659	4.38	5.386	13.42
<i>Manilkara zapota</i>	4.88	3.65	4.651	13.18
<i>Metopium brownei</i>	3.659	4.38	2.706	10.74
<i>Brosimum alicastrum</i>	3.05	3.65	3.47	10.17
<i>Malvaviscus arboreus</i>	3.659	2.19	3.731	9.58
<i>Cissus microcarpa</i>	3.049	3.65	2.627	9.33
<i>Myrcianthes fragrans</i>	3.05	2.19	4.02	9.26
<i>Thevetia gaumeri</i>	2.439	2.92	3.810	9.17
<i>Thrinax radiata</i>	2.44	2.92	3.311	8.67
<i>Cissus gossypifolia</i>	3.049	3.65	1.813	8.51
<i>Psychotria nervosa</i>	2.44	2.92	2.470	7.83
<i>Trema micrantha</i>	2.439	2.92	2.470	7.83
<i>Paullinia cururu</i>	1.83	2.92	2.89	7.64
<i>Diospyros cuneata</i>	2.439	2.92	2.023	7.38
<i>Coccoloba barbadensis</i>	2.44	2.19	1.892	6.52
<i>Neea psychotrioides</i>	2.44	1.46	2.05	5.95
<i>Bursera simaruba</i>	1.83	2.19	1.81	5.83
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	1.83	2.19	1.81	5.83
<i>Smilax mollis</i>	1.22	1.46	2.81	5.49
<i>Drypetes lateriflora</i>	1.83	2.19	1.39	5.41
<i>Hampea trilobata</i>	1.220	1.46	2.706	5.39
<i>Cissus alata</i>	1.83	2.19	1.34	5.36
<i>Sabal yapa</i>	1.829	0.73	2.759	5.32
<i>Guettarda elliptica</i>	1.829	2.19	1.130	5.15
<i>Randia longiloba</i>	1.83	2.19	1.130	5.15
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	1.83	2.19	1.08	5.10
<i>Piscidia piscipula</i>	1.83	2.19	1.02	5.04
<i>Anthurium schlechtendalii</i>	1.83	1.46	1.52	4.81
<i>Pouteria campechiana</i>	1.22	1.46	1.261	3.94
<i>Cydista potosina</i>	1.22	1.46	1.18	3.86
<i>Ficus cotinifolia</i>	1.22	1.46	1.16	3.84
<i>Cnidocolus chayamansa</i>	1.22	1.46	1.13	3.81
<i>Bauhinia jenningsii</i>	1.22	1.46	1.05	3.73
<i>Ficus obtusifolia</i>	1.22	1.46	0.867	3.55

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%)				
ESPECIES	A%	F%	D%	IVI
<i>Gymnanthes licida</i>	1.220	1.46	0.867	3.55
<i>Vitex gaumeri</i>	1.22	1.46	0.867	3.55
<i>Coccothrinax readii</i>	0.610	0.73	2.102	3.44
<i>Casimiroa tetrameria</i>	1.22	1.46	0.76	3.44
<i>Bauhinia divaricata</i>	1.22	1.46	0.58	3.26
<i>Guettarda combsii</i>	0.61	0.73	1.89	3.23
<i>Jatropha gaumeri</i>	0.610	0.73	1.787	3.13
<i>Talisia olivaeformis</i>	1.22	1.46	0.447	3.13
<i>Chamaedorea seifrizii</i>	0.61	0.73	0.788	2.13
<i>Croton glabellus</i>	0.61	0.73	0.79	2.13
<b><i>Coccoloba spicata</i></b>	<b>0.610</b>	<b>0.73</b>	<b>0.683</b>	<b>2.02</b>
<b><i>Lonchocarpus rugosus</i></b>	<b>0.61</b>	<b>0.73</b>	<b>0.42</b>	<b>1.76</b>
<b><i>Gymnopodium floribundum</i></b>	<b>0.61</b>	<b>0.73</b>	<b>0.39</b>	<b>1.73</b>
<b>TOTALES</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>300.00</b>

En este estrato se observa que *Nectandra coriácea* (Laurelillo) con un IVI de 31.73; *Bromelia karatas* (Piñuela) con 13.42; y *Manilkara zapota* (Zapote) con 13.18, predominan sobre el resto de las especies, ya que obtuvieron los valores más elevados, por lo que se trata de las especies con un patrón regular, con amplia distribución en el predio testigo, y alta importancia en la estructura y composición de la vegetación. Otras especies con alto valor de IVI son *Metopium brownei* (Chechen) con 10.74 y *Brosimum alicastrum* (Ramón) con 10.17. Las especies menos importantes o con una distribución agregada, dispersa e irregular fueron *Coccoloba spicata* (Sac boob) con un IVI de 2.02; *Lonchocarpus rugosus* (Canasín) con 1.76; y *Gymnopodium floribundum* (Tzitzilche) con 1.73.

### b.9. Índice de diversidad del ecosistema estudiado

Para estimar la biodiversidad de la flora presente en el predio testigo, 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  $ni$ , es decir, que la comunidad tenga una distribución de abundancias perfectamente equitativa.

En cuanto a la base del logaritmo usado, puede ser decimal ( $\log_{10}$ ), natural ( $\log_e$ ) o binaria ( $\log_2$ ). Aunque la última sea la más común, no hay ventajas en el uso de una u otra. Entonces se puede utilizar las tres, pues todas son consistentes (Barros, 1986), desde que los cálculos sean desarrollados con una única base. Los resultados son llamados respectivamente de: dígitos decimales (decits), dígitos naturales (nits), y dígitos binarios (bits)<sup>9</sup>.

Para el presente estudio se optó por utilizar el logaritmo decimal ( $\log_{10}$ ), ya que en nuestra experiencia ha ofrecido resultados más confiables en la aplicación del índice de Shannon – Wiener (1949). Los resultados se expresan en decits/ind, y se calculan a partir de:

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

<sup>9</sup> DANIEL, O. Subsidios al uso del índice de diversidad de Shannon. In: CONGRESO LATINOAMERICANO IUFRO, 1, Valdivia-Chile, 1998. Anais... IUFRO, Tem, CD-ROM.



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 decimal (base 10) 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.

**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 (**H'\_{max}**).

El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Conceptualmente es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad. Esto es, si una comunidad de **S** especies es muy homogénea, por ejemplo, porque existe una especie claramente dominante y las restantes **S-1** especies apenas presentes, el grado de incertidumbre será más bajo que si todas las **S** especies fueran igualmente abundantes. O sea, al tomar al azar un individuo, en el primer caso tendremos un grado de certeza mayor (menos incertidumbre, producto de una menor entropía) que en el segundo; porque mientras en el primer caso la probabilidad de que pertenezca a la especie dominante será cercana a 1, mayor que para cualquier otra especie, en el segundo la probabilidad será la misma para cualquier especie.

Visto lo anterior, 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), obtenido a través de la abundancia de individuos registrados en las 15 parcelas de muestreo.

ESTRATO ARBÓREO				
ESPECIES (S)	$n_i$	$P_i$	$\text{LOG}_{10} P_i$	$P_i * \text{LOG}_{10} P_i$
<i>Acacia glomerosa</i>	3	0.005	-2.32	-0.011
<i>Brosimum alicastrum</i>	2	0.003	-2.50	-0.008
<i>Bursera simaruba</i>	16	0.026	-1.59	-0.041
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	7	0.011	-1.95	-0.022
<i>Canella winterana</i>	2	0.003	-2.50	-0.008
<i>Casimiroa tetrameria</i>	3	0.005	-2.32	-0.011
<i>Cecropia peltata</i>	2	0.003	-2.50	-0.008
<i>Ceiba aesculifolia</i>	5	0.008	-2.10	-0.017
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	3	0.005	-2.32	-0.011
<i>Coccoloba barbadensis</i>	7	0.011	-1.95	-0.022
<i>Coccoloba spicata</i>	6	0.010	-2.02	-0.019
<i>Cordia dodecandra</i>	6	0.010	-2.02	-0.019
<i>Dendropanax arboreus</i>	14	0.022	-1.65	-0.037
<i>Diospyros cuneata</i>	5	0.008	-2.10	-0.017
<i>Dipholis salicifolia</i>	16	0.026	-1.59	-0.041
<i>Diphyssa carthagenensis</i>	5	0.008	-2.10	-0.017
<i>Eugenia trikii</i>	4	0.006	-2.20	-0.014
<i>Ficus cotinifolia</i>	25	0.040	-1.40	-0.056
<i>Ficus obtusifolia</i>	14	0.022	-1.65	-0.037
<i>Ficus tecolutensis</i>	19	0.030	-1.52	-0.046
<i>Gliricidia sepium</i>	13	0.021	-1.68	-0.035
<i>Guettarda combsii</i>	3	0.005	-2.32	-0.011
<i>Guettarda elliptica</i>	39	0.062	-1.21	-0.075
<i>Gymnanthes licida</i>	3	0.005	-2.32	-0.011
<i>Gymnopodium floribundum</i>	8	0.013	-1.89	-0.024
<i>Hampea trilobata</i>	5	0.008	-2.10	-0.017
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	16	0.026	-1.59	-0.041
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	27	0.043	-1.37	-0.059
<i>Malpighia glabra</i>	3	0.005	-2.32	-0.011
<i>Manilkara zapota</i>	66	0.105	-0.98	-0.103
<i>Matayba oppositifolia</i>	3	0.005	-2.32	-0.011
<i>Metopium brownei</i>	52	0.083	-1.08	-0.090
<i>Myrcianthes fragrans</i>	7	0.011	-1.95	-0.022
<i>Nectandra coriacea</i>	12	0.019	-1.72	-0.033
<i>Piscidia piscipula</i>	67	0.107	-0.97	-0.104
<i>Pouteria campechiana</i>	10	0.016	-1.80	-0.029
<i>Pouteria unilocularis</i>	4	0.006	-2.20	-0.014

ESTRATO ARBÓREO				
ESPECIES (S)	n <sub>i</sub>	P <sub>i</sub>	LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> * LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>
<i>Protium copal</i>	4	0.006	-2.20	-0.014
<i>Sabal yapa</i>	3	0.005	-2.32	-0.011
<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	5	0.008	-2.10	-0.017
<i>Simarouba glauca</i>	15	0.024	-1.62	-0.039
<i>Swartzia cubensis</i>	33	0.053	-1.28	-0.067
<i>Sweetia panamensis</i>	8	0.013	-1.89	-0.024
<i>Talisia olivaeformis</i>	4	0.006	-2.20	-0.014
<i>Thevetia gaumeri</i>	9	0.014	-1.84	-0.026
<i>Thrinax radiata</i>	14	0.022	-1.65	-0.037
<i>Vitex gaumeri</i>	24	0.038	-1.42	-0.054
<i>Zuelania guidonia</i>	6	0.010	-2.02	-0.019
<b>N=</b>	<b>627</b>	$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$		<b>1.47 decits/ind</b>

ESTRATO ARBUSTIVO				
ESPECIES (S)	n <sub>i</sub>	P <sub>i</sub>	LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> * LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>
<i>Bauhinia divaricata</i>	3	0.009	-2.06	-0.018
<i>Bauhinia jennindsii</i>	5	0.014	-1.84	-0.027
<i>Brosimum alicastrum</i>	8	0.023	-1.64	-0.038
<i>Bursera simaruba</i>	10	0.029	-1.54	-0.044
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	12	0.035	-1.46	-0.051
<i>Casimiroa tetrameria</i>	5	0.014	-1.84	-0.027
<i>Cecropia peltata</i>	3	0.009	-2.06	-0.018
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	5	0.014	-1.84	-0.027
<i>Coccoloba barbadensis</i>	13	0.038	-1.43	-0.054
<i>Coccoloba spicata</i>	7	0.020	-1.69	-0.034
<i>Cordia dodecandra</i>	7	0.020	-1.69	-0.034
<i>Croton glabellus</i>	4	0.012	-1.94	-0.022
<i>Diospyros cuneata</i>	14	0.040	-1.39	-0.056
<i>Dipholis salicifolia</i>	6	0.017	-1.76	-0.031
<i>Eesenbeckia pentaphylla</i>	4	0.012	-1.94	-0.022
<i>Ficus obtusifolia</i>	6	0.017	-1.76	-0.031
<i>Ficus padifolia</i>	9	0.026	-1.58	-0.041
<i>Ficus tecolutensis</i>	7	0.020	-1.69	-0.034
<i>Gliricidia sepium</i>	4	0.012	-1.94	-0.022
<i>Guettarda combsii</i>	3	0.009	-2.06	-0.018
<i>Guettarda combsii</i>	7	0.020	-1.69	-0.034
<i>Guettarda elliptica</i>	7	0.020	-1.69	-0.034

ESTRATO ARBUSTIVO				
ESPECIES (S)	n <sub>i</sub>	P <sub>i</sub>	LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> * LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>
<i>Guettarda elliptica</i>	5	0.014	-1.84	-0.027
<i>Gymnanthes lucida</i>	7	0.020	-1.69	-0.034
<i>Gymnopodium floribundum</i>	3	0.009	-2.06	-0.018
<i>Hampea trilobata</i>	9	0.026	-1.58	-0.041
<i>Jatropha gaumeri</i>	6	0.017	-1.76	-0.031
<i>Leucaena leucocephala</i>	5	0.014	-1.84	-0.027
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	7	0.020	-1.69	-0.034
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	4	0.012	-1.94	-0.022
<i>Maclura tinctoria</i>	1	0.003	-2.54	-0.007
<i>Malmea depressa</i>	1	0.003	-2.54	-0.007
<i>Malpighia glabra</i>	2	0.006	-2.24	-0.013
<i>Manilkara zapota</i>	21	0.061	-1.22	-0.074
<i>Metopium brownei</i>	13	0.038	-1.43	-0.054
<i>Myrcianthes fragrans</i>	6	0.017	-1.76	-0.031
<i>Nectandra coriacea</i>	17	0.049	-1.31	-0.064
<i>Neea psychotrioides</i>	3	0.009	-2.06	-0.018
<i>Piscidia piscipula</i>	8	0.023	-1.64	-0.038
<i>Pouteria campechiana</i>	8	0.023	-1.64	-0.038
<i>Pouteria unilocularis</i>	11	0.032	-1.50	-0.048
<i>Sabal yapa</i>	3	0.009	-2.06	-0.018
<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	5	0.014	-1.84	-0.027
<i>Simarouba amara</i>	3	0.009	-2.06	-0.018
<i>Talisia olivaeformis</i>	6	0.017	-1.76	-0.031
<i>Thevetia gaumeri</i>	7	0.020	-1.69	-0.034
<i>Thrinax radiata</i>	30	0.087	-1.06	-0.092
<i>Trema micrantha</i>	2	0.006	-2.24	-0.013
<i>Vitex gaumeri</i>	4	0.012	-1.94	-0.022
<b>N=</b>	<b>346</b>	$H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$		<b>1.60 decits/ind</b>

ESTRATO HERBÁCEO				
ESPECIES (S)	n <sub>i</sub>	P <sub>i</sub>	LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> * LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>
<i>Anthurium schlechtendalii</i>	3	0.018	-1.74	-0.032
<i>Bauhinia divaricata</i>	2	0.012	-1.91	-0.023
<i>Bauhinia jenningsii</i>	2	0.012	-1.91	-0.023
<i>Bromelia karatas</i>	6	0.037	-1.44	-0.053
<i>Brosimum alicastrum</i>	5	0.030	-1.52	-0.046
<i>Bursera simaruba</i>	3	0.018	-1.74	-0.032

ESTRATO HERBÁCEO				
ESPECIES (S)	$n_i$	$P_i$	$\text{LOG}_{10} P_i$	$P_i * \text{LOG}_{10} P_i$
<i>Casimiroa tetrameria</i>	2	0.012	-1.91	-0.023
<i>Chamaedorea seifrizii</i>	1	0.006	-2.21	-0.014
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	3	0.018	-1.74	-0.032
<i>Cissus alata</i>	3	0.018	-1.74	-0.032
<i>Cissus gossypifolia</i>	5	0.030	-1.52	-0.046
<i>Cissus microcarpa</i>	5	0.030	-1.52	-0.046
<i>Cnidoscolus chayamansa</i>	2	0.012	-1.91	-0.023
<i>Coccoloba barbadensis</i>	4	0.024	-1.61	-0.039
<i>Coccoloba spicata</i>	1	0.006	-2.21	-0.014
<i>Coccothrinax readii</i>	1	0.006	-2.21	-0.014
<i>Croton glabellus</i>	1	0.006	-2.21	-0.014
<i>Cydista potosina</i>	2	0.012	-1.91	-0.023
<i>Diospyros cuneata</i>	4	0.024	-1.61	-0.039
<i>Drypetes lateriflora</i>	3	0.018	-1.74	-0.032
<i>Ficus cotinifolia</i>	2	0.012	-1.91	-0.023
<i>Ficus obtusifolia</i>	2	0.012	-1.91	-0.023
<i>Guettarda combsii</i>	1	0.006	-2.21	-0.014
<i>Guettarda elliptica</i>	3	0.018	-1.74	-0.032
<i>Gymnanthes licida</i>	2	0.012	-1.91	-0.023
<i>Gymnopodium floribundum</i>	1	0.006	-2.21	-0.014
<i>Hampea trilobata</i>	2	0.012	-1.91	-0.023
<i>Jatropha gaumeri</i>	1	0.006	-2.21	-0.014
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	1	0.006	-2.21	-0.014
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	3	0.018	-1.74	-0.032
<i>Malvaviscus arboreus</i>	6	0.037	-1.44	-0.053
<i>Manilkara zapota</i>	8	0.049	-1.31	-0.064
<i>Metopium brownei</i>	6	0.037	-1.44	-0.053
<i>Myrcianthes fragrans</i>	5	0.030	-1.52	-0.046
<i>Nectandra coriacea</i>	23	0.140	-0.85	-0.120
<i>Neea psychotrioides</i>	4	0.024	-1.61	-0.039
<i>Paullinia cururu</i>	3	0.018	-1.74	-0.032
<i>Piscidia piscipula</i>	3	0.018	-1.74	-0.032
<i>Pouteria campechiana</i>	2	0.012	-1.91	-0.023
<i>Psychotria nervosa</i>	4	0.024	-1.61	-0.039
<i>Randia longiloba</i>	3	0.018	-1.74	-0.032
<i>Sabal yapa</i>	3	0.018	-1.74	-0.032
<i>Smilax mollis</i>	2	0.012	-1.91	-0.023

ESTRATO HERBÁCEO				
ESPECIES (S)	n <sub>i</sub>	P <sub>i</sub>	LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> * LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>
<i>Talisia olivaeformis</i>	2	0.012	-1.91	-0.023
<i>Thevetia gaumeri</i>	4	0.024	-1.61	-0.039
<i>Thrinax radiata</i>	4	0.024	-1.61	-0.039
<i>Trema micrantha</i>	4	0.024	-1.61	-0.039
<i>Vitex gaumeri</i>	2	0.012	-1.91	-0.023
<b>N=</b>	<b>164</b>	$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$		<b>1.56 decits/ind</b>

Como se puede observar en los resultados presentados por estrato, observamos que la vegetación de Selva mediana subperennifolia dentro del predio testigo, ostenta una biodiversidad baja en cuanto a especies de flora se refiere, ya que alcanza un valor de  **$H' = 1.54$  decits/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; siendo el estrato arbustivo con  **$H' = 1.60$  decits/ind** el que alcanzó el índice más alto, lo que significa que presenta una distribución de especies más homogénea en comparación con los otros estratos, aunque con una diferencia poco significativa, considerando que el estrato arbóreo obtuvo una  **$H' = 1.47$  decits/ind**; en tanto que el estrato herbáceo obtuvo un valor de  **$H' = 1.56$  decits/ind**. La equitatividad, es decir, el grado de igualdad de la distribución de la abundancia (número de individuos) de las especies, conforme al valor del índice calculado, es mayor para el estrato arbustivo; lo que indica que las especies que lo componen presentan una abundancia similar.

#### b.10. Índice de equidad

Como se mencionó anteriormente, dentro de una comunidad el valor del índice de diversidad dependerá de la riqueza y la abundancia de especies. Sin embargo, para el presente estudio interesa conocer la regularidad o uniformidad con que los individuos están distribuidos dentro de los estratos, y no tanto cuantas especies hay. Es posible calcular las medidas de uniformidad (también llamada equidad) de una comunidad, mediante una ecuación sencilla usando el **Índice de Pielou**, el cual se calcula como:



$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde:

$H'$  = es el valor del índice de Shannon-Wiener.

$H'_{max}$  =  $\text{Log}_{10}$  de  $S$ .

$S$  = Número total de especies registradas en la muestra (riqueza).

Al igual que con el índice de diversidad, el índice de equidad de Pielou considera que todas las especies de la comunidad están representadas en la muestra. Este índice adopta valores entre 0 y 1; el número 1 indica que todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de equidad<sup>10</sup>.

A continuación, se presentan los valores de equidad obtenidos por cada estrato de la vegetación:

ANÁLISIS DE EQUIDAD			
ÍNDICE	ESTRATOS		
	ARBÓREO	ARBUSTIVO	HERBÁCEO
$H'$ ( $\log_{10}$ )	1.47	1.60	1.56
$H_{max}$ ( $\log_{10}$ )	1.68	1.69	1.68
<b><i>Pielou (J')</i></b>	0.88	0.94	0.93

Como puede observarse en la tabla anterior, se determina que existe una distribución altamente equitativa de todas las especies, en todos los estratos, pues los valores obtenidos de equidad aplicando el índice de Pielou, son altos (de 0.88 a 0.94); siendo el estrato arbustivo el que más se aproxima al valor de 1 que indica que todas las especies presentan una abundancia similar, al igual que el estrato herbáceo. Esto nos indica que se trata de una comunidad vegetal donde existen especies con similar abundancia pero que destacan algunas de manera que predominan sobre las demás, lo cual se correlaciona con los índices de valor de importancia obtenidos por las

<sup>10</sup> Mónica B. Martella. Eduardo V. Trumper. Laura M. Bellis. Daniel Renison. Paola F. Giordano. Gisela Bazzano. Raquel M. Gleiser. Reduca (Biología). Serie Ecología. 5 (1): 71-115, 2012. ISSN: 1989-3620.

especies a nivel de todos los estratos, en donde se determinó la existencia de especies predominantes; esto resulta un indicador del estado secundario de desarrollo en el que se encuentra la vegetación dentro del predio testigo.

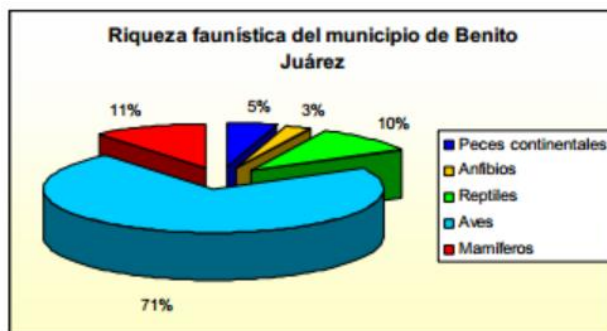
### c. Fauna presente a nivel del sistema ambiental (unidad testigo)

Si bien no existe un estudio faunístico confiable que determine el número de especies que se distribuyen específicamente dentro del sistema ambiental propuesto, se optó por considerar lo citado en la literatura respecto a los registros de fauna reportados a nivel municipal.

De acuerdo con los resultados, la riqueza faunística del municipio 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, tal como se presente en la siguiente tabla y gráfica (Servicios ambientales y Jurídicos, S. C., 2011)<sup>11</sup>.

FAUNA							
GRUPO	ESPECIES	FAMILIAS	REGISTROS				ENDÉMICOS
			NOM-059	P	A	Pr	
Peces continentales	26	15	2	1	1	0	2
Anfibios	15	7	3	0	0	3	1
Reptiles	57	19	27	4	9	14	1
Aves	406	65	78	11	19	48	6
Mamíferos	62	26	13	7	6	0	3
<b>TOTALES</b>	<b>566</b>	<b>132</b>	<b>124</b>	<b>23</b>	<b>35</b>	<b>65</b>	<b>13</b>

<sup>11</sup> Servicios Ambientales y Jurídicos, S. C. 2011. Modificación al Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Q. Roo. Etapa de Caracterización. H. Ayuntamiento de Benito Juárez, Quintana Roo, México.



### c.1. Delimitación del área de estudio

Par poder obtener datos representativos de la fauna que se encuentra asociada al ecosistema presente dentro del predio testigo del sistema ambiental, utilizamos el mismo polígono de estudio que se aplicó para el estudio de la flora, mismo que ya fue descrito en apartados anteriores, y que corresponde a la UGA 23 (Parque Kabah) del POEL-BJ.

### c.2. Métodos de muestreo aplicados al estudio de la fauna

Para estudiar este componente del ecosistema que se desarrolla dentro de la superficie de la unidad testigo, se utilizó el método de **transecto o trayecto de línea de distancia variable**, es decir, no existe un ancho definido previamente para realizar las observaciones, por lo cual es posible incluir en el inventario a cualquier individuo que se detecte durante el recorrido, y esta es una de las principales ventajas del método.

Los principales supuestos considerados en la aplicación de este método son los siguientes: a) todos los individuos sobre la línea son detectados; b) los individuos no se mueven antes de su detección; c) las distancias son medidas con exactitud; d) los individuos son contados una sólo vez.

### Referencia bibliográfica (estudio de fauna)

- Sánchez Herrera Sánchez, Pablo Zamorano, Eduardo Peters, Héctor Moya. 2011. Temas sobre conservación de vertebrados silvestres en México. Instituto Nacional de Ecología. 389 páginas.
- Ralph, C. John; Geupel, Geoffrey R.; Pyle, Peter; Martin, Thomas E.; DeSante, David F; Milá, Borja. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR159. Albany,CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 46 p.
- Gallina, S., S. Mandujano y O. A. Villarreal Espino-Barros, (eds.). 2014. Monitoreo y manejo del venado cola blanca: Conceptos y métodos. Instituto de Ecología, A. C. y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Xalapa, Ver. México. 220 pp.
- Salvador Mandujano. Conceptos generales del método de conteo de animales en transectos. Ciencia (1994) 45, 203-211.
- Jorge Brambila Navarrete. 2011. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Segunda Edición.
- Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales / Francisco Bautista Zúñiga, Hugo Delfín González, José Luis Palacio Prieto, editores.

En la aplicación del método se aprovecharon las brechas y senderos existentes dentro del Parque Kabah, los cuales se distribuyen a lo largo y ancho de la unidad de análisis (ver imagen siguiente), en donde se pudo observar cada ejemplar de fauna detectado de acuerdo con la metodología propuesta.



Las rutas trazadas fueron visitadas cuatro días a la semana, un día por grupo faunístico (1er día: aves; 2º día mamíferos; 3er día reptiles; y 4º día anfibios), por un período de 4 semanas (1 mes).

### c.3. Resultados obtenidos (composición de especies)

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

AVES				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo magnirostris</i>	Águila caminera
2	Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia yucatanensis</i>	Colibrí yucateco
3	Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia rutila</i>	Colibrí Canela
4	Apodiformes	Trochilidae	<i>Chlorostilbon canivetii</i>	Esmeralda tijereta
5	Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita
6	Columbiformes	Columbidae	<i>Leptoptila verreauxi</i>	Tzutzuy
7	Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	Sac pacal
8	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	Pica buey
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



AVES				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
12	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax morio</i>	Chara papán
13	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax inca</i>	Chara verde
14	Passeriformes	Fringillidae	<i>Euphonia affinis</i>	Coronilla
15	Passeriformes	Fringillidae	<i>Euphonia hirundinacea</i>	Fruterito garganta amarilla
16	Passeriformes	Icteridae	<i>Dives dives</i>	Tordo cantor
17	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus auratus</i>	Bolsero yucateco
18	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus gularis</i>	Oriol
19	Passeriformes	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle
20	Passeriformes	Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero
21	Passeriformes	Picidae	<i>Melanerpes pygmaeus</i>	Carpintero yucateco
22	Passeriformes	Thraupidae	<i>Habia fuscicauda</i>	Tángara hormiguera
23	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryothorus ludovicianus</i>	Chivirín de carolina
24	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryothorus maculipectus</i>	Chivirín moteado
25	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario
26	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	X'takay
27	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical
28	Passeriformes	Vireonidae	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Vireón cejirrufo
29	Passeriformes	Sylviidae	<i>Polioptila caerulea</i>	Tacuarita azul
30	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Aratinga nana</i>	Perico pechi sucio
31	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona xantholora</i>	Loro yucateco
32	Strigiformes	Strigidae	<i>Glaucidium brasilianum</i>	Tecolote bajoño

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	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	Lagartija espinosa
10	Testudines	Bataguridae	<i>Rhinoclemmys areolata</i>	Mojina
11	Testudines	Emydidae	<i>Trachemys scripta</i>	Jicotea
12	Crocodylia	Crocodylidae	<i>Crocodylus moreletii</i>	Cocodrilo de pantano



MAMÍFEROS				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Artiodactyla	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca
2	Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí
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	Rodentia	Agoutidae	<i>Agouti paca</i>	Paca común
7	Rodentia	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	Tzereque
8	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus yucatanensis</i>	Ardilla gris
9	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus yucatanensis</i>	Ardilla gris

ANFIBIOS				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Anuros	Bufo	<i>Incilius valliceps</i>	Sapo común
2	Anuros	Bufo	<i>Rhinella marina</i>	Sapo gigante

De acuerdo con los datos presentados en las tablas anteriores se contó con un registro de 48 especies de fauna silvestre pertenecientes a cuatro grupos taxonómicos dentro del predio testigo, de los cuales, el grupo faunístico mejor representado son las aves con un total de 32 especies; seguido en orden de importancia por el grupo de los reptiles representados por 11 especies; los mamíferos con 9 especies; y por último tenemos al grupo de los anfibios con 2 especies registradas.

#### c.4. Especies en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

A continuación, se presentan las especies registradas dentro del predio testigo, que se incluyen dentro de alguna categoría de riesgo de acuerdo con la norma en comento.

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 xantholora</i>	Loro yucateco	Protección especial
3	Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa	Amenazada
4	Crocodylidae	<i>Crocodylus moreletii</i>	Cocodrilo de pantano	Protección especial
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	Emydidae	<i>Trachemys scripta</i>	Jicotea	Protección especial

### c.5. Índice de diversidad para la fauna del predio testigo

Para estimar la biodiversidad de la fauna presente en el predio testigo del sistema ambiental, se tomaron los datos del inventario faunístico realizado en el predio testigo; a través del cual se obtuvo datos de abundancia relativa por especie y por grupo faunístico; y finalmente se calculó 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.

**∑i = 1** = número total de individuos.

**Pi** = abundancia relativa de la especie i.

**ln Pi** = logaritmo decimal (base 10) de la abundancia relativa de la especie i.

En las siguientes tablas se presentan los cálculos obtenidos para el índice de diversidad aplicado, por grupo faunístico.

AVES				
ESPECIES	n <sub>i</sub>	P <sub>i</sub>	LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>	LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub> * P <sub>i</sub>
<i>Amazilia rutila</i>	3	0.010	-2.00	-0.020
<i>Amazilia yucatanensis</i>	5	0.017	-1.77	-0.030
<i>Amazona xantholora</i>	5	0.017	-1.77	-0.030
<i>Aratinga nana</i>	8	0.027	-1.57	-0.042
<i>Buteo magnirostris</i>	2	0.007	-2.15	-0.015
<i>Chlorostilbon canivetii</i>	1	0.003	-2.52	-0.008
<i>Columbina talpacoti</i>	15	0.051	-1.29	-0.066
<i>Cyanocorax inca</i>	8	0.027	-1.57	-0.042
<i>Cyanocorax morio</i>	6	0.020	-1.70	-0.034
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	15	0.051	-1.29	-0.066
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	12	0.040	-1.40	-0.056
<i>Dives dives</i>	12	0.040	-1.40	-0.056
<i>Euphonia affinis</i>	4	0.013	-1.89	-0.025

AVES				
ESPECIES	n <sub>i</sub>	P <sub>i</sub>	LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>	LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub> * P <sub>i</sub>
<i>Euphonia hirundinacea</i>	1	0.003	-2.52	-0.008
<i>Glaucidium brasilianum</i>	2	0.007	-2.15	-0.015
<i>Habia fuscicauda</i>	2	0.007	-2.15	-0.015
<i>Icterus auratus</i>	15	0.051	-1.29	-0.066
<i>Icterus gularis</i>	6	0.020	-1.70	-0.034
<i>Leptoptila verreauxi</i>	3	0.010	-2.00	-0.020
<i>Melanerpes aurifrons</i>	8	0.027	-1.57	-0.042
<i>Melanerpes pygmaeus</i>	1	0.003	-2.52	-0.008
<i>Mimus gilvus</i>	18	0.061	-1.21	-0.074
<i>Myiozetetes similis</i>	6	0.020	-1.70	-0.034
<i>Ortalis vetula</i>	26	0.088	-1.06	-0.093
<i>Piaya cayana</i>	8	0.027	-1.57	-0.042
<i>Pitangus sulphuratus</i>	10	0.034	-1.47	-0.050
<i>Polioptila caerulea</i>	2	0.007	-2.15	-0.015
<i>Quiscalus mexicanus</i>	55	0.185	-0.73	-0.136
<i>Saltator coerulescens</i>	5	0.017	-1.77	-0.030
<i>Thryothorus ludovicianus</i>	3	0.010	-2.00	-0.020
<i>Thryothorus maculipectus</i>	2	0.007	-2.15	-0.015
<i>Tyrannus melancholicus</i>	4	0.013	-1.89	-0.025
<i>Zenaida asiatica</i>	24	0.081	-1.09	-0.088
<b>N=</b>	<b>297</b>	$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$		<b>1.32 decits/ind</b>

REPTILES				
ESPECIES	n <sub>i</sub>	P <sub>i</sub>	LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>	LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub> * P <sub>i</sub>
<i>Boa constrictor</i>	2	0.015	-1.82	-0.027
<i>Basiliscus vittatus</i>	25	0.182	-0.74	-0.135
<i>Ctenosaura similis</i>	15	0.109	-0.96	-0.105
<i>Anolis sagrei</i>	35	0.255	-0.59	-0.151
<i>Anolis tropidonotus</i>	5	0.036	-1.44	-0.052
<i>Ameiva undulata</i>	2	0.015	-1.82	-0.027
<i>Oxybelis aeneus</i>	1	0.007	-2.15	-0.015
<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	1	0.007	-2.15	-0.015
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	14	0.102	-0.99	-0.101
<i>Rhinoclemmys areolata</i>	8	0.058	-1.24	-0.072
<i>Trachemys scripta</i>	25	0.182	-0.74	-0.135
<i>Crocodylus moreletii</i>	4	0.029	-1.54	-0.045
<b>N=</b>	<b>137</b>	$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$		<b>0.88 decits/ind</b>

MAMÍFEROS				
ESPECIES	n <sub>i</sub>	P <sub>i</sub>	LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>	LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub> * P <sub>i</sub>
<i>Nasua narica</i>	65	0.61	-0.21	-0.131
<i>Artibeus jamaicensis</i>	6	0.06	-1.22	-0.073
<i>Didelphis virginiana</i>	8	0.08	-1.10	-0.088
<i>Sciurus yucatanensis</i>	15	0.14	-0.85	-0.120
<i>Odocoileus virginianus</i>	2	0.02	-1.70	-0.034
<i>Pecari tajacu</i>	1	0.01	-2.00	-0.020
<i>Agouti paca</i>	2	0.02	-1.70	-0.034
<i>Dasyprocta punctata</i>	6	0.06	-1.22	-0.073
<i>Dasyopus novemcinctus</i>	1	0.01	-2.00	-0.020
<b>N=</b>	<b>106</b>	$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$		<b>0.59 decits/ind</b>

ANFIBIOS				
ESPECIES	n <sub>i</sub>	P <sub>i</sub>	LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>	LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub> * P <sub>i</sub>
<i>Bufo valliceps</i>	3	0.75	-0.12	-0.094
<i>Bufo marinus</i>	1	0.25	-0.60	-0.151
<b>N=</b>	<b>4</b>	$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$		<b>0.24 decits/ind</b>

Como se puede observar en los resultados obtenidos en la aplicación del índice, la vegetación de Selva mediana subperennifolia que se desarrolla en el sistema ambiental (predio testigo), ostenta una biodiversidad baja en cuanto a especies de fauna silvestre se refiere, ya que todos los grupos faunísticos estudiados alcanzaron un valor promedio de **H' = 0.76 decits/ind**, siendo el grupo más importante el de las aves, ya que alcanzó el valor de **H'** más elevado con **1.32 decits/ind**; mientras que el grupo de menor importancia fueron los anfibios con un valor de **H' = 0.24 decits/ind**.

### c.6. Índice de equidad

Para el cálculo de la medida de uniformidad (equidad) de los grupos faunísticos estudiados, también se utilizó el **Índice de Pielou**, el cual ya fue descrito con antelación y se calcula como:

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Donde:

$H'$  = es el valor del índice de Shannon-Wiener.

$H'_{\max}$  =  $\log_{10}$  de S.

S = Número total de especies registradas en la muestra (riqueza).

A continuación, se presentan los valores de equidad obtenidos por cada grupo faunístico:

ANÁLISIS DE EQUIDAD				
ÍNDICE	GRUPOS FAUNÍSTICOS			
	ANFIBIOS	REPTILES	AVES	MAMÍFEROS
$H'$ ( $\log_{10}$ )	0.24	0.88	1.32	0.59
$H_{\max}$ ( $\log_{10}$ )	0.30	1.08	1.52	0.95
<b>Pielou (<math>J'</math>)</b>	0.80	0.82	0.87	0.62

Como puede observarse en la tabla anterior, se determina que existe una distribución altamente equitativa de todas las especies, en los 4 grupos faunísticos estudiados, pues los valores obtenidos de equidad aplicando el índice de Pielou, son cercanos al valor máximo que es 1; siendo el grupo de las aves el que más se aproxima a ese valor máximo con un índice calculado de 0.87, lo que indica que casi todas las especies son igualmente abundantes, aunque existen algunas que predominan sobre las demás. En el caso del grupo de los mamíferos el valor del índice alcanzado es el más bajo en comparación con los otros grupos, lo que indica que la distribución de las especies es menos equitativa en cuanto a la abundancia de cada una, por lo que son más las especies que predominan sobre el resto.

## 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

### 5.1. FINES A QUE ESTÁ DESTINADO EL PREDIO

De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez (Actualización 2014), el Lote se encuentra regido por los lineamientos de la Unidad de Gestión Ambiental 21 denominada "Zona Urbana de Cancún".

De acuerdo con el instrumento de planeación en comento, la UGA 21 está delimitada con base en la poligonal del Centro de Población establecida en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable del Municipio de Benito Juárez (PMDUSBJ), el cual ha sido aprobado por el H. Cabildo Municipal y publicado en la Gaceta Municipal el 26 de diciembre de 2012 y en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 8 de marzo de 2013.

El objetivo de esta UGA es regular el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en las zonas de reserva para el crecimiento urbano, dentro de los límites del centro de población, con el fin de mantener los ecosistemas relevantes y en el mejor estado posible, así como los bienes y servicios ambientales que provee la zona, previo al desarrollo urbano futuro.

Esta UGA señala que los parámetros de aprovechamiento y los usos compatibles, son los que establece el Programa de Desarrollo Urbano vigente, y el uso predominante es el urbano.

Ahora bien, si nos remitimos a lo que establece el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de la Ciudad de Cancún, el cual se encuentra vigente y es aplicable



al predio del proyecto, podemos determinar que el uso de suelo al que está destinado dicho predio es el:

- **H4MP:** Zona Habitacional Multifamiliar Densidad Alta Popular. Densidad Bruta 80 hasta 120 viv/ha por estar contemplado este predio en Zonas de Crecimiento
- **SCU:** Comercio de Subcentro Urbano.

## 5.2. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL PREDIO

### 5.2.1. Medio abiótico

#### a) Clima

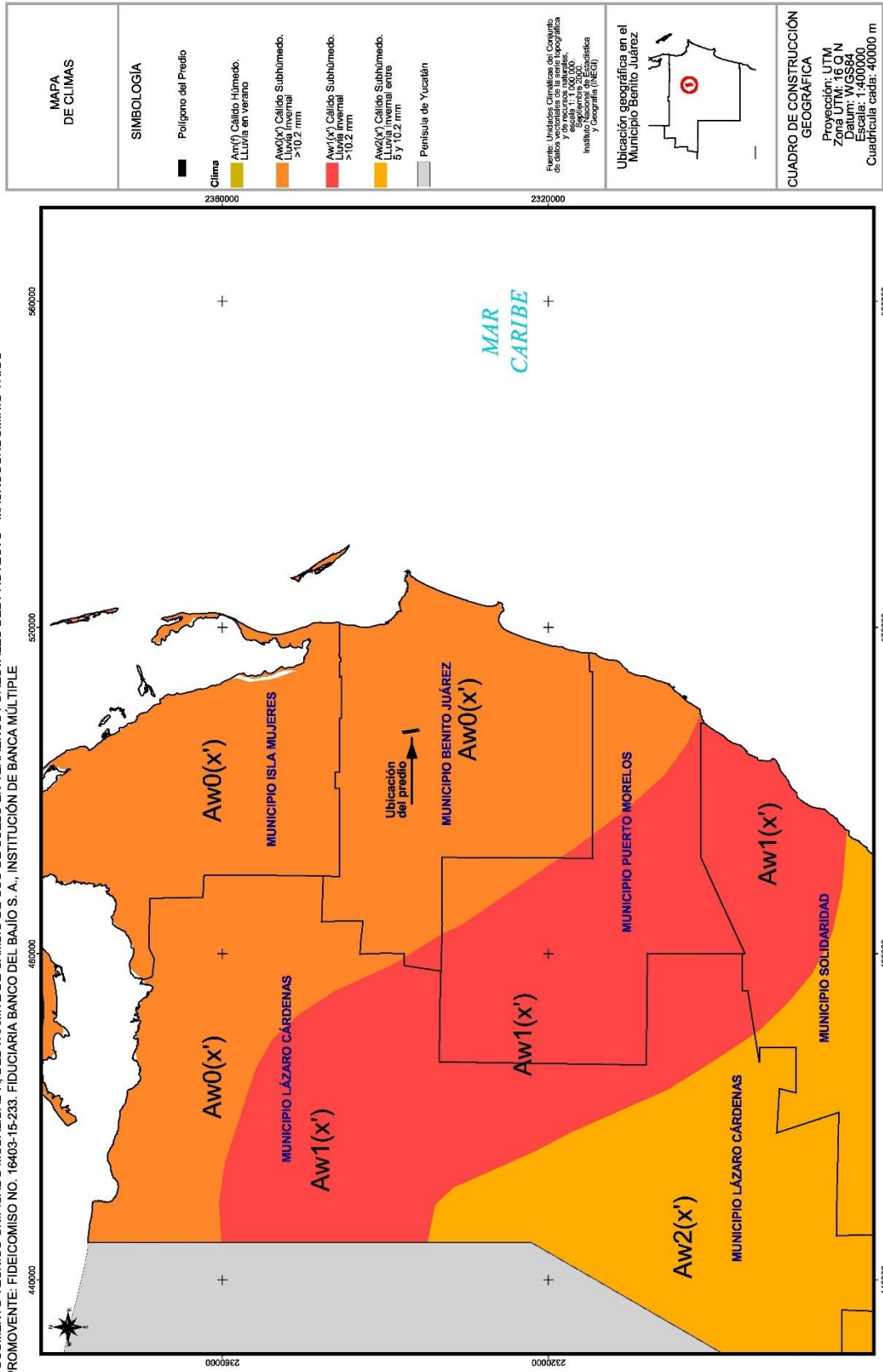
De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1983), el predio se ubica en el subtipo climático cálido subhúmedo Aw0(x') (ver plano de la página siguiente).

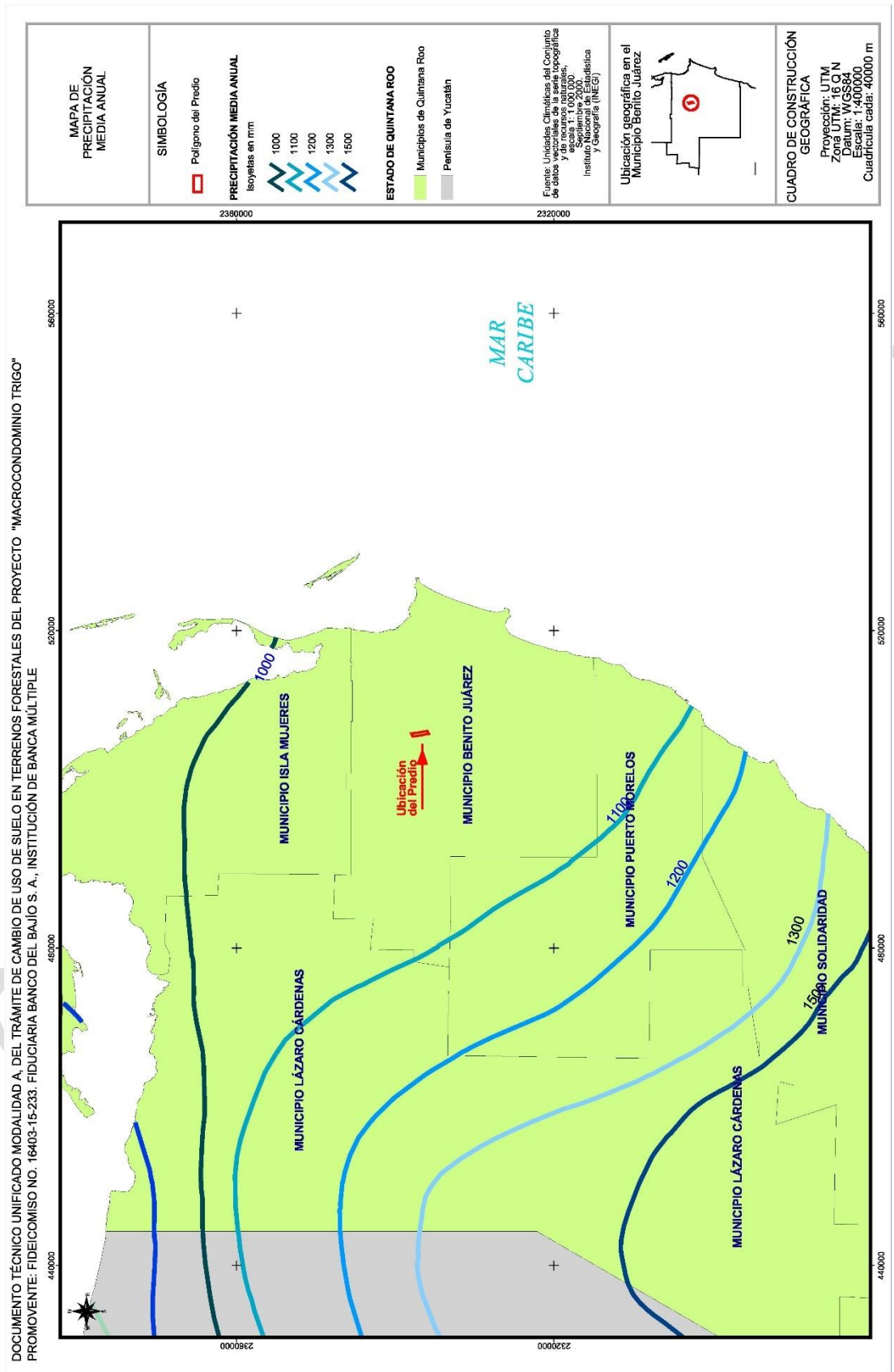
De acuerdo con los registros de la estación meteorológica de Cancún a cargo de la Comisión Nacional del Agua, la temperatura promedio anual durante el periodo 1981 – 2010 es de 27.3°C, siendo agosto el mes más caluroso con una temperatura promedio de 29.7°C, con una máxima de 34.8°C. Asimismo, enero es el mes más frío con una temperatura promedio anual de 24.1°C y mínima de 19.9°C.

#### b) Precipitación media anual

Con base en la carta de precipitación media anual del INEGI, se tiene que el 47-04 se ubica dentro de una zona que presenta una precipitación media anual es de 1,000 mm (ver plano de la página 95).

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD A. DEL TRÁMITE DE CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO "MACROCONDominio TRIGO"  
 PROMOVIENTE: FIDECOMISO NO. 16403-15-233. FIDUCIARIA BANCO DEL BAJÍO S. A., INSTITUCIÓN DE BANCA MÚLTIPLE





### **c) Fisiografía**

Todo el sistema ambiental se ubica dentro de la provincia fisiográfica Península de Yucatán y en la subprovincia fisiográfica Carso Yucateco, y por ende, el predio del proyecto se alberga en ambos sistemas fisiográficos (ver plano de la página siguiente).

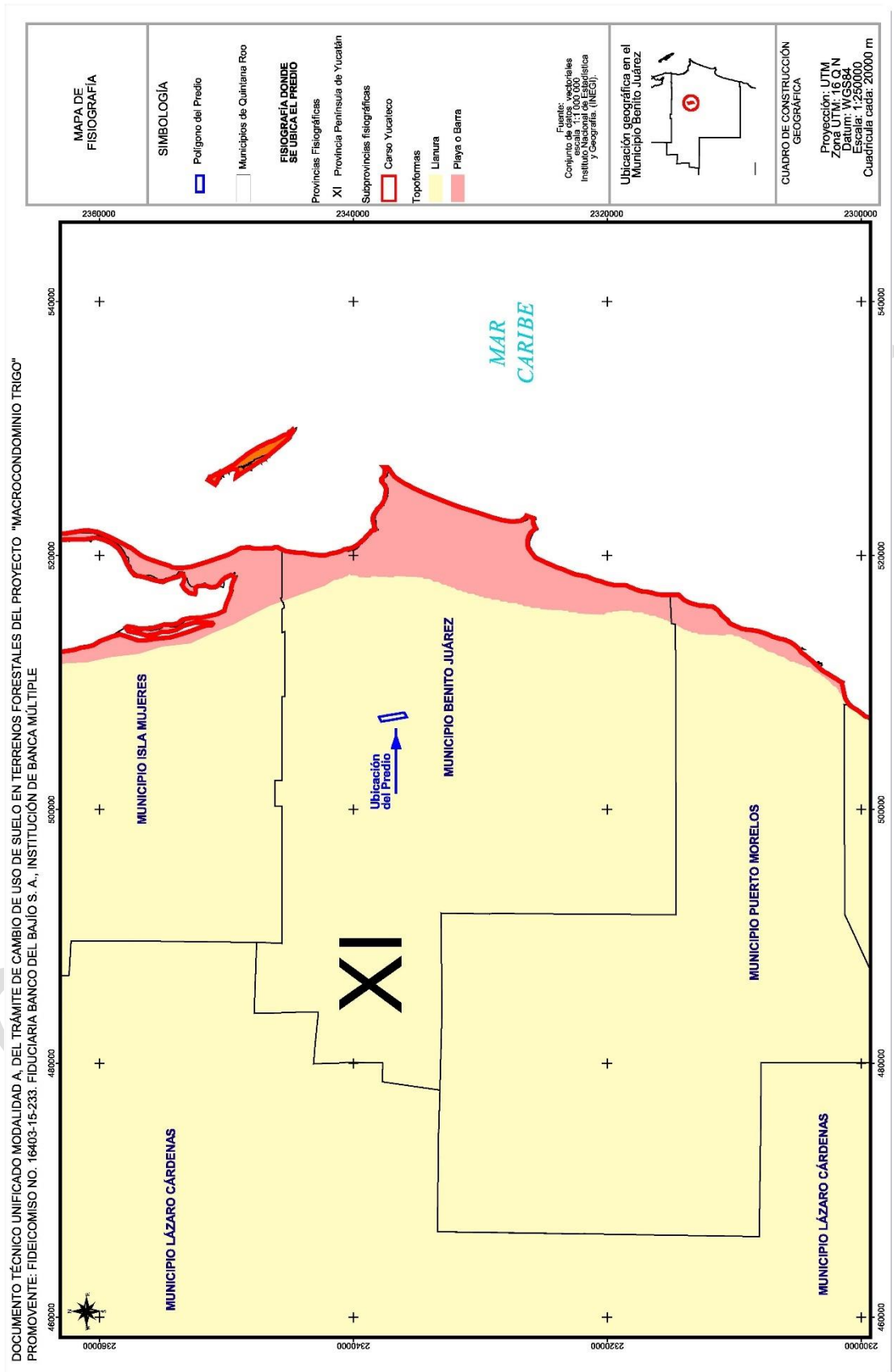
### **d) Geología**

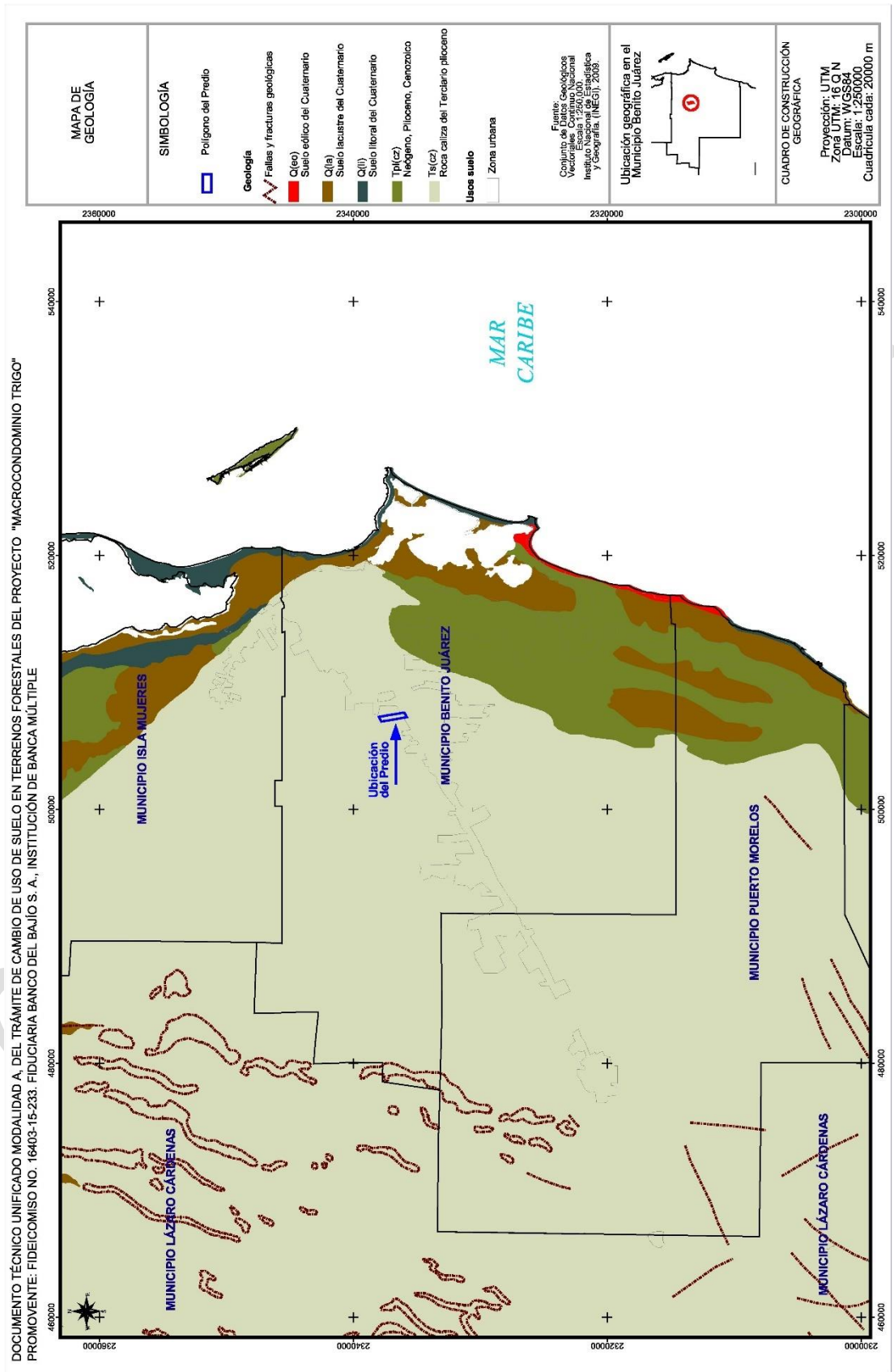
El predio se ubica dentro del sistema geológico *Roca caliza del Terciario plioceno: Ts (cz)*.- está formada en su parte inferior por un cuerpo masivo coquinífero, poco compacto, cubierto por calizas laminares con estratificación cruzada que presenta dos buzamientos diferentes con ángulos distintos de 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 (ver plano de la página 98).

### **e) Edafología**

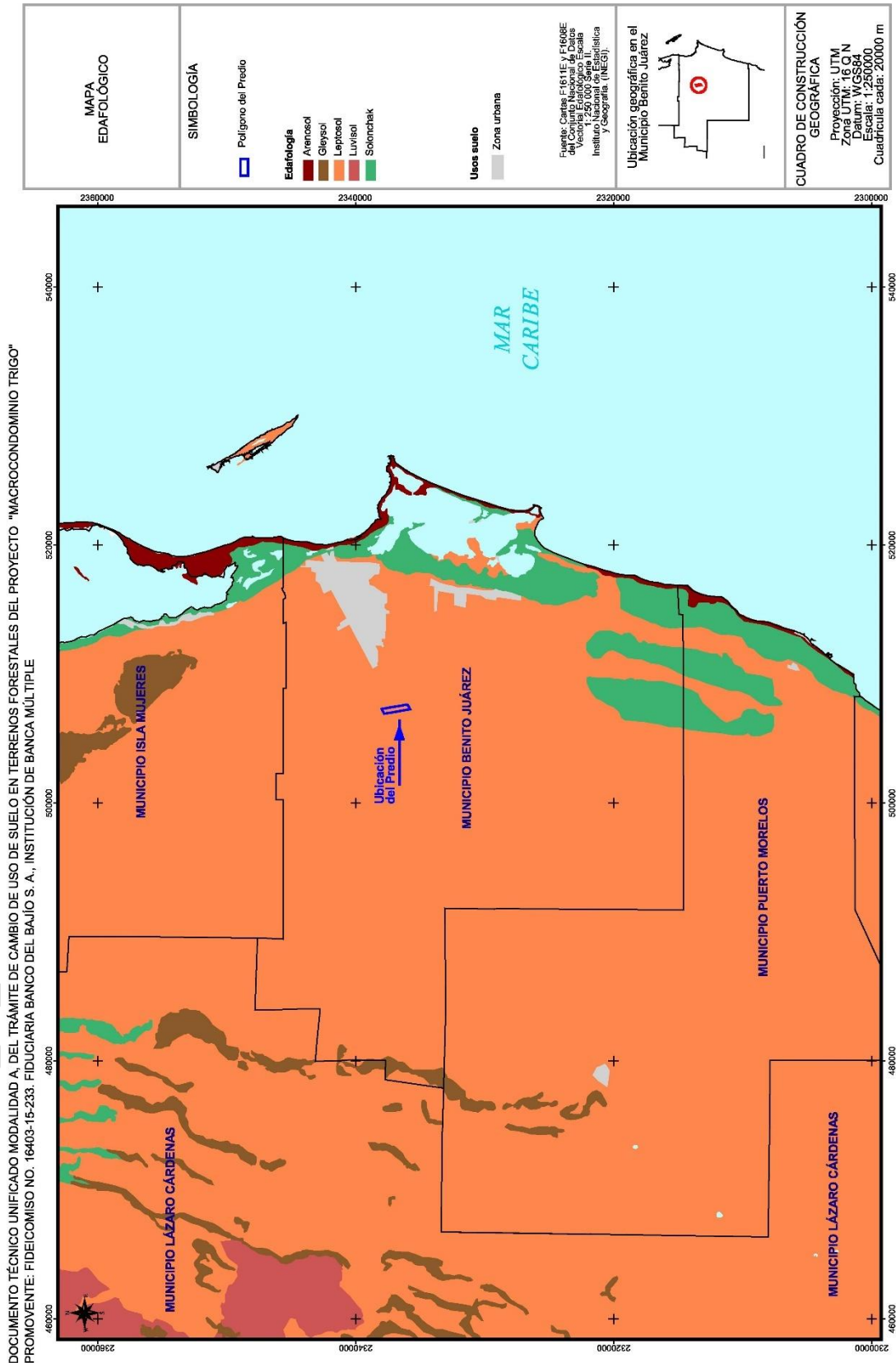
Mediante el análisis de la carta edafológica escala 1 a 250,000 de INEGI, la cual indica la distribución geográfica de los suelos, se advierte que el terreno forestal se encuentra en una zona definida como Leptosol (como se observa en el plano de la página 99).

No obstante, de acuerdo con la Carta Edafológica, escala 1:100000 (INIFAP-CONABIO), que indica la distribución de suelos en el territorio mexicano, se advierte que el predio del proyecto se ubica en una zona que presenta Rendzina como suelo primario, más Litosol como suelo secundario, con clase textural media y fase física lítica (ver plano de la página 100).









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

**"MACROCONDominio TRIGO"**

**NOMBRE DEL PLANO:  
EDAFOLOGÍA**

**LEYENDA:**

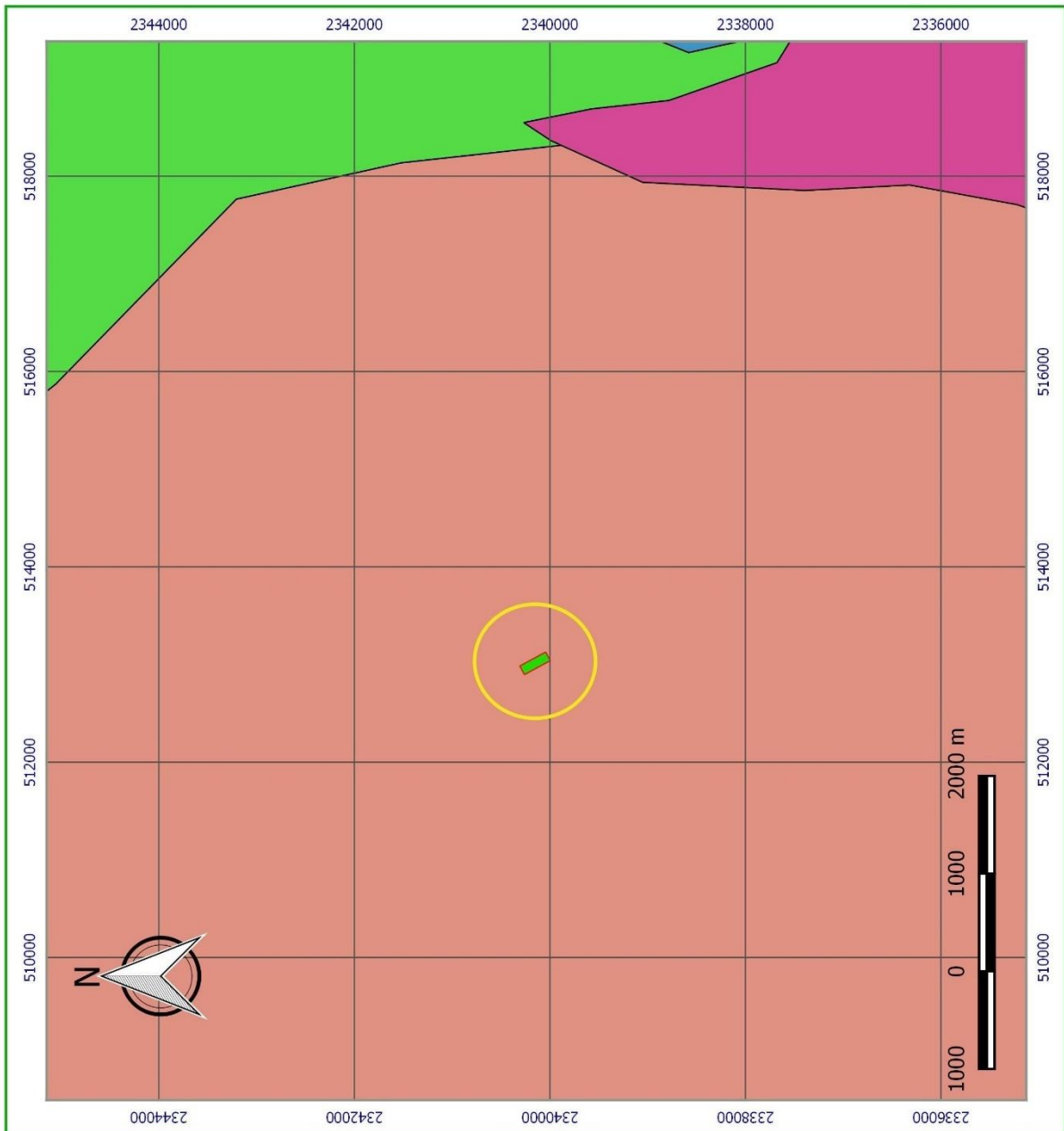
	PREDIO
	SUELOS
	E+I/2/L
	I+Rc+E/2
	Zo+Rc/I/n

**FUENTE: CARTA DE EDAFOLÓGICA.  
INIFAP-CONABIO  
ESCALA 1:1000000**

**METADATOS:**

**PROYECCIÓN UTM  
DATUM WGS84  
ZONA 16Q N**

**ESCALA:  
1:52,626**



A continuación, se describen las unidades edáficas dientificadas.

**Rendzinas.-** Del polaco rzedzic: ruido. Connotativo de suelos someros que producen ruido con el arado por su pedregosidad. 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. Son moderadamente susceptibles a la erosión, no tienen subunidades y su símbolo es (E).

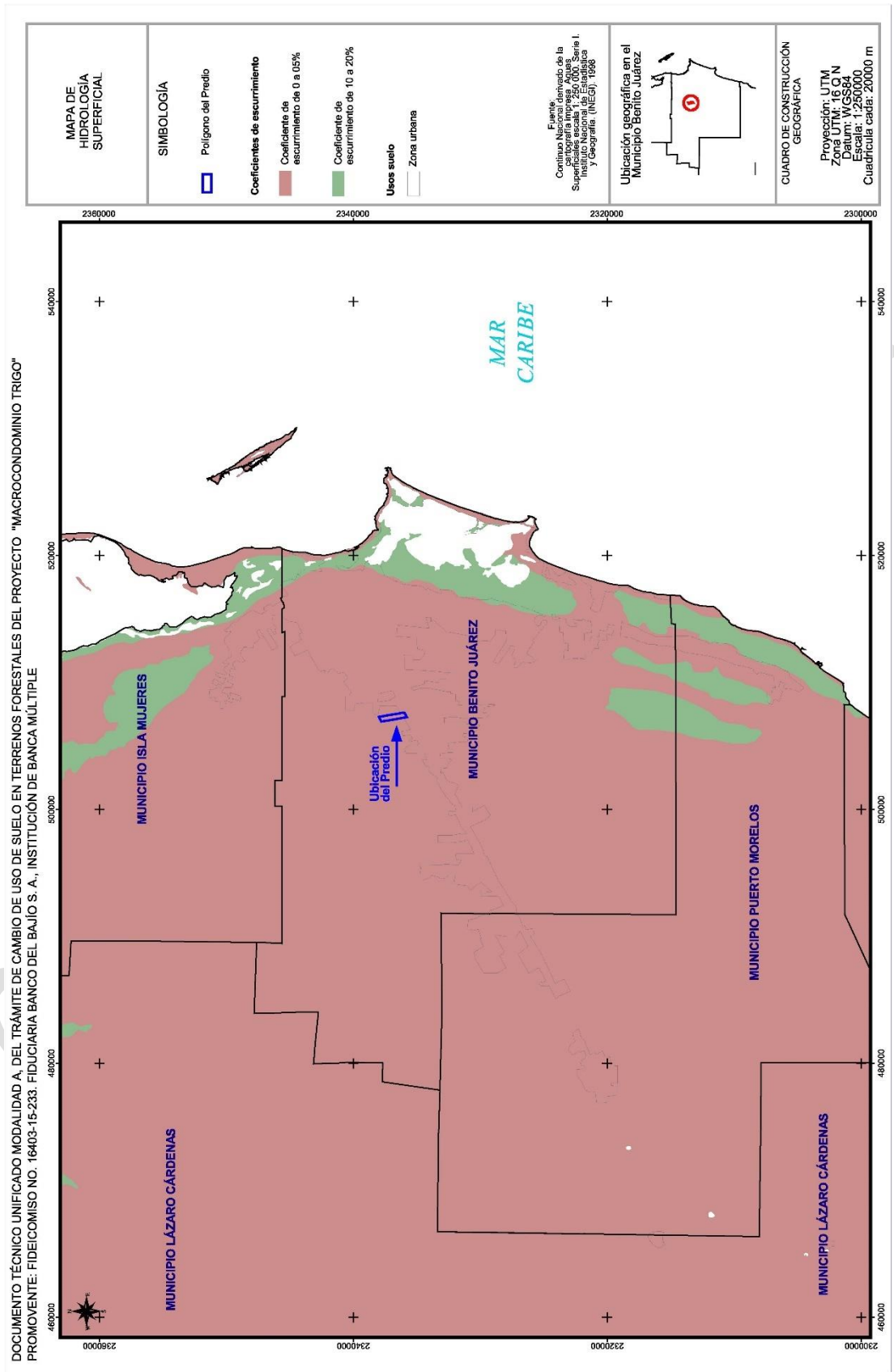
**Litsoles.-** Del griego lithos: piedra. Literalmente, suelo de piedra. Son los suelos más abundantes del país pues ocupan 22 de cada 100 hectáreas de suelo. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión son muy variables dependiendo de otros factores ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. No tiene subunidades y su símbolo es (I).

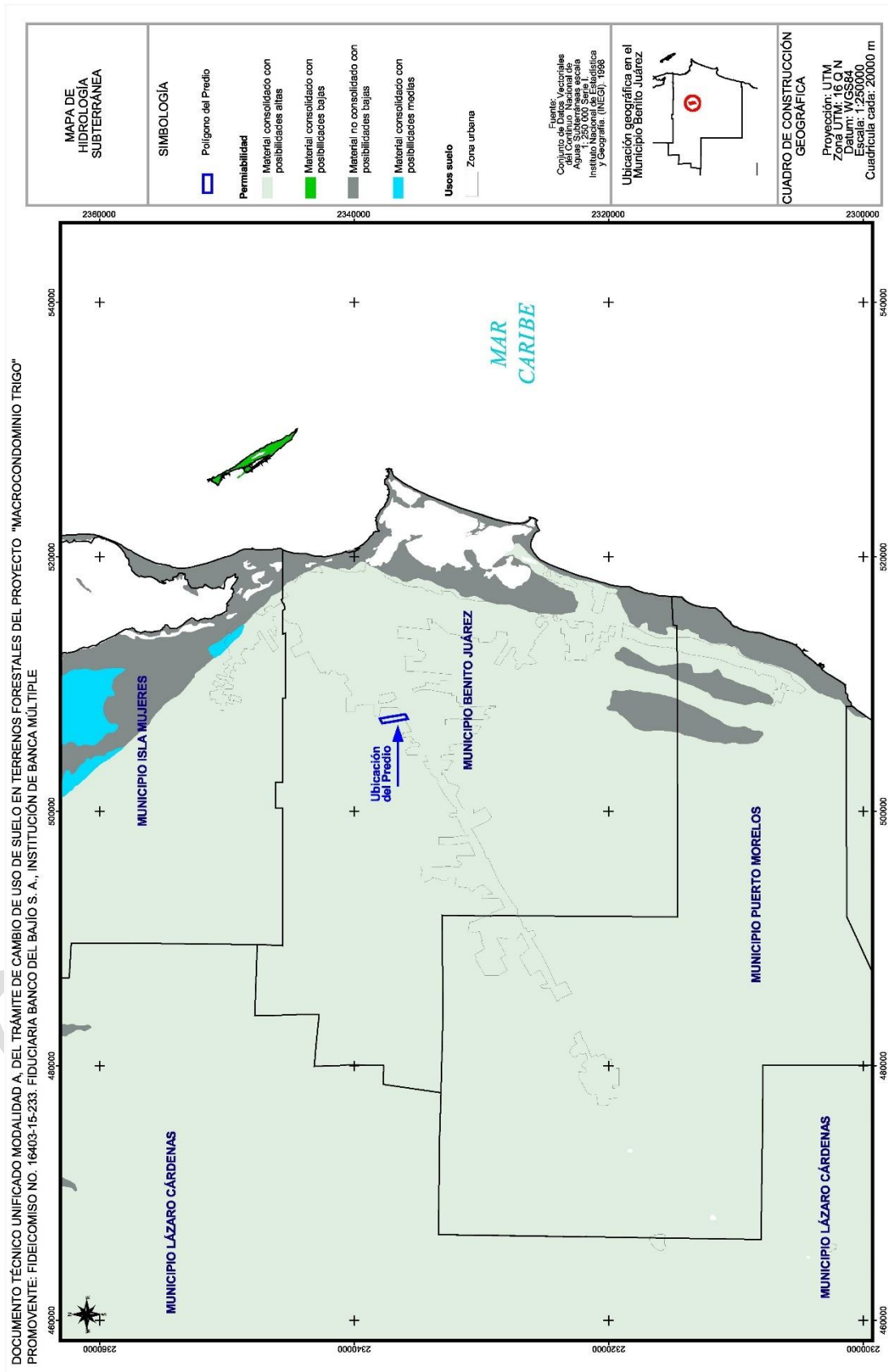
#### **a) Hidrología superficial**

El predio se ubica en una zona que presenta un coeficiente de escurrimiento de 0 a 5% de acuerdo con la carta de Hidrología superficial del INEGI (plano de la página siguiente).

#### **b) Hidrología subterránea**

De acuerdo con la carta de Hidrología subterránea del INEGI, el predio del proyecto se ubica en una zona que presenta material consolidado con posibilidades altas de funcionar como acuífero (ver plano de la página 103).





## 5.2.2. Medio biótico

### a. Flora

De acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI (Seria V, escala 1:250000), el predio del proyecto se ubica en una zona con presencia de Selva mediana subperennifolia y asentamientos humanos, como se observa en el plano de la página 87. Este dato es consistente con el tipo de vegetación registrado al interior del predio durante el inventario forestal, tal como se describe en los siguientes apartados.

#### a.1. Inventario Forestal

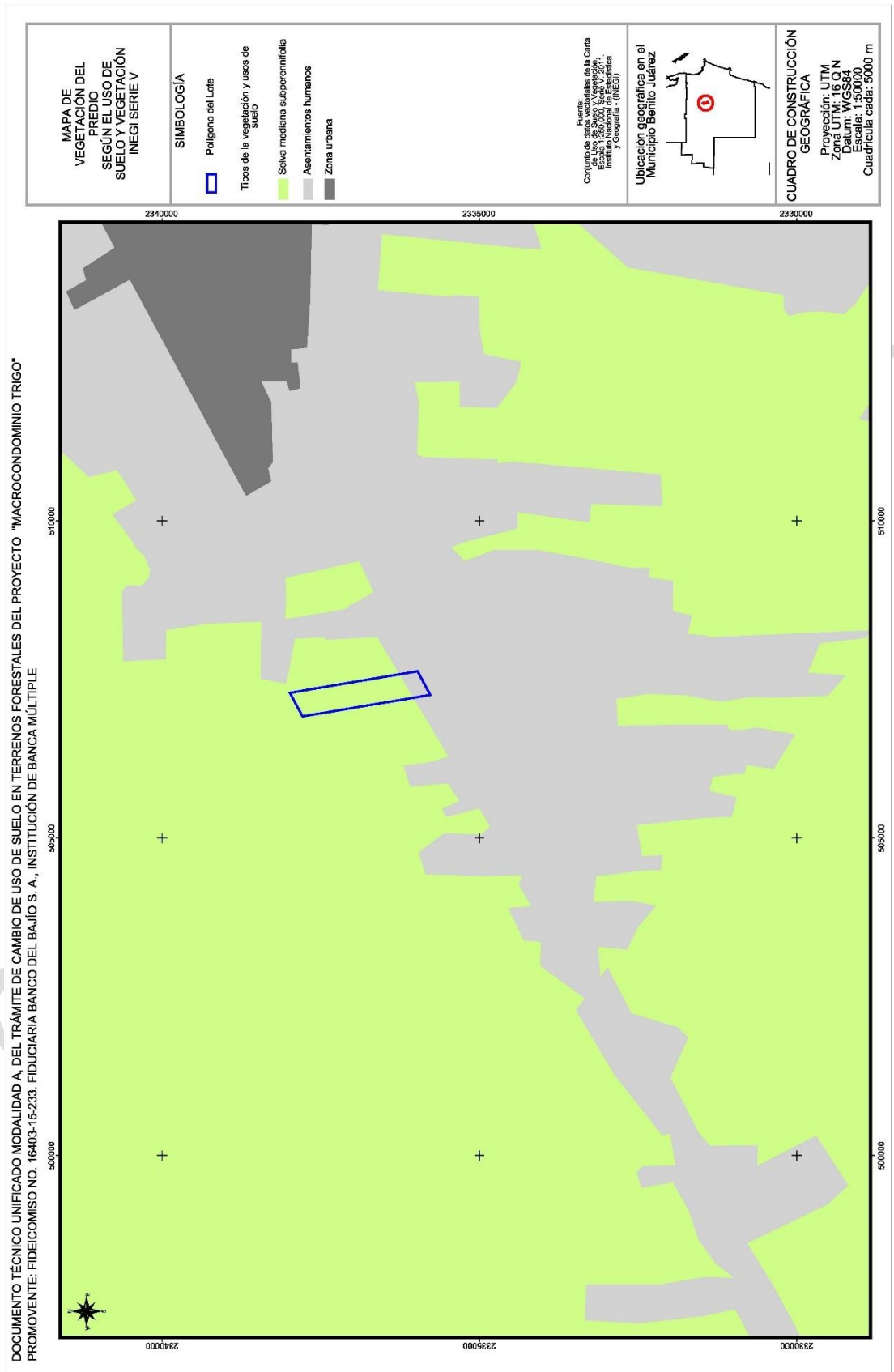
Una de las primeras actividades realizadas durante la toma de datos en campo para el inventario forestal, consistió en identificar los límites de los polígonos de aprovechamiento mediante el GPS; una vez corroborados dichos datos, se procedió a identificar el tipo de vegetación, así como las condiciones en las que ésta se encontraba.

#### a.2. Diseño del muestreo

Una vez definida la poligonal del predio, así como el polígono de CUSTF, se procedió a realizar el inventario forestal, con la finalidad de obtener las características particulares de la vegetación. Para esto se realizó un muestreo sistemático a través de cuadrantes o parcelas de muestreo, como se describen en los siguientes puntos:

- **Estrato arbóreo.**- Para el estudio de este estrato se trazaron 12 cuadrantes de 20 m x 20 m (400 m<sup>2</sup> por cada sitio), a través del cual se tomaron los datos dasométricos del arbolado adulto con diámetro a la altura del pecho (DAP) igual o mayor a 10 cm.
- **Estrato arbustivo.**- Para el estudio de este estrato se trazaron 12 subcuadrantes de 10 m x 10 m (100 m<sup>2</sup> por cada sitio). Dentro de cada cuadrante se tomaron los datos dasométricos del arbolado joven con diámetro a la altura del pecho mayor o igual a 5 cm pero menor a 10 cm.





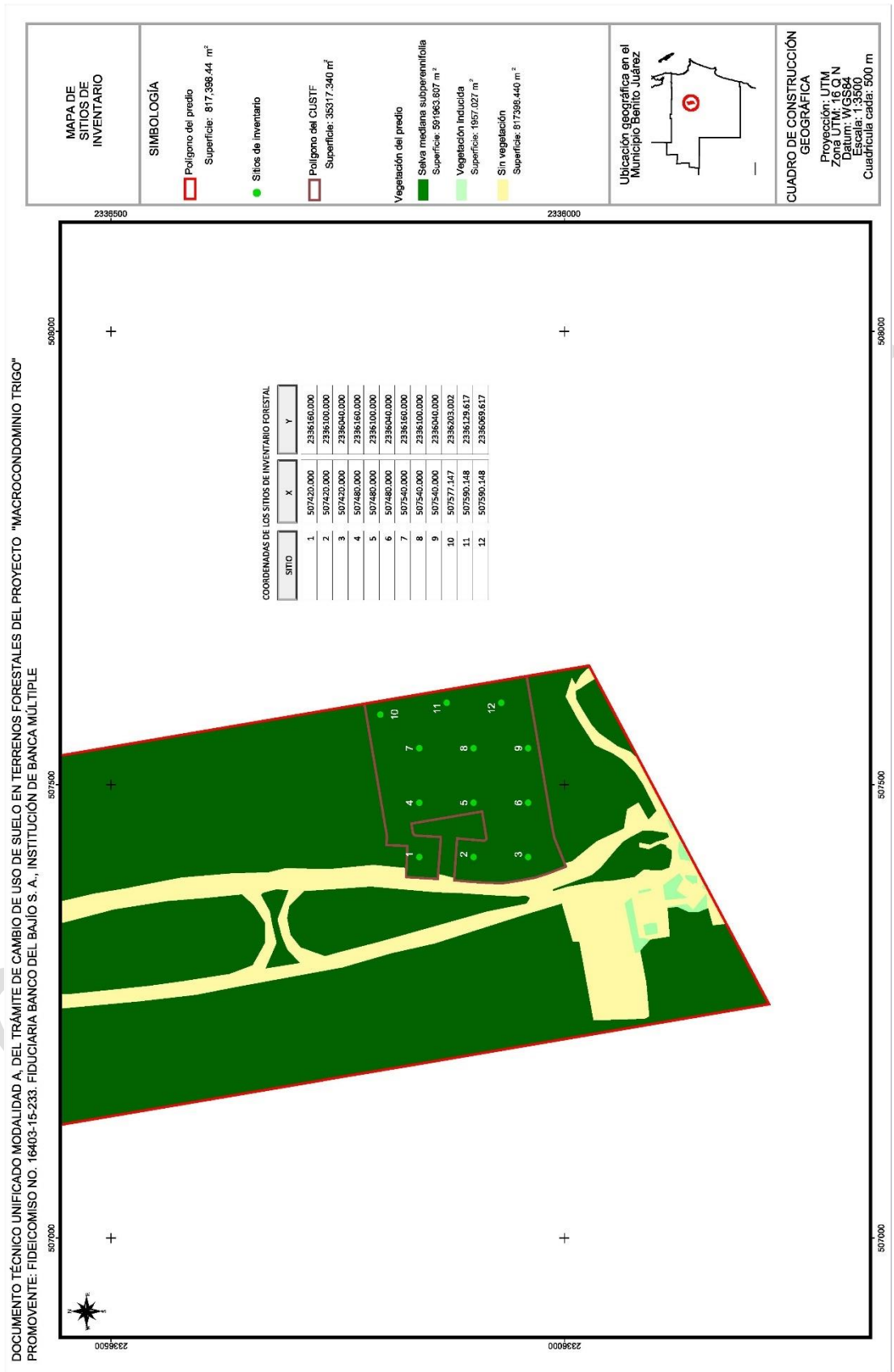
- **Estrato herbáceo.**- Para el estudio de este estrato se trazaron 12 subcuadrantes de 2 m x 2 m (4 m<sup>2</sup> por cada sitio). Dentro de cada cuadrante se tomaron los datos de altura y cobertura para cada individuo identificado.

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas (UTM, WGS84, 16Q Norte), de los sitios de muestreo utilizados durante el inventario forestal dentro del predio del proyecto, y en la página subsecuente se presenta el plano georreferenciado donde se indica la distribución de los mismos.

SITIOS	COORDENADAS	
	X	Y
1	507420.000	2336160.000
2	507420.000	2336100.000
3	507420.000	2336040.000
4	507480.000	2336160.000
5	507480.000	2336100.000
6	507480.000	2336040.000
7	507540.000	2336160.000
8	507540.000	2336100.000
9	507540.000	2336040.000
10	507577.147	2336203.002
11	507590.148	2336129.617
12	507590.148	2336069.617

Una vez llevado a cabo el inventario, se procedió a realizar un trabajo de gabinete en el que se determinaron las características dasométricas de los estratos que integran la vegetación del predio; así como las especies de flora que componen la misma, a partir de la cual se determinó el tipo de vegetación que se desarrolla en toda la superficie de aprovechamiento.

En las imágenes siguientes al plano de los sitios del inventario forestal, se muestran las actividades realizadas durante el inventario forestal.







### a.3. Condiciones ambientales del ecosistema que se desarrolla en el predio

El ecosistema que se desarrolla al interior de la superficie del predio, y por ende, en la superficie de aprovechamiento, se encuentra en estado secundario de desarrollo, pues se trata de una zona con vegetación inmersa dentro de la zona urbana de la Ciudad de Cancún, y actualmente se encuentra sujeta a su aprovechamiento derivado de la autorización para el cambio de uso del suelo de las primeras etapas del Plan Maestro,



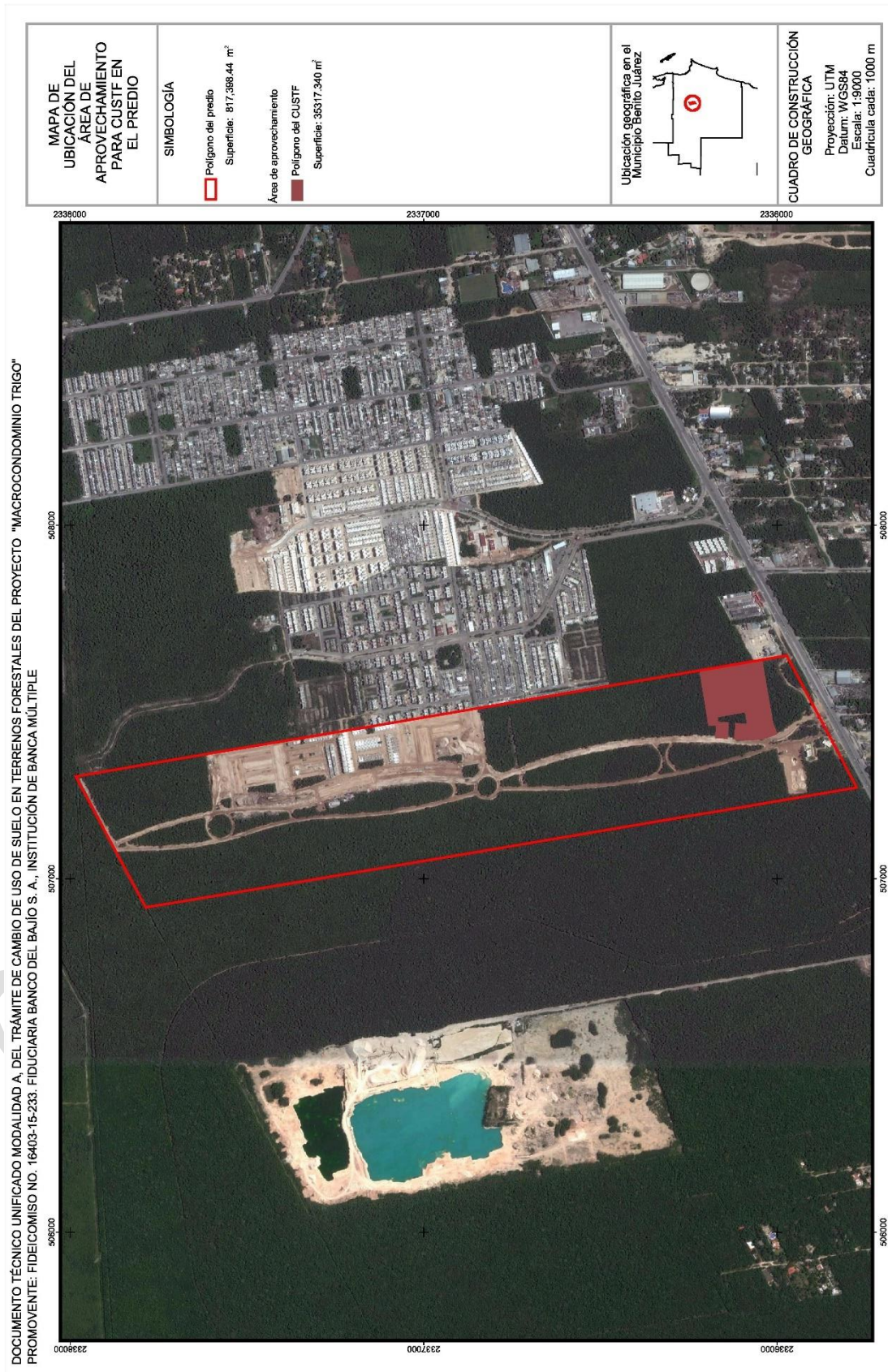
lo que ha ocasionado su fragmentación, así como la modificación de su estructura y composición original, pues es posible observar cierta afectación en su condición de regeneración, considerando que la altura, densidad, distribución de especies, y el área basal estimado, no corresponde a un ecosistema primario (ver plano de la página siguiente).

#### **a.4. Descripción fisonómica de la vegetación**

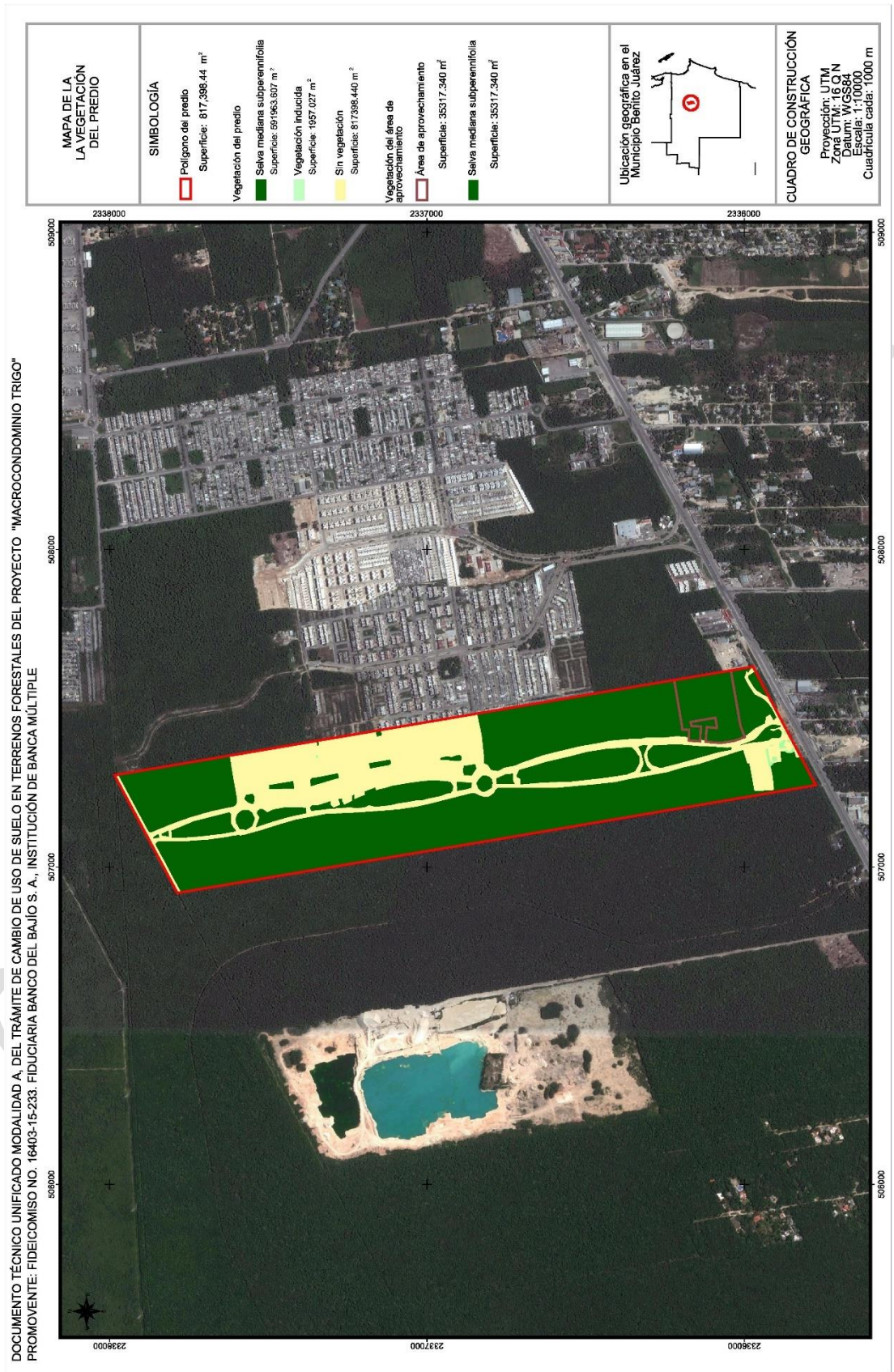
De acuerdo con el estudio realizado en campo, y conforme al análisis realizado en gabinete, se determinó que la vegetación existente en la superficie de cambio de uso de suelo, corresponde a Selva mediana subperennifolia, como se observa en el plano de la página 111. En las imágenes siguientes se pueden observar las condiciones ambientales de la vegetación.



























La comunidad vegetal identificada presenta tres estratos en su estructura vertical, a saber: estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo; siendo el estrato arbustivo el que se



observa mejor representado, con una estructura mejor definida que el estrato superior e inferior; y los individuos que lo integran presentan una distribución marcadamente heterogénea, con la predominancia de ciertas especies. El estrato arbóreo también resulta importante en la estructura vertical, toda vez que se trata de un ecosistema en estado secundario de desarrollo. En cuanto al estrato herbáceo, este se encuentra compuesto en forma predominante por plántulas de especies nativas, aunque se observa una baja tasa de regeneración natural, pues su representación también es escasa y dispersa. A continuación, se describen las características particulares de cada estrato.

- **Estrato arbóreo.** - Se encuentra conformado por ejemplares adultos con un diámetro normal (DAP) mayor a 10 cm; siendo el diámetro promedio del estrato igual a 14.50 cm; con un máximo registrado en los sitios de muestreo de 44.3 cm correspondiente a un individuo de la especie *Lysiloma latisiliquum* (Tzalam); y un mínimo registrado de 10 cm perteneciente a ejemplares de diversas especies. La altura promedio del arbolado es de 11.6 m; con un máximo registrado en los sitios de muestreo de 13 m para ejemplares de diversas especies; y un mínimo de 8 m para un ejemplar de *Lysiloma latisiliquum* (Tzalam).
- **Estrato arbustivo.** - Se encuentra conformado por ejemplares juveniles en desarrollo con un diámetro normal (DAP) menor a 10 cm y mayor o igual a 5 cm; siendo el diámetro promedio del estrato igual a 6.94 cm, con un máximo registrado en los sitios de muestreo de 9.8 cm para ejemplares de *Gymnanthes lucida* (Yayte), *Metopium brownei* (Chechen) y *Coccoloba barbadensis* (Boob); y un mínimo registrado de 5 cm perteneciente a ejemplares de diversas especies. La altura promedio es de 7.46 m; con un máximo registrado en los sitios de muestreo de 10 m para ejemplares de *Vitex gaumeri* (Ya'ax nik), *Metopium brownei* (Chechen) y *Bursera simaruba* (Chacah); y un mínimo de 1.5 m para un ejemplar de *Diospyros cuneata* (silil).



- **Estrato herbáceo o sotobosque.** - Se encuentra conformado por plantas herbáceas y plántulas producto de la regeneración natural del ecosistema. La cobertura promedio del estrato es de 19.23 cm; con un máximo registrado en los sitios de muestreo de 50 cm para ejemplares de *Cupania dentata* (Canilla de venado), *Manilkara zapota* (Zapote) y *Malvaviscus arboreus* (Tulipancillo), y un mínimo registrado de 3 cm para un ejemplar de *Ardisia escallonioides* (Plomoche). La altura promedio de la vegetación en el sotobosque es de 40 cm, con un máximo registrado en los sitios de muestreo de 98 cm para un ejemplar de *Malvaviscus arboreus* (Tulipancillo); y un mínimo registrado de 2 cm para ejemplares de *Manilkara zapota* (Zapote).

#### a.5. Composición de la vegetación

A continuación, se presenta un listado de las especies presentes dentro de la superficie de cambio de uso de suelo; sin embargo, cabe aclarar que el inventario forestal realizado en los sitios de muestreo fue complementado con observaciones directas en campo para enriquecer el número de especies presentes.

##### a.5.1. A nivel de todo el ecosistema

De acuerdo con el inventario forestal realizado en la superficie de aprovechamiento proyectada, se obtuvo el registro de 49 especies vegetales, distribuidas en 23 familias botánicas, donde la más importante fue la familia Fabaceae con un total de 11 registros; seguida de la familia Polygonaceae, Sapotaceae y Sapindaceae con 4 registros cada una; y las familias Malvaceae y Rubiaceae con 3 registros cada una; el resto de las familias se encuentra representada por 2 o menos especies. En la siguiente tabla se presenta el condensado de especies registradas en todo el ecosistema.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechen
Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akitz
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Sac chakah

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Huano
Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	Chit
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
Ebenaceae	<i>Diospyros cuneata</i>	Silil
Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes lucida</i>	Yayte
Fabaceae	<i>Acacia cornigera</i>	Subín
Fabaceae	<i>Acacia dolichostachya</i>	Tzalam verde
Fabaceae	<i>Bauhinia jenningsii</i>	Pata de venado
Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamche
Fabaceae	<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	Paamul
Fabaceae	<i>Diphysa carthagenensis</i>	Ruda de monte
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cocoite
Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canasín
Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
Fabaceae	<i>Swartzia cubensis</i>	Catalox
Flacourtiaceae	<i>Laethia thammia</i>	Huilote
Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
Malpigiaceae	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	Sac pah
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	Pin
Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Majahua
Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Tulipancillo
Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	Higo copó
Moraceae	<i>Ficus padifolia</i>	Amatillo
Myrsinaceae	<i>Ardisia escallonioides</i>	Plomoche
Myrtaceae	<i>Eugenia trikii</i>	Escobeta
Myrtaceae	<i>Myrcianthes fragrans</i>	Guayabillo
Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadensis</i>	Boob
Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Uvero
Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Sac boob
Polygonaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Tzitzilche
Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	Tastab
Rubiaceae	<i>Psychotria nervosa</i>	Café de monte
Rubiaceae	<i>Randia longiloba</i>	Cruceta
Rutaceae	<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	Naranjillo
Salicaceae	<i>Zuelania guidonia</i>	Tamay
Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i>	Canilla de venado
Sapindaceae	<i>Matayba oppositifolia</i>	Guayancox
Sapindaceae	<i>Talisia olivaeformis</i>	Huaya de monte
Sapindaceae	<i>Thouinia paucidentata</i>	Canchunup
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote
Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i>	K'aniste
Sapotaceae	<i>Sideroxylon salicifolium</i>	Zapote faisán
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i>	Pa'a sak
Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik

### a.5.2. A nivel del estrato arbóreo

De acuerdo con el inventario forestal realizado en la superficie de aprovechamiento proyectada, a nivel de este estrato se obtuvo el registro de 27 especies vegetales, distribuidas en 15 familias, donde la más importante fue la familia Fabaceae con un total de 8 registros; seguida de la familia Polygonaceae y Sapotaceae con 3 registros, cada una; el resto de las familias se encuentra representada por 2 o menos especies. En la siguiente tabla se presenta el condensado de especies registradas en todo el ecosistema.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechen
Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akitz
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Sac chacah
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
Ebenaceae	<i>Diospyros cuneata</i>	Silil
Fabaceae	<i>Acacia dolichostachya</i>	Tzalam verde
Fabaceae	<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	Paamul
Fabaceae	<i>Diphysa carthagenensis</i>	Ruda de monte
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cocoite
Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canasín
Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
Fabaceae	<i>Swartzia cubensis</i>	Catalox
Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	Pin
Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	Higo copó
Moraceae	<i>Ficus padifolia</i>	Amatillo
Myrtaceae	<i>Eugenia trikkii</i>	Escobeta
Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadensis</i>	Boob
Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Uvero

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Polygonaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Tzitzilche
Sapindaceae	<i>Thouinia paucidentata</i>	Canchunup
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote
Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i>	K'aniste
Sapotaceae	<i>Sideroxylon salicifolium</i>	Zapote faisán
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i>	Pa'a sak
Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik

### a.5.3. A nivel del estrato arbustivo

De acuerdo con el inventario forestal realizado a nivel de este estrato, se obtuvo el registro de 37 especies vegetales, distribuidas en 21 familias, donde la más importante fue la familia Fabaceae con un total de 9 registros; y finalmente las familias Polygonaceae y Sapindaceae con 3 registros cada una; el resto de las familias se encuentra representada por 2 o menos especies. En la siguiente tabla se presenta el condensado de especies registradas en el estrato arbustivo.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechen
Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akitz
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Sac chacah
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
Ebenaceae	<i>Diospyros cuneata</i>	Silil
Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes lucida</i>	Yayte
Fabaceae	<i>Acacia cornigera</i>	Subín
Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamche
Fabaceae	<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	Paamul
Fabaceae	<i>Diphysa carthagenensis</i>	Ruda de monte
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cocoite
Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canasín
Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
Fabaceae	<i>Swartzia cubensis</i>	Catalox
Flacourtiaceae	<i>Laethia thamnina</i>	Huilote
Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
Malpigiaceae	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	Sac pah
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	Pin

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Majahua
Moraceae	<i>Ficus padifolia</i>	Amatillo
Myrsinaceae	<i>Ardisia escallonioides</i>	Plomoche
Myrtaceae	<i>Eugenia trikii</i>	Escobeta
Myrtaceae	<i>Myrcianthes fragrans</i>	Guayabillo
Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadensis</i>	Boob
Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Uvero
Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Sac boob
Polygonaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Tzitzilche
Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	Tastab
Rutaceae	<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	Naranjillo
Salicaceae	<i>Zuelania guidonia</i>	Tamay
Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i>	Canilla de venado
Sapindaceae	<i>Matayba oppositifolia</i>	Guayancox
Sapindaceae	<i>Thouinia paucidentata</i>	Canchunup
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito
Sapotaceae	<i>Sideroxylon salicifolium</i>	Zapote faisán
Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik

#### a.5.4. A nivel del estrato herbáceo

De acuerdo con el inventario forestal realizado a nivel de este estrato, se obtuvo el registro de 16 especies vegetales distribuidas en 10 familias, donde las más importantes fueron las familias Fabaceae y Sapindaceae con 3 registros cada una; seguidas de las familias Polygonaceae, Rubiaceae y Sapotaceae con 2 registros cada una; el resto de las familias se encuentra representada por 1 especie. En la siguiente tabla se presenta el condensado de especies registradas en el estrato herbáceo.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	Chit
Fabaceae	<i>Bauhinia jenningsii</i>	Pata de venado
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cocoite
Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canasín
Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Tulipancillo
Myrsinaceae	<i>Ardisia escallonioides</i>	Plomoche
Myrtaceae	<i>Myrcianthes fragrans</i>	Guayabillo
Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadensis</i>	Boob



FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Sac boob
Rubiaceae	<i>Psychotria nervosa</i>	Café de monte
Rubiaceae	<i>Randia longiloba</i>	Cruceta
Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i>	Canilla de venado
Sapindaceae	<i>Talisia olivaeformis</i>	Huaya de monte
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote
Sapotaceae	<i>Sideroxylon salicifolium</i>	Zapote faisán

#### a.6. Epifitas vasculares presentes en la superficie de aprovechamiento

Este grupo está conformado por organismos cuyo ciclo de vida se desarrolla íntegramente sobre o dentro de los tejidos muertos exteriores de otras plantas, sin obtener agua o nutrientes de tejidos vivos. Las epifitas son un elemento importante de la diversidad de los ecosistemas y esenciales en la estructura y dinámica de la fauna asociada.

**Metodología del inventario:** Para el estudio de este grupo florístico se utilizaron los 10 sitios de muestreo establecidos dentro de los polígonos de aprovechamiento (usados para el inventario forestal), de tal manera que durante el levantamiento de los datos en campo, se realizó una revisión exhaustiva de cada individuo inventariado a nivel de los estratos arbóreo y arbustivo, a fin de determinar la existencia de epifitas vasculares, y posteriormente registrar la especie y el número de individuos por especie identificados. Los grupos de epifitas estudiados fueron Bromeliaceae, Orchidaceae y otras epifitas (incluidas Loranthaceae, Cactaceae, Araceae y otras especies más conspicuas).

De acuerdo con esta metodología, se muestreó un total de 110 árboles adultos (estrato arbóreo) y 431 árboles jóvenes (estrato arbustivo), pudiendo obtener los siguientes resultados.

**Resultados del inventario (composición de especies):** De acuerdo con la metodología aplicada durante el inventario de epifitas vasculares, se pudo constatar

la existencia de 2 especies, distribuidas en dos familias, como se indica en la siguiente tabla (ver imágenes subsecuentes):

EPÍFITAS VASCULARES			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Araceae	<i>Anthurium schlechtendalii</i>	Bobtún
2	Bromeliaceae	<i>Aechmea bracteata</i>	Gatillo

#### a.7. Especies registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Del total de especies registradas en la vegetación que se desarrolla al interior de la superficie de aprovechamiento, sólo se identificó una especie incluida en la Norma Oficial Mexicana en comento, a saber, *Thrinax radiata* (chit), especie incluida en la categoría de amenazada.

#### a.8. Índice del Valor de importancia

Con la finalidad de jerarquizar la dominancia de cada especie registrada en la vegetación muestreada a nivel de los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo, se calculó el Índice de Valor de Importancia (IVI), el cual fue ya descrito en el capítulo 4 de este estudio. Es un índice sintético estructural que se calcula de la siguiente manera:

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

Donde:

**IVI:** índice de valor de importancia

**A%:** abundancia relativa

**F%:** frecuencia relativa

**D%:** dominancia relativa

A continuación, se presentan los valores de importancia calculados para las especies registradas en los diferentes estratos identificados en la vegetación, de acuerdo con los cálculos realizados.

<b>ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%) - ARBÓREO</b>				
<b>ESPECIES</b>	<b>A%</b>	<b>F%</b>	<b>D%</b>	<b>IVI</b>
<i>Metopium brownei</i>	47.50	11.76	39.45	98.72
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	17.08	8.82	31.87	57.78
<i>Bursera simaruba</i>	8.96	11.76	5.53	26.25
<i>Vitex gaumeri</i>	5.83	8.82	6.07	20.73
<i>Piscidia piscipula</i>	3.33	6.86	2.88	13.07
<i>Dendropanax arboreus</i>	3.54	5.88	2.31	11.74
<i>Coccoloba barbadensis</i>	1.67	5.88	0.90	8.45
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	1.46	5.88	0.79	8.13
<i>Sideroxylon salicifolium</i>	1.67	4.90	1.21	7.77
<i>Swartzia cubensis</i>	1.04	3.92	1.18	6.15
<i>Manilkara zapota</i>	0.63	2.94	2.19	5.75
<i>Ficus padifolia</i>	1.04	3.92	0.54	5.50
<i>Acacia dolichostachya</i>	1.67	0.98	1.96	4.60
<i>Diphyssa carthagenensis</i>	0.63	1.96	0.44	3.03
<i>Coccoloba diversifolia</i>	0.63	1.96	0.37	2.96
<i>Nectandra coriacea</i>	0.63	1.96	0.27	2.85
<i>Ficus cotinifolia</i>	0.42	1.96	0.28	2.66
<i>Gliricidia sepium</i>	0.42	0.98	0.32	1.72
<i>Ceiba pentandra</i>	0.21	0.98	0.53	1.72
<i>Pouteria campechiana</i>	0.21	0.98	0.21	1.40
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.21	0.98	0.13	1.32
<i>Thouinia paucidentata</i>	0.21	0.98	0.11	1.30
<i>Eugenia trikii</i>	0.21	0.98	0.10	1.29
<i>Simarouba amara</i>	0.21	0.98	0.10	1.29
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	0.21	0.98	0.09	1.28
<i>Diospyros cuneata</i>	0.21	0.98	0.09	1.28
<i>Thevetia gaumeri</i>	0.21	0.98	0.09	1.28
<b>TOTALES</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>300.00</b>

De acuerdo con los datos presentados en la tabla que antecede, se observa que las tres especies más importantes a nivel del estrato arbóreo son *Metopium brownei* (Chechen) con un IVI de 98.72, *Lysiloma latisiliquum* (Tzalam) con 57.78 y *Bursera simaruba* (Chaca) con 26.25, pues alcanzaron el valor de importancia más alto

calculado para las especies que componen este estrato. Así mismo, se advierte que son 6 las especies más representativas e importantes en el estrato arbóreo con un IVI promedio de 38.05, en un rango de 11 a 99 puntos; mientras que el IVI promedio para las especies menos representativas (21 en total) es de 3.42 en un rango de 1 a 9 puntos. Las especies menos representativas e importantes son: *Caesalpinia yucatanensis* (Paamul), *Diospyros cuneata* (Silil) y *Thevetia gaumeri* (Akitz) con un IVI de 1.28, cada una.

<b>ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%) - ARBUSTIVO</b>				
<b>ESPECIES</b>	<b>A%</b>	<b>F%</b>	<b>D%</b>	<b>IVI</b>
<i>Metopium brownei</i>	17.27	9.92	21.81	49.00
<i>Bursera simaruba</i>	12.05	7.44	13.77	33.26
<i>Dendropanax arboreus</i>	10.84	8.26	11.11	30.22
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	5.62	4.13	5.53	15.28
<i>Myrcianthes fragrans</i>	4.82	6.61	3.56	14.99
<i>Vitex gaumeri</i>	4.02	4.96	5.52	14.49
<i>Thevetia gaumeri</i>	4.82	4.13	3.56	12.51
<i>Hampea trilobata</i>	4.02	4.13	3.45	11.60
<i>Ficus padifolia</i>	3.21	4.96	3.04	11.21
<i>Coccoloba barbadensis</i>	4.02	3.31	3.75	11.07
<i>Nectandra coriacea</i>	3.61	4.13	2.44	10.19
<i>Coccoloba diversifolia</i>	2.41	4.13	2.50	9.04
<i>Piscidia piscipula</i>	2.81	3.31	2.78	8.89
<i>Cupania dentata</i>	2.81	4.13	1.93	8.87
<i>Matayba oppositifolia</i>	1.61	2.48	1.35	5.43
<i>Gymnanthes lucida</i>	1.61	0.83	2.29	4.72
<i>Acacia cornigera</i>	1.61	1.65	1.15	4.41
<i>Diospyros cuneata</i>	1.61	1.65	1.02	4.28
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	1.20	1.65	1.12	3.98
<i>Swartzia cubensis</i>	0.80	1.65	1.15	3.61
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	0.80	1.65	0.64	3.09
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.80	1.65	0.61	3.07
<i>Guettarda combsii</i>	0.80	1.65	0.57	3.02
<i>Ardisia escallonioides</i>	0.80	1.65	0.43	2.88
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0.80	0.83	0.70	2.33
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	0.80	0.83	0.61	2.24
<i>Dipholis salicifolia</i>	0.80	0.83	0.60	2.23

<b>ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%) - ARBUSTIVO</b>				
<b>ESPECIES</b>	<b>A%</b>	<b>F%</b>	<b>D%</b>	<b>IVI</b>
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	0.40	0.83	0.61	1.83
<i>Zuelania guidonia</i>	0.40	0.83	0.51	1.74
<i>Thouinia paucidentata</i>	0.40	0.83	0.40	1.63
<i>Eugenia trikii</i>	0.40	0.83	0.39	1.62
<i>Diphysa carthagenensis</i>	0.40	0.83	0.26	1.49
<i>Gliricidia sepium</i>	0.40	0.83	0.24	1.47
<i>Coccoloba spicata</i>	0.40	0.83	0.23	1.45
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	0.40	0.83	0.20	1.43
<i>Laethia thamnina</i>	0.40	0.83	0.20	1.43
<b>TOTALES</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>300.00</b>

Conforme a los datos presentados en la tabla que antecede, se observa que las tres especies más importantes a nivel del estrato arbustivo, con los valores de IVI más elevados son: *Metopium brownei* (Chechen) con 49.00, *Bursera simruba* (Chaca) con 33.26, *Dendropanax arboreus* (Sac chaca) con 30.22. Así mismo, se advierte que son 6 las especies más representativas e importantes en este estrato con un **IVI** promedio de 26.21, en un rango de 14 a 49 puntos; mientras que el **IVI** promedio para las especies menos representativas (30 en total) es de 4.76 en un rango de 1 a 13. Las especies menos representativas e importantes son: *Coccoloba spicata* (Sac boob) con un IVI de 1.43, *Caesalpinia gaumeri* (Kitamche) con 1.43 y *Laethia thamnina* (Huilote) con 1.43.

<b>ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%) - HERBÁCEO</b>				
<b>ESPECIES</b>	<b>A%</b>	<b>F%</b>	<b>D%</b>	<b>IVI</b>
<i>Nectandra coriacea</i>	44.35	25.53	43.90	113.78
<i>Ficus padifolia</i>	10.43	12.77	12.52	35.72
<i>Vitex gaumeri</i>	8.70	10.64	8.45	27.79
<i>Dendropanax arboreus</i>	6.09	4.26	7.91	18.25
<i>Coccoloba barbadensis</i>	4.35	8.51	3.39	16.25
<i>Metopium brownei</i>	4.35	6.38	2.40	13.13
<i>Bursera simaruba</i>	3.48	4.26	2.94	10.67
<i>Hampea trilobata</i>	2.61	4.26	3.62	10.48
<i>Piscidia piscipula</i>	3.48	4.26	2.03	9.77



<b>ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%) - HERBÁCEO</b>				
<b>ESPECIES</b>	<b>A%</b>	<b>F%</b>	<b>D%</b>	<b>IVI</b>
<i>Coccoloba diversifolia</i>	2.61	4.26	2.03	8.90
<i>Gymnanthes lucida</i>	1.74	4.26	2.49	8.48
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	3.48	2.13	2.44	8.05
<i>Matayba oppositifolia</i>	1.74	2.13	1.81	5.68
<i>Myrcianthes fragrans</i>	0.87	2.13	2.26	5.26
<i>Cupania dentata</i>	0.87	2.13	1.36	4.35
<i>Thevetia gaumeri</i>	0.87	2.13	0.45	3.45
<b>TOTALES</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>300.00</b>

Finalmente se observa que las tres especies más importantes a nivel del estrato herbáceo, con los valores de IVI más altos son: *Nectandra coriácea* (Laurelillo) con 113.78, *Ficus padifolia* (Amatillo) con 35.72 y *Vitex gaumeri* (Ya'ax nik) con 27.79. Así mismo, se advierte que son 6 las especies más representativas e importantes en este estrato con un **IVI** promedio de 37.49, en un rango de 13 a 114 puntos; mientras que el **IVI** promedio para las especies menos representativas (10 en total) es de 7.51 en un rango de 3 a 11 puntos. La especies menos representativas e importantes son: *Myrcianthes fragrans* (Guayabillo) con un IVI de 5.26, *Cupania dentata* (Canilla de venado) con 4.35 y *Thevetia gaumeri* (Akits) con 3.45.

#### a.9. Índice de diversidad

Para estimar el índice de diversidad de la flora presente en la superficie de aprovechamiento, se tomaron los datos del inventario forestal realizado; a través del cual se obtuvo datos de abundancia relativa por especie y por estrato; y finalmente se calculó el índice de diversidad de Shannon – Wiener (1949), el cual ya fue descrito con antelación en el capítulo 4 de este estudio, y se calcula como:

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

Donde:

**S** = número total de especies.

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

$P_i$  = abundancia relativa de la especie  $i$ .

$\ln P_i$  = logaritmo decimal (base 10) de la abundancia relativa de la especie  $i$ .

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el cálculo del índice de diversidad, por cada estrato de la vegetación.

ESTRATO ARBÓREO				
ESPECIES (S)	$n_i$	$P_i$	$\text{LOG}_{10} P_i$	$P_i * \text{LOG}_{10} P_i$
<i>Acacia dolichostachya</i>	8	0.017	-1.78	-0.030
<i>Bursera simaruba</i>	43	0.090	-1.05	-0.094
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	1	0.002	-2.68	-0.006
<i>Ceiba pentandra</i>	1	0.002	-2.68	-0.006
<i>Coccoloba barbadensis</i>	8	0.017	-1.78	-0.030
<i>Coccoloba diversifolia</i>	3	0.006	-2.20	-0.014
<i>Dendropanax arboreus</i>	17	0.035	-1.45	-0.051
<i>Diospyros cuneata</i>	1	0.002	-2.68	-0.006
<i>Diphyssa carthagenensis</i>	3	0.006	-2.20	-0.014
<i>Eugenia trikkii</i>	1	0.002	-2.68	-0.006
<i>Ficus cotinifolia</i>	2	0.004	-2.38	-0.010
<i>Ficus padifolia</i>	5	0.010	-1.98	-0.021
<i>Gliricidia sepium</i>	2	0.004	-2.38	-0.010
<i>Gymnopodium floribundum</i>	1	0.002	-2.68	-0.006
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	7	0.015	-1.84	-0.027
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	82	0.171	-0.77	-0.131
<i>Manilkara zapota</i>	3	0.006	-2.20	-0.014
<i>Metopium brownei</i>	228	0.475	-0.32	-0.154
<i>Nectandra coriacea</i>	3	0.006	-2.20	-0.014
<i>Piscidia piscipula</i>	16	0.033	-1.48	-0.049
<i>Pouteria campechiana</i>	1	0.002	-2.68	-0.006
<i>Sideroxylon salicifolium</i>	8	0.017	-1.78	-0.030
<i>Simarouba amara</i>	1	0.002	-2.68	-0.006
<i>Swartzia cubensis</i>	5	0.010	-1.98	-0.021
<i>Thevetia gaumeri</i>	1	0.002	-2.68	-0.006
<i>Thouinia paucidentata</i>	1	0.002	-2.68	-0.006

ESTRATO ARBÓREO				
ESPECIES (S)	n <sub>i</sub>	P <sub>i</sub>	LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> * LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>
<i>Vitex gaumeri</i>	28	0.058	-1.23	-0.072
<b>N=</b>	<b>480</b>		$H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$	<b>0.83</b> <b>decits/ind</b>

ESTRATO ARBUSTIVO				
ESPECIES (S)	n <sub>i</sub>	P <sub>i</sub>	LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> * LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>
<i>Acacia cornigera</i>	4	0.016	-1.79	-0.029
<i>Ardisia escallonioides</i>	2	0.008	-2.10	-0.017
<i>Bursera simaruba</i>	30	0.120	-0.92	-0.111
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	1	0.004	-2.40	-0.010
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	1	0.004	-2.40	-0.010
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	2	0.008	-2.10	-0.017
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	3	0.012	-1.92	-0.023
<i>Coccoloba barbadensis</i>	10	0.040	-1.40	-0.056
<i>Coccoloba diversifolia</i>	6	0.024	-1.62	-0.039
<i>Coccoloba spicata</i>	1	0.004	-2.40	-0.010
<i>Cupania dentata</i>	7	0.028	-1.55	-0.044
<i>Dendropanax arboreus</i>	27	0.108	-0.96	-0.105
<i>Diospyros cuneata</i>	4	0.016	-1.79	-0.029
<i>Dipholis salicifolia</i>	2	0.008	-2.10	-0.017
<i>Diphysa carthagenensis</i>	1	0.004	-2.40	-0.010
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	2	0.008	-2.10	-0.017
<i>Eugenia trikii</i>	1	0.004	-2.40	-0.010
<i>Ficus padifolia</i>	8	0.032	-1.49	-0.048
<i>Gliricidia sepium</i>	1	0.004	-2.40	-0.010
<i>Guettarda combsii</i>	2	0.008	-2.10	-0.017
<i>Gymnanthes lucida</i>	4	0.016	-1.79	-0.029
<i>Gymnopodium floribundum</i>	2	0.008	-2.10	-0.017
<i>Hampea trilobata</i>	10	0.040	-1.40	-0.056
<i>Laethia thamnia</i>	1	0.004	-2.40	-0.010
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	14	0.056	-1.25	-0.070
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	2	0.008	-2.10	-0.017
<i>Matayba oppositifolia</i>	4	0.016	-1.79	-0.029
<i>Metopium brownei</i>	43	0.173	-0.76	-0.132

ESTRATO ARBUSTIVO				
ESPECIES (S)	n <sub>i</sub>	P <sub>i</sub>	LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> * LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>
<i>Myrcianthes fragrans</i>	12	0.048	-1.32	-0.063
<i>Nectandra coriacea</i>	9	0.036	-1.44	-0.052
<i>Piscidia piscipula</i>	7	0.028	-1.55	-0.044
<i>Swartzia cubensis</i>	2	0.008	-2.10	-0.017
<i>Thevetia gaumeri</i>	12	0.048	-1.32	-0.063
<i>Thouinia paucidentata</i>	1	0.004	-2.40	-0.010
<i>Vitex gaumeri</i>	10	0.040	-1.40	-0.056
<i>Zuelania guidonia</i>	1	0.004	-2.40	-0.010
<b>N=</b>	<b>249</b>	$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$		<b>1.30 decits/ind</b>

ESTRATO HERBÁCEO				
ESPECIES (S)	n <sub>i</sub>	P <sub>i</sub>	LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> * LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>
<i>Ardisia escallonioides</i>	5	0.043	-1.36	-0.059
<i>Bauhinia jenningsii</i>	4	0.035	-1.46	-0.051
<i>Coccoloba barbadensis</i>	7	0.061	-1.22	-0.074
<i>Coccoloba spicata</i>	4	0.035	-1.46	-0.051
<i>Cupania dentata</i>	1	0.009	-2.06	-0.018
<i>Gliricidia sepium</i>	10	0.087	-1.06	-0.092
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	1	0.009	-2.06	-0.018
<i>Malvaviscus arboreus</i>	3	0.026	-1.58	-0.041
<i>Manilkara zapota</i>	12	0.104	-0.98	-0.102
<i>Myrcianthes fragrans</i>	5	0.043	-1.36	-0.059
<i>Nectandra coriacea</i>	51	0.443	-0.35	-0.157
<i>Psychotria nervosa</i>	3	0.026	-1.58	-0.041
<i>Randia longiloba</i>	4	0.035	-1.46	-0.051
<i>Sideroxylon salicifolium</i>	1	0.009	-2.06	-0.018
<i>Talisia olivaeformis</i>	2	0.017	-1.76	-0.031
<i>Thrinax radiata</i>	2	0.017	-1.76	-0.031
<b>N=</b>	<b>115</b>	$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$		<b>0.89 decits/ind</b>

Como se puede observar en los resultados anteriores, la vegetación de Selva mediana subperennifolia dentro de la superficie de aprovechamiento, ostenta una diversidad baja en cuanto a especies de flora se refiere, ya que en todos los estratos de la

vegetación se alcanza un valor de  $H'$  promedio igual a **1.01 decits/ind**; siendo los dos estratos con mayor aporte en el cálculo de este valor, el estrato arbustivo y el herbáceo con  **$H' = 1.30$  decits/ind** y **0.89 decits/ind** respectivamente; 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.

#### a.10. Índice de equidad

Es posible calcular las medidas de uniformidad (también llamada equidad) de una comunidad, mediante una ecuación sencilla usando el **Índice de Pielou**, mismo que ya fue descrito con antelación en el capítulo 4 de este estudio, y se calcula como:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde:

$H'$  = es el valor del índice de Shannon-Wiener.

$H'_{max}$  =  $\log_{10}$  de S.

S = Número total de especies registradas en la muestra (riqueza).

Al igual que con el índice de diversidad, el índice de equidad de Pielou considera que todas las especies de la comunidad están representadas en la muestra. Este índice adopta valores entre 0 y 1; el número 1 indica que todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de equidad<sup>12</sup>. A continuación, se presentan los valores de equidad obtenidos por cada estrato de la vegetación:

ANÁLISIS DE EQUIDAD			
ÍNDICE	ESTRATOS		
	ARBÓREO	ARBUSTIVO	HERBÁCEO
$H'$ ( $\log_{10}$ )	0.83	1.30	0.89
$H_{max}$ ( $\log_{10}$ )	1.43	1.56	1.20
<b>Pielou (J')</b>	0.58	0.83	0.74

<sup>12</sup> Mónica B. Martella. Eduardo V. Trumper. Laura M. Bellis. Daniel Renison. Paola F. Giordano. Gisela Bazzano. Raquel M. Gleiser. Reduca (Biología). Serie Ecología. 5 (1): 71-115, 2012. ISSN: 1989-3620.



Como puede observarse en la tabla anterior, se puede determinar que en la superficie de aprovechamiento existe una distribución moderadamente homogénea de las especies a nivel de los estratos arbustivo y herbáceo, ya que el índice de equidad alcanzado cercano a 1 (el máximo valor), lo cual indica que la mayoría de las especies son igualmente abundantes, sin embargo, existen especies que predominan. A nivel del estrato arbóreo observamos que la distribución tiende ligeramente más a la heterogeneidad, es decir, que la abundancia de cada especie tiende a ser distinta, con una notable presencia de especies predominantes; esto da sustento al hecho de que la vegetación presente en el predio del proyecto, se encuentra en estado de desarrollo secundario pues el estrato arbustivo destaca en este análisis.

## **b. Fauna**

### **b.1. Diseño del muestreo**

Para estudiar este componente del ecosistema que se desarrolla dentro de la superficie de CUSTF, se utilizó el método de transecto o trayecto de línea de distancia variable, es decir, no existe un ancho definido previamente para realizar las observaciones, por lo cual es posible incluir en el inventario a cualquier individuo que se detecte durante el recorrido, y esta es una de las principales ventajas del método.

Los principales supuestos considerados en la aplicación de este método son los siguientes: a) todos los individuos sobre la línea son detectados; b) los individuos no se mueven antes de su detección; y c) los individuos son contados una sólo vez.

En la aplicación del método se trazaron 3 trayectos al interior del polígono de aprovechamiento, de longitud variable. Así mismo, se utilizaron los sitios de muestreo del inventario forestal, así como las brechas para acceder a los mismos. Las rutas trazadas fueron visitadas cuatro días a la semana, un día por grupo faunístico (1er día: aves; 2º día mamíferos; 3er día reptiles; y 4º día anfibios), por un período de 8 semanas (2 meses). El recorrido total para el estudio de la fauna, considerando los 3 transectos,

fue de 473.82 metros. En la siguiente tabla se presentan los vértices de los transectos, considerando su punto de inicio y su punto de término (UTM, WGS 84, 16Q Norte, México), y en el plano de la página siguiente se muestra su distribución dentro del polígono de aprovechamiento.

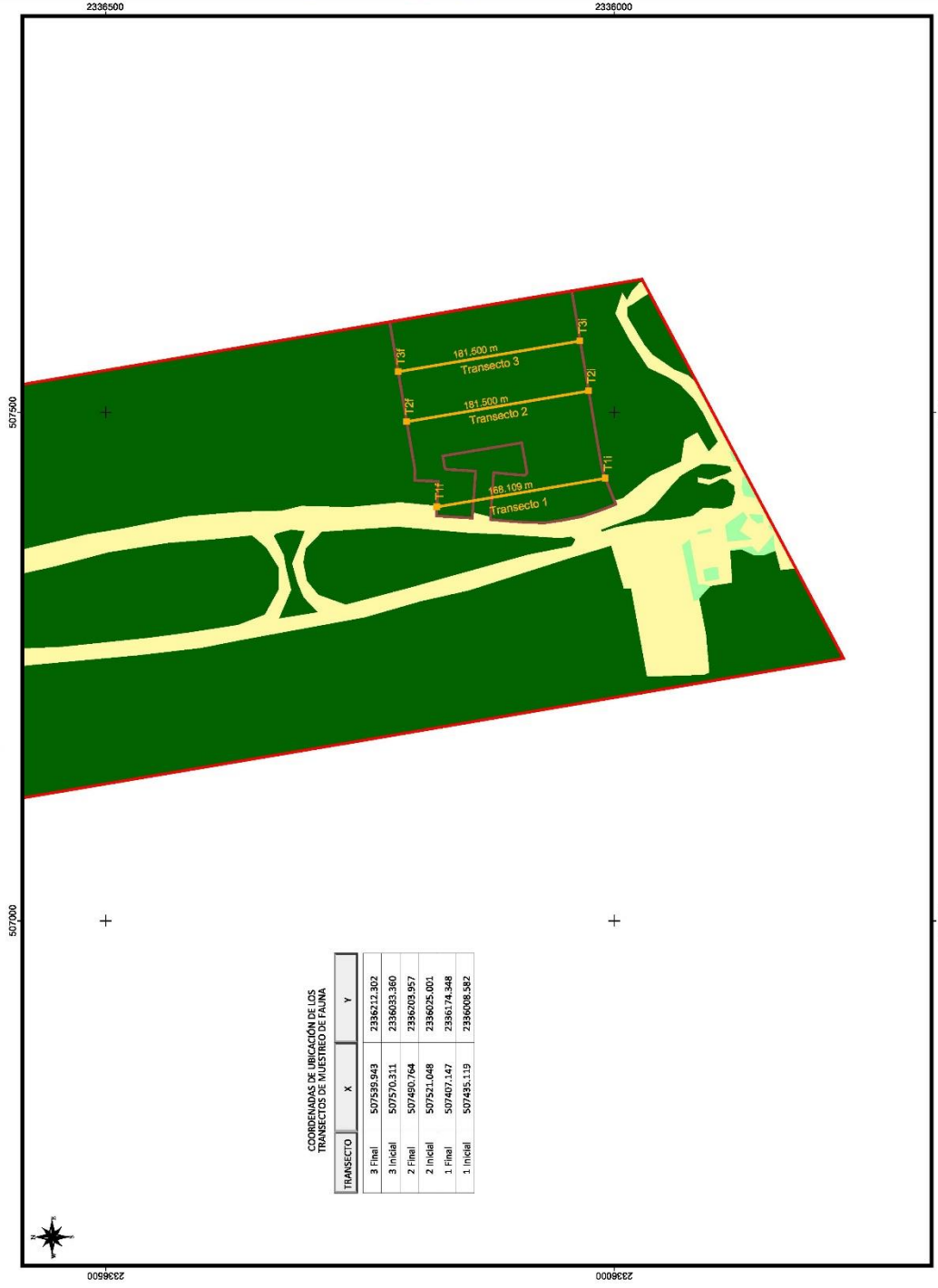
TRANSECTOS DE MUESTREO					
TRANSECTO	PUNTO DE INICIO		PUNTO DE TÉRMINO		LONGITUD (m)
	X	Y	X	Y	
T1	507407.1471	2336174.3480	507435.1189	2336008.5824	168.11
T2	507490.7635	2336203.9568	507521.0479	2336025.0012	181.50
T3	507539.9434	2336212.3020	507570.3106	2336033.3604	181.50
<b>TOTAL</b>					<b>473.82</b>

La metodología aplicada fue complementada con la instalación de cámaras y trampas, para el muestreo de especies de hábitos nocturnos. Se instalaron en un árbol dentro de cada parcela de muestreo utilizada para el inventario forestal, como se muestra en las imágenes siguientes.



DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD A, DEL TRÁMITE DE CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO "MACROCONDominio TRIGO" PROMOVIENTE: FIDEICOMISO NO. 16403-15-233. FIDUCIARIA BANCO DEL BAJO S. A., INSTITUCIÓN DE BANCA MÚLTIPLE

<p>MAPA DE TRANSECTOS DE FAUNA</p>	<p><b>SIMBOLOGÍA</b></p> <p>Polígono del predio Superficie: 817,388.44 m<sup>2</sup></p> <p>Transectos</p> <p>Área de aprovechamiento</p> <p>Polígono del CUSTF Superficie: 35317.940 m<sup>2</sup></p> <p>Vegetación</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Seiva mediana superperennifolia</li> <li>Vegetación incluida</li> <li>Sin vegetación</li> </ul>	<p>Ubicación geográfica en el Municipio Benito Juárez</p>	<p><b>CUADRO DE CONSTRUCCIÓN GEOGRÁFICA</b></p> <p>Proyección: UTM Zona UTM: 16 Q N Datum: WGS84 Escala: 1:3500 Cuadrícula cada: 500 m</p>
------------------------------------	--	---	--



COORDENADAS DE UBICACIÓN DE LOS TRANSECTOS DE MUESTREO DE FAUNA

TRANSECTO	X	Y
3 Final	507595.949	2386217.302
3 Inicial	507570.311	2386033.360
2 Final	507490.764	2386209.957
2 Inicial	507511.048	2386205.001
1 Final	507407.147	2386174.348
1 Inicial	507435.119	2386008.582









## b.2. Resultados (composición de especies)

De acuerdo con la metodología aplicada, en lo que respecta a la composición de especies de fauna que ocupan la zona de aprovechamiento, se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales fueron enriquecidos con los listados obtenidos durante el muestreo realizado para la primera etapa del proyecto.

AVES				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita
2	Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca
3	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara yucateca
4	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax inca</i>	Chara verde
5	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus gularis</i>	Bolsero común
6	Passeriformes	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate
7	Passeriformes	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle
8	Passeriformes	Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero
9	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryothorus ludovicianus</i>	Chivirín de carolina
10	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryothorus maculipectus</i>	Chivirín moteado
11	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario



AVES				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
12	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	X'takay
13	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical
14	Passeriformes	Vireonidae	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Vireón cejirrufo

REPTILES				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Squamata	Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	Basilisco
2	Squamata	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana rayada
3	Squamata	Polychridae	<i>Anolis tropidonotus</i>	Anolis pardo
4	Squamata	Teiidae	<i>Ameiva undulata</i>	Ameiva
5	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	Lagartija espinosa

MAMÍFEROS				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Carnivora	Canidae	<i>Felis catus</i>	Gato doméstico
2	Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Coatí
3	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache
4	Rodentia	Agoutidae	<i>Agouti paca</i>	Paca común
5	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus yucatanensis</i>	Ardilla gris

De acuerdo con los datos presentados en las tablas anteriores, se tuvo el registro de 24 especies de fauna silvestre pertenecientes a tres grupos taxonómicos dentro del polígono de aprovechamiento, de los cuales, el grupo faunístico mejor representado son las aves con un total de 14 especies; seguido en orden de importancia está el grupo de los reptiles representados por 5 especies; y finalmente los mamíferos con 5. Se determinó la ausencia de anfibios. En las siguiente imágenes se muestran algunos ejemplares registrados durante el muestreo.



*Felis catus* (gato doméstico, capturado con trampa)



*Didelphis virginiana* (tlacuache, capturado con trampa)





*Sciurus yucatanensis (ardilla gris)*



*Ortalis vetula (chachalaca)*





*Nasua narica (coatí), registrado con cámara trampa*

### b.3. Especies en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

A continuación, se presentan las especies registradas dentro del predio, que se incluyen dentro de alguna categoría de riesgo de acuerdo con la norma en comento.

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

### b.4. Índice de diversidad

Para estimar el índice de diversidad de la fauna presente en la superficie de aprovechamiento, se tomaron los datos del inventario faunístico realizado; a través del cual se obtuvo datos de abundancia relativa por especie y por grupo faunístico; y

finalmente se calculó el índice de diversidad de Shannon – Wiener (1949), el cual ya fue descrito con antelación en el capítulo 4 de este estudio, y se calcula como:

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

Donde:

**S** = número total de especies.

**Σi = 1** = número total de individuos.

**Pi** = abundancia relativa de la especie i.

**ln Pi** = logaritmo decimal (base 10) de la abundancia relativa de la especie i.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el cálculo del índice de diversidad, por cada grupo faunístico.

AVES				
ESPECIES (S)	n <sub>i</sub>	P <sub>i</sub>	LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> * LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>
<i>Columbina talpacoti</i>	5	0.083	-1.08	-0.090
<i>Ortalis vetula</i>	5	0.083	-1.08	-0.090
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	3	0.050	-1.30	-0.065
<i>Cyanocorax inca</i>	2	0.033	-1.48	-0.049
<i>Icterus gularis</i>	2	0.033	-1.48	-0.049
<i>Quiscalus mexicanus</i>	12	0.200	-0.70	-0.140
<i>Mimus gilvus</i>	6	0.100	-1.00	-0.100
<i>Melanerpes aurifrons</i>	1	0.017	-1.78	-0.030
<i>Thryothorus ludovicianus</i>	3	0.050	-1.30	-0.065
<i>Thryothorus maculipectus</i>	5	0.083	-1.08	-0.090
<i>Myiozetetes similis</i>	5	0.083	-1.08	-0.090
<i>Pitangus sulphuratus</i>	4	0.067	-1.18	-0.078
<i>Tyrannus melancholicus</i>	1	0.017	-1.78	-0.030
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	6	0.100	-1.00	-0.100
<b>N=</b>	<b>60</b>	$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$		<b>1.07 decits/ind</b>



REPTILES				
ESPECIES (S)	n <sub>i</sub>	P <sub>i</sub>	LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> * LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>
<i>Basiliscus vittatus</i>	9	0.250	-0.60	-0.151
<i>Ctenosaura similis</i>	4	0.111	-0.95	-0.106
<i>Anolis tropidonotus</i>	11	0.306	-0.51	-0.157
<i>Ameiva undulata</i>	3	0.083	-1.08	-0.090
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	9	0.250	-0.60	-0.151
<b>N=</b>	<b>36</b>	$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$		<b>0.65 decits/ind</b>

MAMÍFEROS				
ESPECIES (S)	n <sub>i</sub>	P <sub>i</sub>	LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> * LOG <sub>10</sub> P <sub>i</sub>
<i>Felis catus</i>	1	0.063	-1.20	-0.075
<i>Nasua narica</i>	5	0.313	-0.51	-0.158
<i>Didelphis virginiana</i>	6	0.375	-0.43	-0.160
<i>Agouti paca</i>	1	0.063	-1.20	-0.075
<i>Sciurus yucatanensis</i>	3	0.188	-0.73	-0.136
<b>N=</b>	<b>16</b>	$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$		<b>0.60 decits/ind</b>

Como se puede observar en los resultados presentados anteriormente, la vegetación de Selva mediana subperennifolia dentro de la superficie de aprovechamiento, ostentan una diversidad baja en cuanto a especies de fauna silvestre se refiere, ya que todos los grupos faunísticos estudiados, alcanzan un valor promedio de **H' = 0.77 decits/ind**; siendo el grupo de las aves el que alcanzó el valor del índice más alto con **H' = 1.07 decits/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.

### b.5. Índice de equidad

Es posible calcular las medidas de uniformidad (también llamada equidad) de una comunidad, mediante una ecuación sencilla usando el **Índice de Pielou**, mismo que ya fue descrito con antelación en el capítulo 4 de este estudio, y se calcula como:

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Donde:

$H'$  = es el valor del índice de Shannon-Wiener.

$H'_{\max}$  =  $\log_{10}$  de S.

S = Número total de especies registradas en la muestra (riqueza).

A continuación, se presentan los valores de equidad obtenidos por cada grupo faunístico:

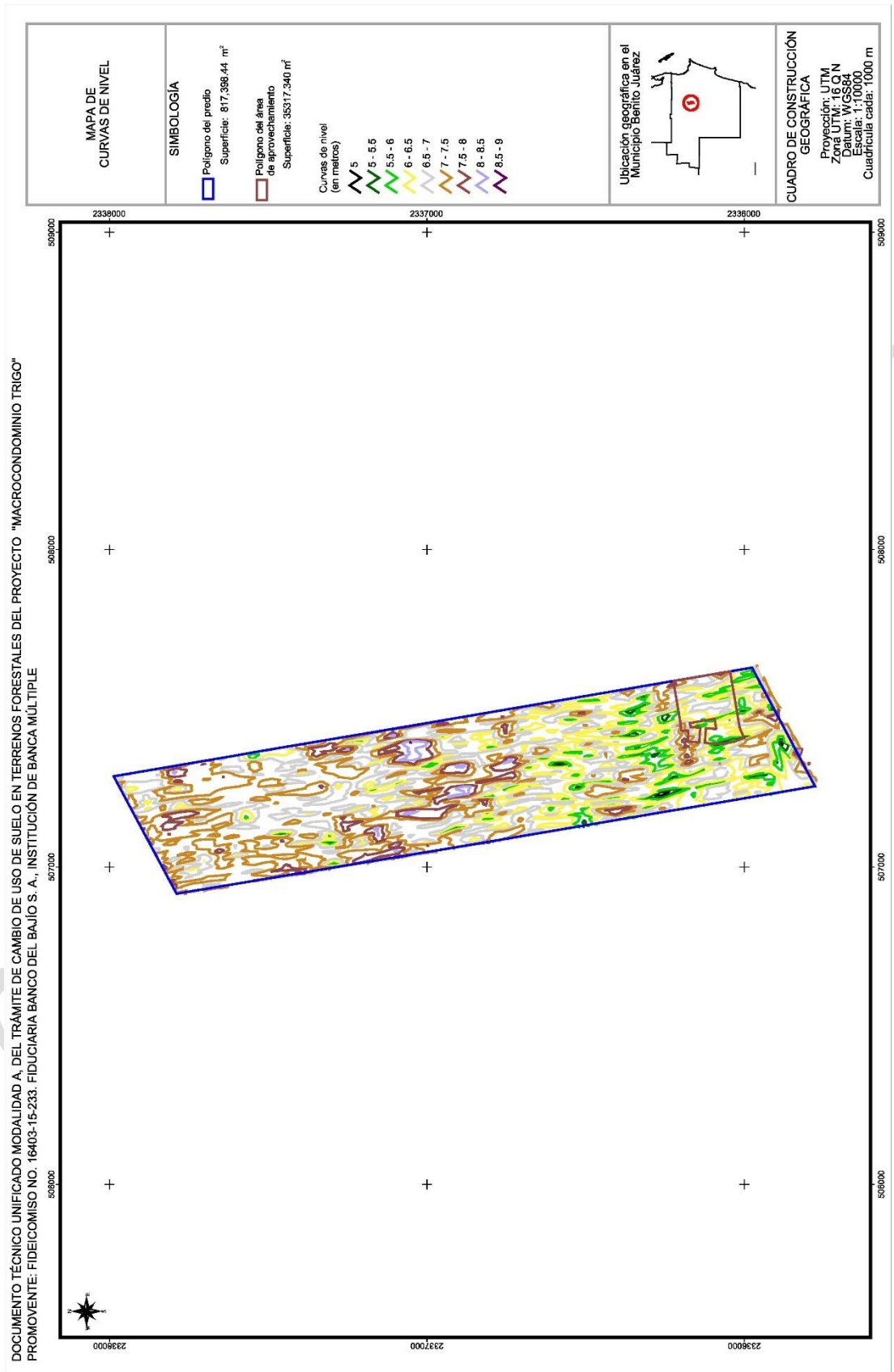
ANÁLISIS DE EQUIDAD			
ÍNDICE	GRUPOS FAUNÍSTICOS		
	REPTILES	AVES	MAMÍFEROS
$H'$ ( $\log_{10}$ )	0.65	1.07	0.60
$H_{\max}$ ( $\log_{10}$ )	0.70	1.15	0.70
<b>Pielou (<math>J'</math>)</b>	0.94	0.93	0.86

Como puede observarse en la tabla anterior, podemos determinar que en la superficie de aprovechamiento existe una distribución muy homogénea de especies, en todos los grupos faunísticos estudiados, lo cual indica que la mayor parte de las especies presentan una abundancia similar, es decir, las especies que son predominantes y presentan una mayor abundancia con respecto a otras, son escasas, pues los valores obtenidos de equidad aplicando el índice de Pielou, son cercanos a 1, el valor máximo que se puede obtener. También se determina que el grupo de los reptiles el que más se aproxima al valor de  $H'_{\max}$  con un índice de Pielou alcanzado de 0.94.

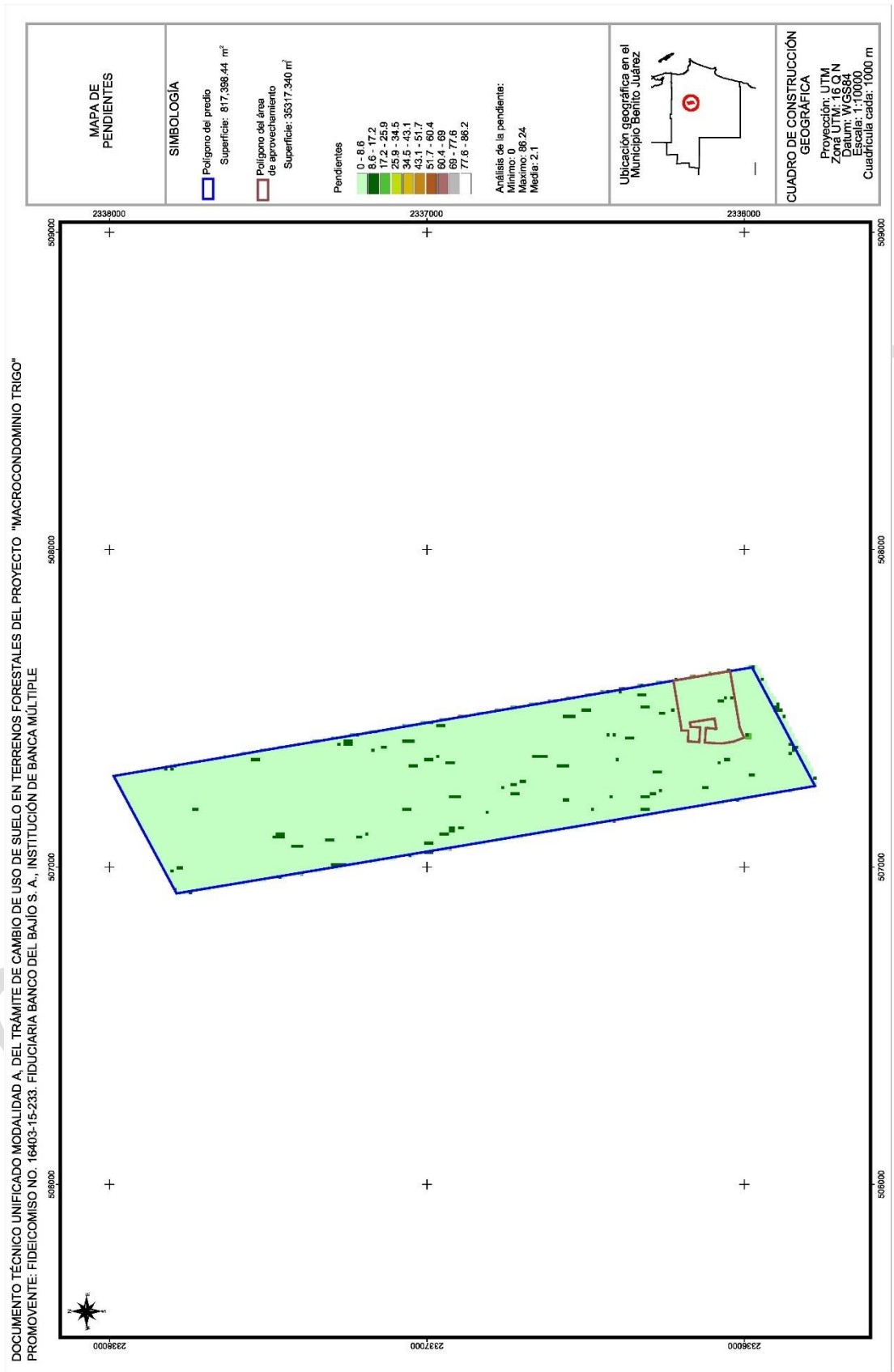
### 5.3. PENDIENTE MEDIA Y RELIEVE

Se realizó un análisis de pendientes, tomando como base un plano de curvas de nivel realizado para el predio del proyecto, mismo que fue procesado con el software QuantumGIS, y cuyos resultados se muestran en los planos de las páginas siguientes.

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir de dicho análisis, tenemos que la pendiente media de la superficie de CUSTF (promedio), es de 2.1%, lo que permite asumir que se trata de una superficie con relieve plano; condición que se justifica plenamente considerando que de acuerdo con la Carta de Hidrología superficial (escala 1:250,000) del INEGI, el predio del proyecto se ubica en una zona que presenta un coeficiente de escurrimiento de 0 a 5% que indica un relieve plano; así mismo, de acuerdo con la carta de Fisiografía del INEGI, el predio se ubica dentro de una topografía denominada como llanura, donde el relieve se considera plano.







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

### 6.1. ACTIVIDADES PRELIMINARES

Para llevar a cabo la estimación del volumen por especie de las materias primas forestales derivadas del cambio de uso de suelo, una de las primeras actividades consistió en identificar los límites de los polígonos de aprovechamiento mediante el GPS; una vez corroborados dichos datos, se procedió a identificar el tipo de vegetación, así como las condiciones en las que ésta se encontraba (ver capítulo 5).

### 6.2. DISEÑO DEL MUESTREO

Con la finalidad de obtener las características dasonómicas de las materias primas forestales existentes en la superficie de CUSTF, se llevó a cabo un muestreo sistemático, a través de 12 cuadrantes de 20 x 20 m (400 m<sup>2</sup> por cada sitio) y 10 subcuadrantes de 10 x 10 m (100 m<sup>2</sup> por cada sitio).

Se optó por seleccionar el método de muestreo sistemático, considerando que toda la superficie de aprovechamiento propuesta presenta un solo tipo de vegetación, Selva mediana subperennifolia, es decir, no existen ni se diferencian estratos en el ecosistema.

Para el inventario de las materias primas forestales derivadas del cambio de uso de suelo, sólo se contemplaron aquellos ejemplares con diámetro a la altura del pecho (DAP), es decir, a 1.30 metros de altura sobre el nivel natural del suelo.

Sólo se consideraron los valores obtenidos para el arbolado adulto (estrato arbóreo) y el arbolado joven (estrato arbustivo), tomando en cuenta que los individuos que los componen presentan área basal, un parámetro útil para el cálculo del volumen.

En la siguiente tabla se especifican las características de los cuadrantes utilizados en el muestreo.

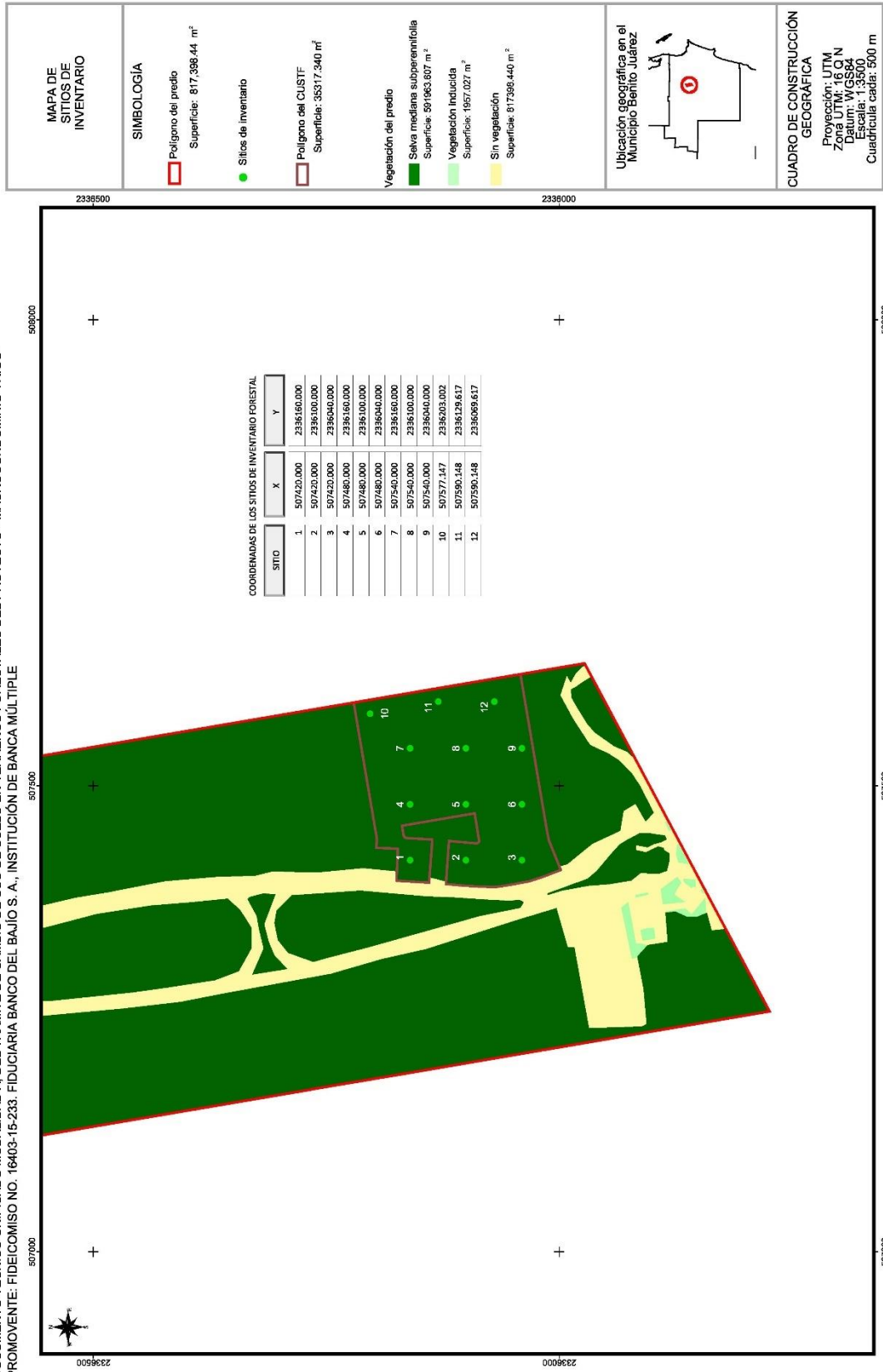
<b>SITIOS DE MUESTREO (CUADRANTES)</b>		
<b>SUPERFICIE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>ESPECIFICACIONES DEL INVENTARIO</b>
400 m <sup>2</sup> (20 x 20 m)	1 principal	Registro de individuos con DAP igual o mayor a 10 cm.
100 m <sup>2</sup> (10 x 10 m)	1 secundario	Registro de individuos con DAP menores a 10 cm e igual o mayor a 5 cm.

De acuerdo con la metodología descrita con antelación, para el inventario completo se muestrearon 12 sitios o parcelas de muestreo para cada estrato de la vegetación, es decir, 12 cuadrantes principales para el estrato arbóreo y 12 cuadrantes secundarios o subcuadrantes para el estrato arbustivo. En la siguiente tabla se presentan las coordenadas centrales de los sitios de muestreo utilizados para el inventario forestal (UTM, WGS 84, 16Q Norte, México).

<b>SITIOS</b>	<b>COORDENADAS</b>	
	<b>X</b>	<b>Y</b>
1	507420.000	2336160.000
2	507420.000	2336100.000
3	507420.000	2336040.000
4	507480.000	2336160.000
5	507480.000	2336100.000
6	507480.000	2336040.000
7	507540.000	2336160.000
8	507540.000	2336100.000
9	507540.000	2336040.000
10	507577.147	2336203.002
11	507590.148	2336129.617
12	507590.148	2336069.617

En el plano de la página siguiente se muestra la distribución de los sitios de muestreo utilizados durante el inventario forestal.

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD A. DEL TRÁMITE DE CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO "MACROCONDominio TRIGO"  
 PROMOVIENTE: FIDECOMISO NO. 16403-15-233. FIDUCIARIA BANCO DEL BAJÍO S. A., INSTITUCIÓN DE BANCA MÚLTIPLE



### 6.3. INTENSIDAD DEL MUESTREO

Para determinar el tamaño de la muestra de nuestra población (entiéndase la superficie de CUSTF), un aspecto importante es la definición de la intensidad de muestreo, que es la relación porcentual de la superficie de la muestra con respecto a la superficie total, calculada por <sup>(13)</sup>:

$$f = (n / N) 100$$

Donde:

**f** = Intensidad de muestreo en porcentaje

**n** = Número de unidades de la muestra

**N** = Número de unidades de toda la población

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

**f** = Intensidad de muestreo en porcentaje

**n** = 12 (de 400 m<sup>2</sup>)

**N** = 88 (de 400 m<sup>2</sup> para muestrear los 35317.34 m<sup>2</sup> de CUSTF)

$$f = (12 / 88) 100$$

$$f = (0.136) 100$$

$$f = 13.64\%$$

Como se puede observar en el resultado obtenido mediante la aplicación de la fórmula, la intensidad de muestreo utilizada para el inventario forestal fue del 13.64% con respecto a la superficie de CUSTF solicitada, lo que se considera significativo.

<sup>13</sup> <http://www.virtual.chapingo.mx/dona/sis.prod.forestal/Evaluaci%F3n.pdf>



#### 6.4. REPRESENTATIVIDAD DEL MUESTREO Y NIVEL DE CONFIANZA

Para determinar la representatividad del muestreo y el nivel de confianza a un 95%, se utilizó una curva de acumulación de especies. Estas curvas muestran el número de especies acumuladas conforme se va aumentando el esfuerzo de recolecta en un sitio, de tal manera que la riqueza aumentará hasta que llegue un momento en el cual por más que se recolecte, el número de especies alcanzará un máximo y se estabilizará en una asíntota. Pero incluso en estas curvas podrían obtenerse asíntotas antes de que muchas especies hubieran sido registradas, sobre todo por efecto de la estacionalidad, la diversidad beta (el grado de reemplazo de especies a través de gradientes ambientales) y la abundancia relativa de las especies.

Para elaborar la curva de acumulación de especies, se utilizaron modelos no paramétricos, llamados también libres de distribución (distribution-free) porque los datos no asumen un tipo de distribución particular ni una serie de supuestos a priori que los ajusten a un modelo determinado. El cálculo de los modelos no paramétricos es más sencillo y rápido, son más fáciles de entender y explicar, y son relativamente efectivos.

Los modelos no paramétricos que se utilizan con mejores resultados para la elaboración de la curva, son el **Chao1** y el **Chao2**, dos variantes del estimador desarrollado por Anne Chao (el Chao), y que fueron propuestas por Colwell y Coddington:

- Chao1 para el estimador basado en abundancias.
- Chao2 para el estimador basado en incidencia.

**Chao1: estimador basado en la abundancia.** Esto quiere decir que los datos que requiere se refieren a la abundancia de individuos que pertenecen a una determinada clase en una muestra. Una muestra es cualquier lista de especies en un sitio, localidad, cuadrante, país, unidad de tiempo, trampa, etcétera. Como sabemos, hay muchas

especies que sólo están representadas por pocos individuos en una muestra (especies raras), comparadas con las especies comunes, que pueden estar representadas por numerosos individuos. El estimador de Chao1 se basa en la presencia de las primeras. Es decir, requerimos saber cuántas especies están representadas por sólo un individuo en la muestra (singletons), y cuántas especies están representadas por exactamente dos individuos (doubletons):

$$\text{Sest} = \text{Sobs} + F^2/2G$$

Donde:

Sest= número de clases (en este caso, número de especies) que deseamos conocer

Sobs= número de especies observado en una muestra

F= número de singletons

G= número de doubletons.

**Chao2: estimador basado en la incidencia.** Esto quiere decir que necesita datos de presencia-ausencia de una especie en una muestra dada, es decir, sólo si está la especie y cuántas veces está esa especie en el conjunto de muestras:

$$\text{Sest} = \text{Sobs} + (L^2/2M)$$

Donde:

L= número de especies que ocurren sólo en una muestra (especies "únicas").

M= número de especies que ocurren en exactamente dos muestras (especies "dobles" o "duplicadas"). Por ejemplo, si tenemos un conjunto de cuadrículas, necesitamos saber cuántas especies están en una cuadrícula y cuántas especies están en dos.

Para nuestro estudio de caso se utilizó el estimador Chao 1 con un nivel de confianza del 95%, utilizando el programa de cómputo "**Estimates9**", el cual ya ha sido programado para implementar los algoritmos de Chao1 y Chao2. Actualmente Estimates9 cuenta con otros estimadores de riqueza, algunos basados en la cobertura, calcula índices de diversidad, curvas de rarefacción, e incluso puede graficar curvas de

acumulación de especies, entre otras bondades. EstimateS es gratuito a través de internet y ha permitido que el empleo de los estimadores no paramétricos se generalice a nivel mundial.

En Estimates se ha integrado además una fórmula corregida para el modelo Chao 1, la cual se aplica cuando el número de doubletons es cero:

$$S_{est} = S_{obs} + ((F_2/2G + 1) - (FG/2(G+1)^2))$$

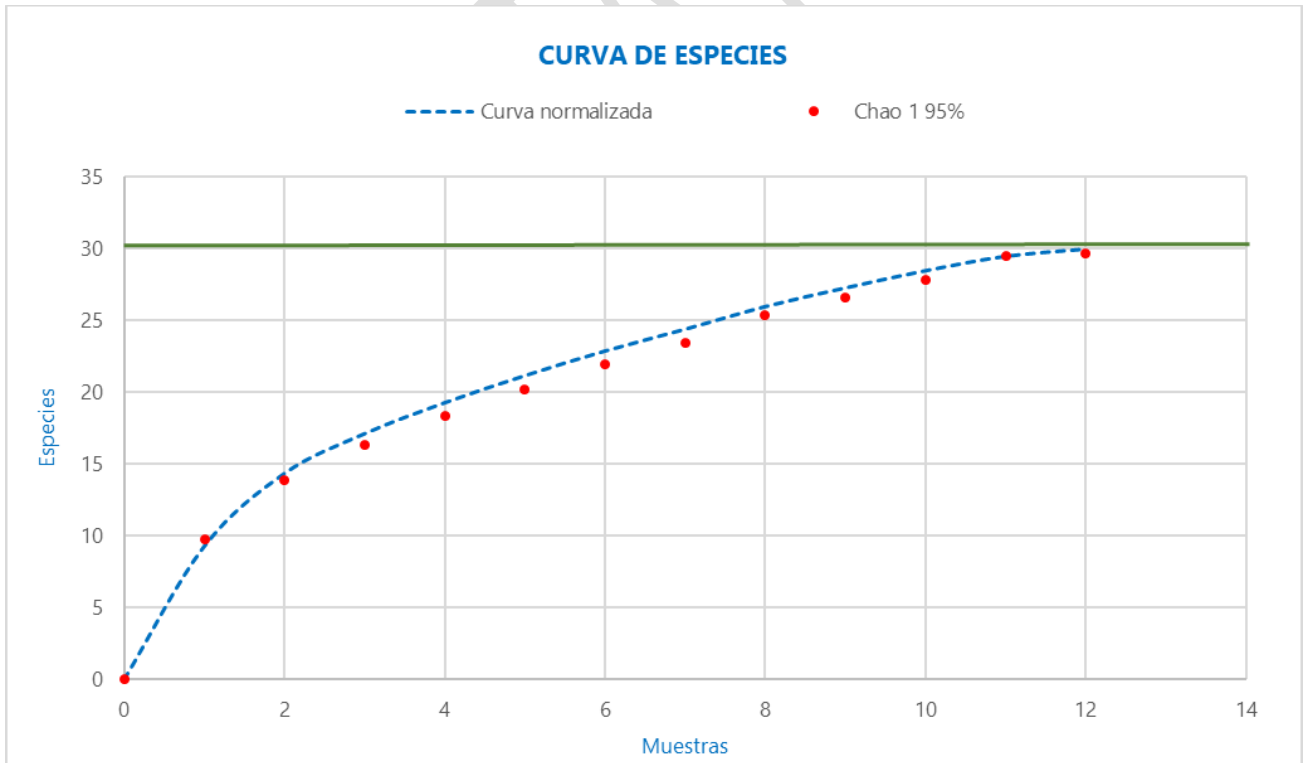
Para usar el estimador en Estimates, se necesitan los datos en forma de matriz, donde los renglones y las columnas pueden representar indistintamente las muestras y las especies; y se requiere establecer el orden una vez iniciado el programa.

Una vez descrita la metodología utilizada para el análisis de las muestras del inventario forestal en el polígono de aprovechamiento, en la siguiente tabla se presenta la matriz de datos utilizada en el software Estimates9 (columnas: sitios de muestreo; y renglones: número de individuos por especie y por sitio).

Arbóreo											
27	12										
0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	5	5	7	7	6	1	1	5	1	3	1
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0	1	1	1	3	1	0
0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0
2	0	1	7	1	4	0	0	2	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	2	1	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	2	0	1	0	1	1	0	1	0	1
14	7	0	1	3	0	8	1	5	0	10	33

Arbóreo											
27	12										
1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
11	8	23	20	31	30	11	22	22	20	24	6
0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0
1	0	2	5	0	1	2	0	0	1	0	4
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	2	1	0	2	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	5	2	2	0	0	1	2	5	4	6	1

Partiendo de la matriz que antecede, se realizaron 100 aleatorizaciones el software Estimates9, sin reemplazo, empleando el número total de muestras, con los cuales se pudo obtener el valor final del estimador y se graficaron los resultados, como se muestra en la siguiente figura.



Como se puede observar en el gráfico que antecede, la curva de acumulación de especies indica que los 12 sitios de muestreo de 400 m<sup>2</sup> cada uno, son suficientes para obtener una muestra representativa dentro del predio testigo, toda vez que la curva alcanza a estabilizarse de manera notoria para el estimador utilizado (**Chao 1 con intervalo de confianza al 95%**).

## 6.5. REGISTRO DE VARIABLES

### 6.5.1. Diámetro Normal (DN) o Diámetro a la altura del pecho (DAP)

Como se mencionó anteriormente, la comunidad inventariada incluyó a todos los ejemplares con **Diámetro Normal** (DN) o **Diámetro a la altura del pecho** (DAP). La "altura del pecho" es una convención de larga tradición y uso en la práctica forestal.

Aunque lo que generalmente nos interesa saber, no es el diámetro, sino el área de la sección transversal para poder estimar el volumen, o el área basal, es el diámetro o, en su defecto, la circunferencia, el parámetro que será más fácil de medir.

La convención universal es medir el diámetro, con corteza a menos que se especifique lo contrario, a una altura fija desde el nivel del suelo. Esta altura estándar es la altura del pecho. Para fines de este estudio, se consideró la altura del pecho a 1.30 m de altura desde el suelo, y se midió tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Si al árbol no presentó aletas o deformaciones en la base, el DAP se midió a 1.30 m del suelo, como se muestra en la figura a).
- Si al árbol presentó aletas, el DAP se midió a 30 cm por encima de la parte terminal de las mismas, como se muestra en la figura b).
- Si al árbol presentó deformaciones a 1.30 m del suelo, el DAP se tomó en la parte terminal de la deformación, como se muestra en la figura c).



- Si al árbol estaba bifurcado arriba de 1.30 m del suelo, entonces el DAP se tomó de forma normal como se muestra en la figura a); pero si la bifurcación se presentaba antes de 1.30 m del suelo, entonces se midió el DAP a 1.30 m, pero cada rama se consideró como un individuo por separado, como se muestra en la figura d).

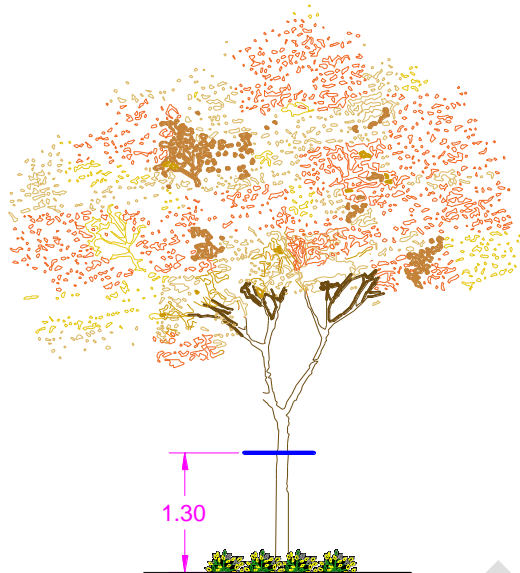


Figura a)

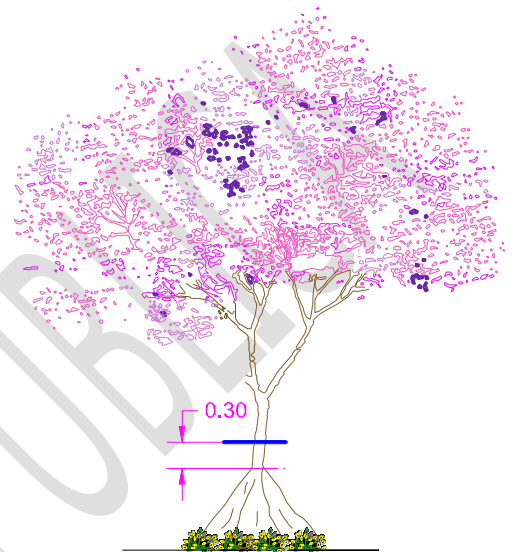


Figura b)

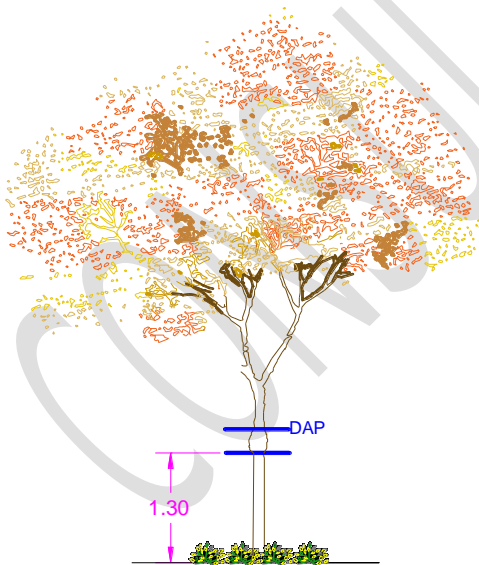


Figura c)

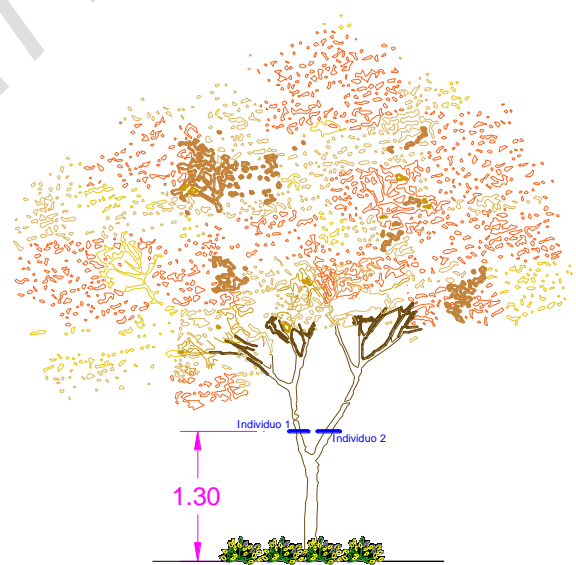


Figura d)

- Si al árbol se encontraba en una pendiente, el DAP se tomó a 1.30 m a partir de la parte más alta de la pendiente, como se muestra en la figura e).

- Si al árbol estaba inclinado, el DAP se tomó a 1.30 m por el lado superior, en forma perpendicular al eje del fuste del árbol, como se muestra en la figura f).

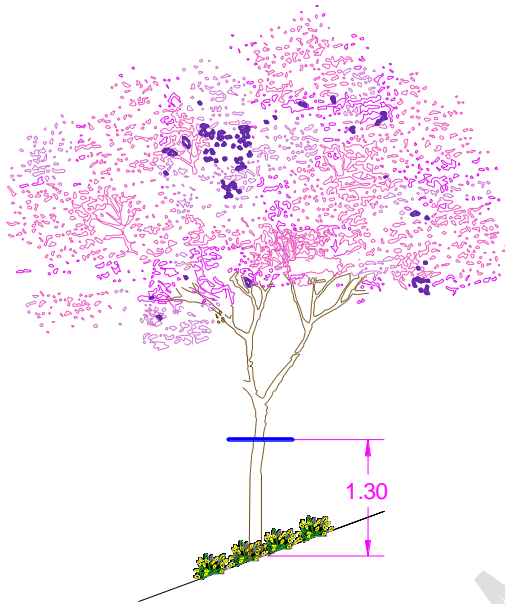


Figura e)

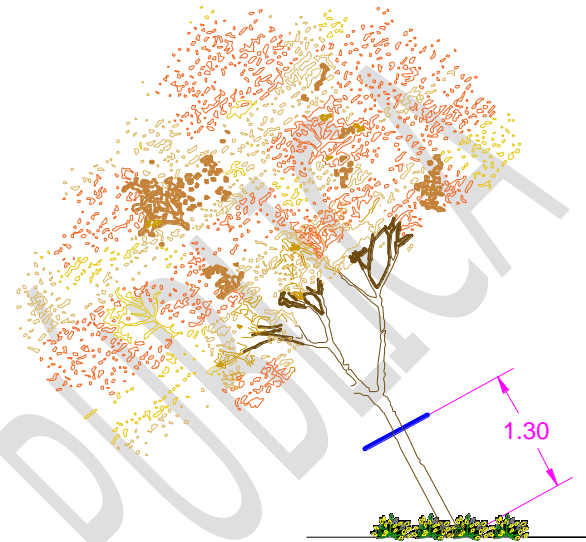


Figura f)

En las siguientes imágenes se muestran las actividades realizadas durante la toma de datos del DAP.







### 6.5.2. Sitio de muestreo









### 6.5.3. Número de individuo (registro)





#### 6.5.4. Altura total y comercial



#### 6.6. EQUIPO UTILIZADO

Para la realización de la toma de datos se utilizó el siguiente equipo y materiales:

▶ *Cinta diamétrica*



▶ *Cámara fotográfica digital*

▶ *Libreta de campo*





Cinta métrica



Crayones industriales



Machete



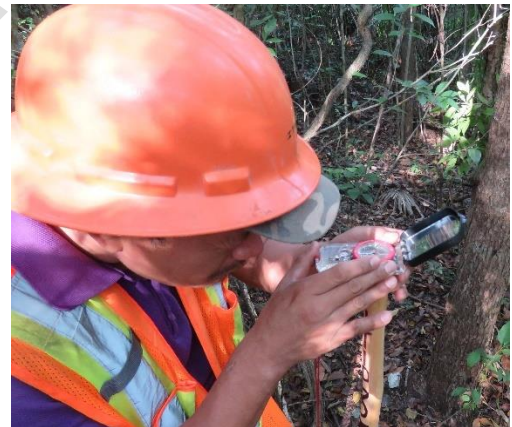
Pintura en aerosol



Geoposicionador satelital



Brújula



## 6.7. VOLUMEN ESTIMADO DE LAS MATERIAS PRIMAS FORESTALES

El volumen es la medida de la cantidad de madera sólida más ampliamente utilizada. En el árbol individual pueden identificarse diferentes categorías de volumen. El árbol completo, esto es considerando todos los componentes, constituye el volumen total; todos aquellos componentes cuyas dimensiones son aceptables para el mercado

constituyen el volumen comercial; el volumen de desechos está conformado por secciones maderables del árbol que presentan defectos y dimensiones menores o no comerciales; también existe la denominación de volumen bruto, cuando se estima el volumen total hasta un diámetro comercial (dlu: diámetro límite de utilización) incluyendo defectos; y si a este último le descontados los defectos, se obtiene el volumen neto. Esos volúmenes pueden expresarse con o sin corteza.

Para la estimación del volumen de las materias primas forestales que derivarán del cambio de uso de suelo, se tomaron en consideración los siguientes criterios:

- 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 por cada una de las especies nativas existentes en el predio.
- Los datos dasométricos, 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 cilindro. El factor que refleja esta diferencia es el coeficiente mórfico mismo que oscila entre 0.5 y 0.7.
- Se debe considerar las puntas, ramas, tocones, brazuelos y leña, que representan un volumen considerable del árbol y que tienen diversos usos, destacando la producción de carbón vegetal o artesanías.

Visto lo anterior, se optó por estimar el Volumen Total Árbol (VTA) de las materias primas forestales, ya que este incluye la corteza del árbol, fuste, puntas y ramas. La estimación se realizó utilizando la siguiente ecuación:

$$\mathbf{V.T.A. = g * ht * ff * fc}$$

Donde:

**V. T. A.**= Volumen total árbol

**g**= área basal

**ht**= altura total

**ff**= factor de forma (0.6)

**fe**= factor de conversión (1.4)

Como se mencionó anteriormente, el factor de forma o coeficiente mórfico (ff), 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 **0.6**, como una media estandarizada, de acuerdo con la siguiente tabla<sup>14</sup>:

**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>		$0,50 \geq ff \geq 0,35$

En lo que concierne al factor de conversión, que es de **1.4**, este se tomó de un Estudio sobre Cuencas de Abasto Forestal de la Cuenca Chan Santa Cruz, llevado a cabo en el Ejido Laguna Kana del Municipio de Felipe Carrillo Puerto, elaborado por ECOTROPICO, A.C (2017)<sup>15</sup>.

Visto lo anterior, a continuación, se presentan las existencias de volumen total árbol, definido como el volumen que suman todos los árboles con diámetro a la altura del

<sup>14</sup> <http://inirida-guainia.gov.co/apc-aa-files/30616138616630333033656364306431/presentacion-cubicacion-de-maderas.pdf>

<sup>15</sup> [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/254057/Estudio\\_de\\_cuenca\\_de\\_abasto\\_-\\_Chan\\_Santa\\_Cruz\\_Quintana\\_Roo.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/254057/Estudio_de_cuenca_de_abasto_-_Chan_Santa_Cruz_Quintana_Roo.pdf)



pecho a 1.30 mts de altura, desde la base hasta la altura total reportada. La información se presenta por estrato, por hectárea y por superficie de cambio de uso de suelo.

VOLUMEN TOTAL ÁRBOL - ESTRATO ARBÓREO						
ESPECIES	POR HECTÁREA (10,000 m <sup>2</sup> )			SUP. DE CUSTF (35317.34 m <sup>2</sup> )		
	# DE IND	g (m <sup>2</sup> )	V.T.A (m <sup>3</sup> )	# DE IND	g (m <sup>2</sup> )	V.T.A (m <sup>3</sup> )
<i>Acacia dolichostachya</i>	17	0.36	3.68	59	1.27	13.00
<i>Bursera simaruba</i>	90	1.02	9.72	316	3.59	34.32
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	2	0.02	0.16	7	0.06	0.58
<i>Ceiba pentandra</i>	2	0.10	1.02	7	0.34	3.61
<i>Coccoloba barbadensis</i>	17	0.17	1.58	59	0.58	5.59
<i>Coccoloba diversifolia</i>	6	0.07	0.69	22	0.24	2.43
<i>Dendropanax arboreus</i>	35	0.43	4.17	125	1.51	14.71
<i>Diospyros cuneata</i>	2	0.02	0.15	7	0.06	0.53
<i>Diphysa carthagenensis</i>	6	0.08	0.77	22	0.29	2.74
<i>Eugenia trikii</i>	2	0.02	0.15	7	0.06	0.54
<i>Ficus cotinifolia</i>	4	0.05	0.51	15	0.18	1.81
<i>Ficus padifolia</i>	10	0.10	0.91	37	0.35	3.23
<i>Gliricidia sepium</i>	4	0.06	0.55	15	0.21	1.95
<i>Gymnopodium floribundum</i>	2	0.02	0.20	7	0.09	0.72
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	15	0.15	1.41	52	0.51	4.97
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	171	5.87	59.72	603	20.73	210.93
<i>Manilkara zapota</i>	6	0.40	4.02	22	1.42	14.20
<i>Metopium brownei</i>	475	7.27	71.87	1678	25.66	253.81
<i>Nectandra coriacea</i>	6	0.05	0.45	22	0.17	1.58
<i>Piscidia piscipula</i>	33	0.53	5.12	118	1.87	18.09
<i>Pouteria campechiana</i>	2	0.04	0.39	7	0.14	1.36
<i>Sideroxylon salicifolium</i>	17	0.22	2.27	59	0.78	8.03
<i>Simarouba amara</i>	2	0.02	0.17	7	0.06	0.59
<i>Swartzia cubensis</i>	10	0.22	2.26	37	0.77	7.99
<i>Thevetia gaumeri</i>	2	0.02	0.15	7	0.06	0.53
<i>Thouinia paucidentata</i>	2	0.02	0.18	7	0.07	0.65
<i>Vitex gaumeri</i>	58	1.12	11.10	206	3.95	39.21
<b>TOTALES</b>	<b>1000</b>	<b>18.42</b>	<b>183.40</b>	<b>3532</b>	<b>65.04</b>	<b>647.71</b>

VOLUMEN TOTAL ÁRBOL - ESTRATO ARBUSTIVO						
ESPECIES	POR HECTÁREA (10,000 m <sup>2</sup> )			SUP. DE CUSTF (35317.34 m <sup>2</sup> )		
	# DE IND	g (m <sup>2</sup> )	V.T.A (m <sup>3</sup> )	# DE IND	g (m <sup>2</sup> )	V.T.A (m <sup>3</sup> )
<i>Acacia cornigera</i>	33	0.09	0.62	118	0.33	2.18
<i>Ardisia escallonioides</i>	17	0.03	0.23	59	0.12	0.82
<i>Bursera simaruba</i>	250	1.12	7.38	883	3.97	26.05
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	8	0.05	0.29	29	0.17	1.03
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	8	0.02	0.08	29	0.06	0.29
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	17	0.05	0.27	59	0.17	0.95
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	25	0.09	0.58	88	0.32	2.04
<i>Coccoloba barbadensis</i>	83	0.31	2.04	294	1.08	7.22
<i>Coccoloba diversifolia</i>	50	0.20	1.28	177	0.72	4.52
<i>Coccoloba spicata</i>	8	0.02	0.11	29	0.06	0.38
<i>Cupania dentata</i>	58	0.16	0.97	206	0.56	3.43
<i>Dendropanax arboreus</i>	225	0.91	6.01	795	3.20	21.22
<i>Diospyros cuneata</i>	33	0.08	0.41	118	0.29	1.46
<i>Dipholis salicifolia</i>	17	0.05	0.32	59	0.17	1.13
<i>Diphysa carthagenensis</i>	8	0.02	0.09	29	0.08	0.32
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	17	0.05	0.36	59	0.18	1.28
<i>Eugenia trikii</i>	8	0.03	0.00	29	0.11	0.00
<i>Ficus padifolia</i>	67	0.25	1.48	235	0.88	5.22
<i>Gliricidia sepium</i>	8	0.02	0.10	29	0.07	0.35
<i>Guettarda combsii</i>	17	0.05	0.33	59	0.16	1.17
<i>Gymnanthes lucida</i>	33	0.19	1.09	118	0.66	3.85
<i>Gymnopodium floribundum</i>	17	0.05	0.26	59	0.18	0.93
<i>Hampea trilobata</i>	83	0.28	1.62	294	0.99	5.72
<i>Laethia thamnina</i>	8	0.02	0.11	29	0.06	0.39
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	117	0.45	2.92	412	1.59	10.31
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	17	0.06	0.31	59	0.20	1.08
<i>Matayba oppositifolia</i>	33	0.11	0.67	118	0.39	2.35
<i>Metopium brownei</i>	358	1.78	12.27	1266	6.29	43.32
<i>Myrcianthes fragrans</i>	100	0.29	1.76	353	1.03	6.23
<i>Nectandra coriacea</i>	75	0.20	1.15	265	0.70	4.06

VOLUMEN TOTAL ÁRBOL - ESTRATO ARBUSTIVO						
ESPECIES	POR HECTÁREA (10,000 m <sup>2</sup> )			SUP. DE CUSTF (35317.34 m <sup>2</sup> )		
	# DE IND	g (m <sup>2</sup> )	V.T.A (m <sup>3</sup> )	# DE IND	g (m <sup>2</sup> )	V.T.A (m <sup>3</sup> )
<i>Piscidia piscipula</i>	58	0.23	1.45	206	0.80	5.11
<i>Swartzia cubensis</i>	17	0.09	0.68	59	0.33	2.42
<i>Thevetia gaumeri</i>	100	0.29	1.80	353	1.03	6.37
<i>Thouinia paucidentata</i>	8	0.03	0.19	29	0.12	0.69
<i>Vitex gaumeri</i>	83	0.45	2.97	294	1.59	10.50
<i>Zuelania guidonia</i>	8	0.04	0.28	29	0.15	0.99
<b>TOTALES</b>	<b>2075</b>	<b>8.16</b>	<b>52.49</b>	<b>7328</b>	<b>28.84</b>	<b>185.38</b>

En conclusión y de acuerdo con los resultados obtenidos durante el análisis de los datos tomados del inventario forestal; se estima un total de 10,860 individuos considerados como materias primas forestales (3532 a nivel del estrato arbóreo y 7328 en el arbustivo), con un área basal total de 93.88 m<sup>2</sup> (65.04 m<sup>2</sup> para el estrato arbóreo y 28.84 m<sup>2</sup> para el estrato arbustivo) y un volumen total árbol de 833.09 m<sup>3</sup> (647.31 m<sup>3</sup> para el estrato arbóreo y 185.38 m<sup>3</sup> para el estrato arbustivo), que pueden obtenerse en la superficie solicitada para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales; siendo las especies más importantes en cuanto a densidad, área basal y volumen (por hectárea), las siguientes:

- **Considerando el número de individuos por hectárea, son:**

ESTRATO ARBÓREO		ESTRATO ARBUSTIVO	
Especies	Ind/ha	Especies	Ind/ha
<i>Metopium brownei</i>	475	<i>Metopium brownei</i>	358
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	171	<i>Bursera simaruba</i>	250
<i>Bursera simaruba</i>	90	<i>Dendropanax arboreus</i>	225

- Considerando el área basal por hectárea, son:

ESTRATO ARBÓREO		ESTRATO ARBUSTIVO	
Especies	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	Especies	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)
<i>Metopium brownei</i>	7.27	<i>Metopium brownei</i>	1.78
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	5.87	<i>Bursera simaruba</i>	1.12
<i>Vitex gaumeri</i>	1.12	<i>Dendropanax arboreus</i>	0.91

- Considerando el volumen total árbol por hectárea, son:

ESTRATO ARBÓREO		ESTRATO ARBUSTIVO	
Especies	V.T.A. (m <sup>3</sup> /ha)	Especies	V.T.A. (m <sup>3</sup> /ha)
<i>Metopium brownei</i>	71.87	<i>Metopium brownei</i>	12.27
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	59.72	<i>Bursera simaruba</i>	7.38
<i>Vitex gaumeri</i>	11.10	<i>Dendropanax arboreus</i>	6.01



## PLAZO Y FORMA DE EJECUCIÓN DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO

### 7.1. PLAZO PARA LA EJECUCIÓN DEL CUSTF

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 aprovechamiento, 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 24 meses (2 años), tiempo estimado para el proceso de cambio de uso de suelo del terreno forestal.

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

*"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."*

Teniendo en cuenta lo anterior, para llevar a cabo el cambio de uso de suelo en terrenos forestales solicitado en una superficie de 35317.34 m<sup>2</sup> (3.531 hectáreas), se estima un plazo de 2 años (24 meses) 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 la siguiente tabla.

ACTIVIDADES	CRONOGRAMA (BIMESTRES)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Aviso de inicio de las actividades													
Trazo y delimitación de la superficie de CUSTF													
Rescate de vegetación													

ACTIVIDADES	CRONOGRAMA (BIMESTRES)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rescate de fauna silvestre												
Instalación y operación del vivero rústico temporal												
Remoción de la vegetación												
Despalme y rescate de la tierra vegetal												
Aprovechamiento o trituración del material vegetal												
Reforestación												
Informes de avances y Finiquito												

## 7.2. FORMA DE EJECUCIÓN DEL CUSTF

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 y posterior despalme e informe de finiquito, entre otras. A continuación, se describen las actividades más importantes que se llevarán a cabo.

### 7.2.1. Aviso de inicio de actividades

La ejecución del cambio de uso de suelo comienza con el aviso de inicio de actividades por parte del promovente a las autoridades correspondientes; particularmente se dará aviso a las autoridades ambientales (SEMARNAT y PROFEPA) del inicio de las actividades del área sujeta al cambio de uso de suelo contemplado para el desarrollo del proyecto.

### 7.2.2. 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 donde se realizará la remoción de vegetación forestal, este procedimiento comprende una serie de medidas efectuadas en campo utilizando instrumentos de medición y equipo para georreferenciar, como teodolitos, estaciones

totales 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, como se ejemplifica en las siguientes imágenes.



### 7.2.3. 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 proceso; y que se ejemplifica en las siguientes imágenes.





*Actividades de rescate de flora silvestre*

#### **7.2.4. 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 proceso.



*Actividades de rescate de fauna silvestre*





*Actividades de rescate de fauna silvestre*

### **7.2.5. Vivero rústico provisional**

Para acopiar y resguardar las plantas provenientes de las áreas donde se realizará la remoción de vegetación forestal, 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 que se pretendan reforestar. 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.



En las imágenes siguientes se muestran actividades de mantenimiento de plantas rescatadas en vivero, de acuerdo con experiencias previas en campo.



*Trabajos en viveros provisionales*

### 7.2.6. 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

desmante, se identificarán los árboles que serán respetados y que no interfieran con el proyecto, tomando las previsiones necesarias para no dañarlos.



*Marcaje de árboles*

El desmante 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 en algunas zonas. Esta actividad implica el siguiente proceso:

- a) 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.
- b) Separación del fuste y el follaje. Se ejecuta por medio de motosierras.
- c) Acopio de los fustes con el uso de maquinaria, retroexcavadoras.
- d) 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.





*Actividades de desmonte*

### 7.2.7. Despalle

El despalle del terreno consiste en retirar la capa superficial (tierra vegetal) que por sus características mecánicas no es adecuada para el desplante de las obras. El espesor de la capa a despallar por lo general será de 20 cm o el que especifique el proyecto para cada caso. El despalle 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.



*Actividades de despalme*

### **7.2.8. Trituración del material vegetal**

Una vez que se tenga acumulado el material orgánico producto del desmonte y desplante en el sitio final para su disposición, se procederá a realizar el picado y

triturado del mismo, mediante una máquina trituradora o astilladora. Parte del producto ya picado será dispersado por las áreas de conservación del predio para facilitar su descomposición, otra parte del mismo se utilizará para las áreas verdes y ajardinadas del proyecto que servirá como sustrato para la reforestación.

### **7.2.9. 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.

## VEGETACIÓN QUE DEBA RESPETARSE O ESTABLECERSE PARA PROTEGER LAS TIERRAS FRÁGILES

### 8.1. DEFINICIÓN DE TIERRAS FRÁGILES

De acuerdo con el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, **Tierras frágiles** son "*aquéllas 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*" (Artículo 2, Fracción XXXV).

Así mismo, 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*" (en: [www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/.../pdf/cap\\_3\\_suelos.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/.../pdf/cap_3_suelos.pdf)).

Por su parte, en un artículo publicado por la FAO, se menciona que **la degradación de las tierras productivas, aunque frágiles**, ocurre en aquellas que reciben de 100 a 1,000 milímetros anuales de lluvia (en: [www.fao.org/noticias/2002/020205-s.htm](http://www.fao.org/noticias/2002/020205-s.htm)).

Por otra parte, es importante mencionar que la 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

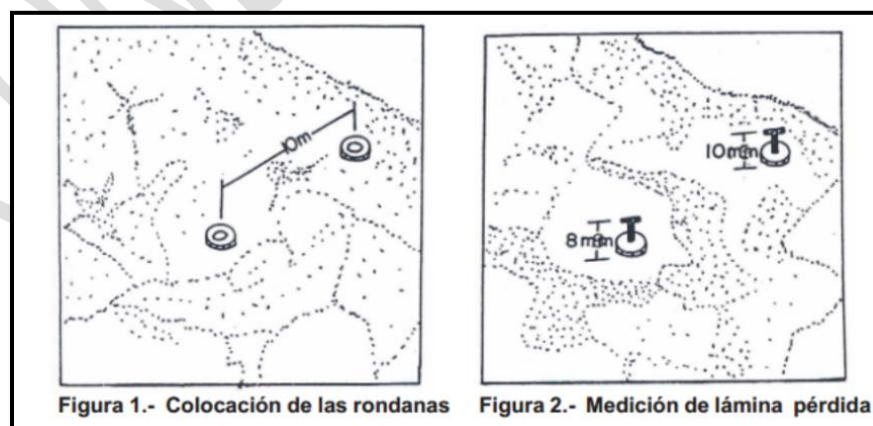
caso de los desiertos fríos) y elevada evapotranspiración potencial. Técnicamente, las zonas áridas se definen como zonas que tienen un índice de aridez (obtenido a partir del cociente entre la precipitación anual media y la evapotranspiración potencial media) comprendido entre 0.5 y 0.65.

No obstante, a continuación, se realiza un análisis del grado de erosión que presenta el predio de estudio sin la implementación del proyecto y con el desarrollo de este, a fin de demostrar que las tierras que se encuentran presentes, no se consideran como frágiles.

## 8.2. ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA ACTUAL DE SUELO A NIVEL DEL PEDIO

### 8.2.1. Descripción del método utilizado

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).





### 8.2.2. 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 3 y 4).



Fig. 3.- Clavos



Fig. 4.- 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.

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 5).

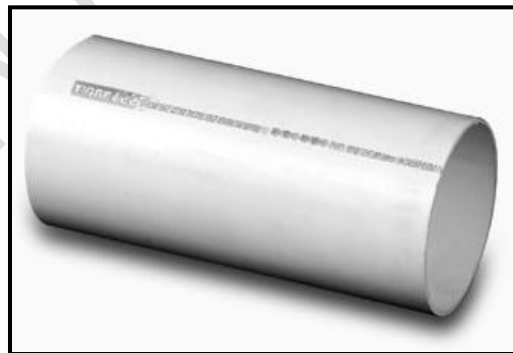


Fig. 5.- Tubo de PVC

### 8.2.3. 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, muestreando una parcela por sitio del inventario, lo que nos dio un total de 12 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, como se observa en las siguientes imágenes.









Los sitios permanecieron expuestos a las condiciones del medio, en un período de 30 días y al día 31, se llevó a cabo la toma de datos en campo.

#### 8.2.4. Registro de datos en campo

Para la toma de datos se utilizó una cinta métrica extensible o flexómetro, graduado en centímetros y milímetros, por medio de la cual se midió el corte del terreno por la pérdida del suelo.

Con la ayuda del tubo de PVC se recogieron muestras del suelo (81 cm<sup>3</sup> 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 enrasó el suelo sobresaliente del cilindro para garantizar un volumen definido de suelo en cada muestra. Las muestras obtenidas del suelo fueron secadas en una estufa con horno 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 cuatro muestras a 1 metro del centro, en cada uno de los puntos cardinales, para finalmente obtener un promedio de densidad aparente por sitio de muestreo.

#### 8.2.5. Pérdida y deposición de suelo

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 30 días en el que permanecieron "in situ".

PARÁMETRO	REGISTRO DE PÉRDIDA Y DEPOSICIÓN DE SUELO												Σ	PROMEDIO
	SITIOS O PUNTOS DE MUESTREO													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Pérdida (mm)	0.1	0	0	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0	-0.12	-0.01
Deposición (mm)	0	0	0.1	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0.1	+0.70	+0.058



### 8.2.6. Densidad aparente

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. La densidad aparente (kg/m<sup>3</sup>) se determinó con base en la siguiente fórmula:

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

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 DENSIDAD APARENTE			
SITIO/MUESTRA	PESO SECO (gr)	TARA DEL CILINDRO (gr)	VOL. DE SUELO (cm <sup>3</sup> )
1	535	10	405
2	543	10	405
3	431	10	405
4	633	10	405
5	439	10	405
6	451	10	405
7	555	10	405
8	546	10	405
9	441	10	405
10	601	10	405

REGISTRO DE DENSIDAD APARENTE			
SITIO/MUESTRA	PESO SECO (gr)	TARA DEL CILINDRO (gr)	VOL. DE SUELO (cm <sup>3</sup> )
11	595	10	405
12	402	10	405
<b>Acumulación (Σ)</b>	<b>6172 gr</b>	<b>120 gr</b>	<b>4860 cm<sup>3</sup></b>
<b>Acumulación (Σ)</b>	<b>6.172 kg</b>	<b>0.12 kg</b>	<b>0.00486 m<sup>3</sup></b>
<b>DENSIDAD APARENTE = (6.172 kg - 0.12 kg) / 0.00486 m<sup>3</sup></b>			
<b>DENSIDAD APARENTE = 1,245.27 kg/m<sup>3</sup></b>			

Los resultados obtenidos expresados en kilogramos por metro cúbico, fueron transformados a toneladas por metro cúbico (Ton/m<sup>3</sup>), lo que nos arroja un resultado de 1.24 Ton/m<sup>3</sup> para la unidad edáfica.

### 8.2.7. 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):

$$E = Y * Da * 10$$

Donde:

**E**= 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:

$$E = Y * Da * 10$$

$$E = 0.01 * 1.24 * 10$$

$$E = 0.124 \text{ Ton/ha/año}$$

## b) Tasa media de deposición

Para la cuantificación de la tasa de deposición de suelo 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:

$$\begin{aligned} S &= Y * Da * 10 \\ S &= 0.058 * 1.24 * 10 \\ S &= 0.72 \text{ Ton/ha/año} \end{aligned}$$

## 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:

**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:

$$\begin{aligned} En &= 0.124 \text{ Ton/ha/año} - 0.72 \text{ Ton/ha/año} \\ En &= -0.596 \text{ Ton/ha/año} \end{aligned}$$

Un resultado negativo en la aplicación de la fórmula, indica que no existe erosión, ya que el valor de deposición es mayor; entonces, de acuerdo con el resultado anterior, tenemos el predio del proyecto presenta una erosión neta de -0.596 Ton/ha/año; lo

que significa que anualmente se repone (el resultado fue negativo) una lámina de suelo de 0.059 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 sin el proyecto, 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 el suelo existente no presenta evidencias de degradación o pérdida de su capacidad productiva natural, al contrario, existe una deposición anual de 0.059 mm de suelo.

### 8.3. 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:

**E<sub>p</sub>** = Erosión potencial del suelo (t/ha/año).

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

**K** = Erosionabilidad del suelo.

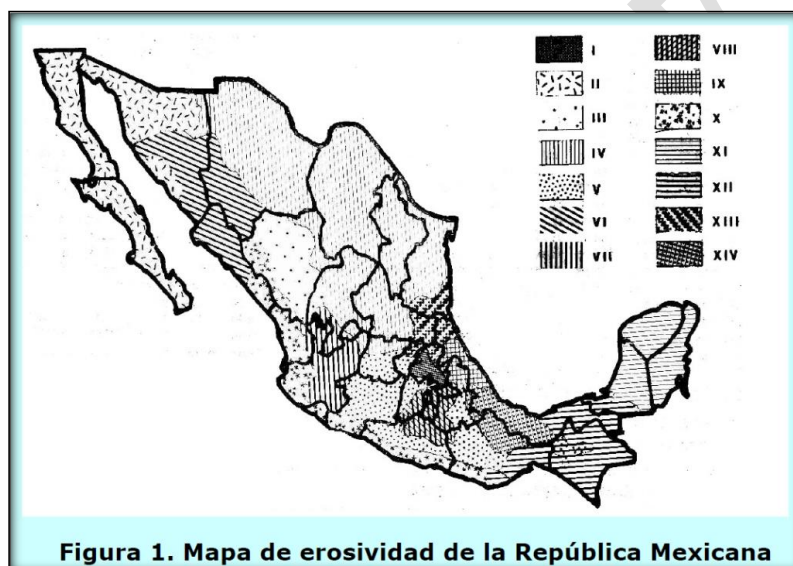
**LS** = Longitud y Grado de pendiente.

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



### 8.3.1. Erosividad de la Lluvia (R)

Se puede estimar utilizando la precipitación media anual de la región bajo estudio, seleccionándola 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 1,000 mm, sustituyendo estos valores en la ecuación obtenemos los siguientes resultados:

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

$$R = (3.7745) (1,000) + (0.004540) (1,000)^2$$

$$R = 3774.5 + (0.004540) (1'000,000)$$

$$R = 3774.5 + 4540$$

$$R = \mathbf{8,314.50 \text{ Mj/ha mm/hr}}$$

### 8.3.2. Erosionabilidad del suelo (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		

De acuerdo con el Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)<sup>16</sup>, se advierte que en el predio del proyecto el suelo es del tipo Rendzina como suelo primario, más litosol como suelo secundario, con clase textural media y fase física lítica.

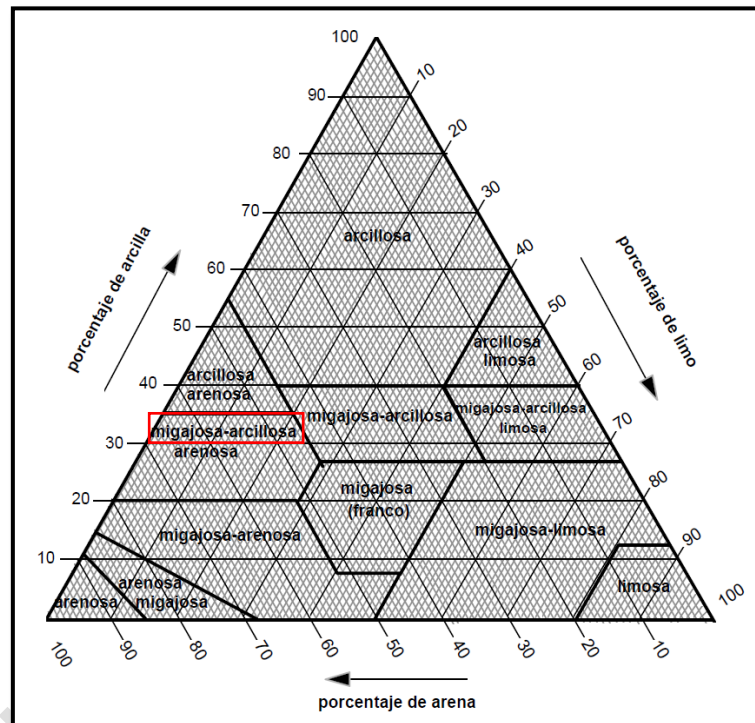
De acuerdo con el INEGI (Diccionario de datos edafológicos alfanumérico, 2001), las clases texturales del suelo indican cuál de las partículas de suelo (arena, limo o arcilla) domina en los 30 cm superficiales del suelo, a saber:

- Textura gruesa. Menos del 18% de arcilla y más del 65% de arena.
- Textura media. Menos del 35% de arcilla y menos del 65% de arena.
- Textura fina. Más del 35% de arcilla.

Tomando en cuenta que el tipo de suelo presente en la superficie de cambio de uso de suelo presenta una clase textural media, es decir, menos del 35% de arcilla y menos

<sup>16</sup> Conjunto de datos vectoriales de Edafología (2001), escala 1:1000000. Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

del 65% de arena, entonces tenemos que se trata de suelo con textura migajosa arcillosa, de acuerdo con el "Diagrama de texturas según el Departamento de Agricultura de los EUA", utilizado en el Laboratorio de Análisis de Materiales del INEGI con adecuación de términos (Diccionario de datos edafológicos alfanumérico, 2001), el cual se muestra en la siguiente imagen.



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 de la página 149.



### 8.3.3. Longitud y Grado de pendiente (LS)

De acuerdo con los resultados presentados en el apartado 5.3 del capítulo 5 del presente estudio, tenemos que la pendiente media de la superficie de CUSTF es de 2.1%, con una longitud analizada de 2040 m que corresponde al largo de la superficie del predio.

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= 2040 m
- Pendiente media del terreno= 2.1
- Valor constante de "m" = 0.5

LS se calcula como:

$$LS = (2040)^{0.5} [0.0138 + (0.00965) (2.1) + (0.00138) (2.1)^2]$$

$$LS = (45.16) [0.0138 + 0.0202 + (0.00138) (4.41)]$$

$$LS = (45.16) (0.034 + 0.00608)$$

$$LS = (45.16) (0.04008)$$

$$LS = 1.81$$

### 8.3.4. Erosión potencial

Finalmente calculamos la **erosión potencial** como:

$$\begin{aligned} E_p &= R * K * LS \\ E_p &= (8,314.5) (0.021) (1.81) \\ E_p &= 316.03 \text{ ton/ha/año} \end{aligned}$$

La erosión potencial calculada nos indica que se perderían 316.03 ton/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 31.60 mm (3.16 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 17.5 cm (175 mm) en promedio <sup>(17)</sup>, podemos afirmar que el suelo se perdería por procesos erosivos en su totalidad, en un plazo de 5.5 años, si consideramos que se estima una pérdida de 3.16 cm anuales (17.5 / 3.16), lo cual se considera un plazo bastante extenso y que nos indica que la superficie de CUSTF no posee tierras frágiles.

Aunado a lo anterior, es importante considerar que la regeneración natural de un ecosistema de Selva a nivel del sotobosque, en clima tropical, generalmente ocurre en un plazo estimado de 1 año, según experiencias previas en campo; lo cual resulta relevante toda vez que se trata de la primera capa cobertora a favor de la protección de los suelos; entonces 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; y en consecuencia, en ese año se perderían 3.16 cm de tierra de acuerdo con los cálculos realizados, por lo que no se

---

<sup>17</sup> Rendzinas (suelo predominante en el predio) con espesor por debajo de los 25 cm; litosoles (suelo secundario en el predio) con espesor menor a 10 cm. INEGI, capítulo 5 del presente estudio.

alcanzaría el plazo de los 15 años que se requieren para que se erosione por completo el suelo existente en la superficie de CUSTF.

Considerando todo lo antes mencionado y aun cuando el cambio de uso del suelo propuesto, pueda implicar la pérdida de 3.16 cm de suelo anualmente al eliminarse la cobertura vegetal, se puede concluir que en el predio no existen tierras frágiles que requieran ser conservadas, pues como se mencionó con antelación, se requiere un plazo de 5.5 años para que exista una pérdida total del recurso.

## IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE 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.

### 9.1. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

La evaluación de los impactos ambientales se ha dividido en tres etapas: etapa de identificación de los impactos (evaluación cualitativa); 2) etapa de valorización de los impactos (evaluación cuantitativa); y 3) etapa de jerarquización de los impactos (asignación de rangos). Estas tres etapas se describen a continuación.

#### 9.1.1. Etapa 1: evaluación cualitativa de los impactos ambientales

Para esta etapa de la evaluación, 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.

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.

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 los siguientes criterios:

- **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.

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, por etapa del proyecto.

ELEMENTO DEL AMBIENTE QUE SERÁ IMPACTADO	INDICADORES DE IMPACTO
<b>Aire</b>	Número de fuentes móviles
	Tiempo de operación de las fuentes móviles
	Cantidad de partículas suspendidas
<b>Suelo</b>	Volumen del recurso removido
	Superficie de aprovechamiento
	Superficie de despalme
	Volumen de residuos sólidos y líquidos generados
<b>Hidrología</b>	Volumen de aguas residuales generadas
<b>Paisaje</b>	Superficie modificada

ELEMENTO DEL AMBIENTE QUE SERÁ IMPACTADO	INDICADORES DE IMPACTO
<b>Flora</b>	Superficie de desmonte
	Superficie de áreas verdes ajardinadas
	Superficie sin intervención
<b>Fauna</b>	Superficie de aprovechamiento
	Superficie sin intervención
	Superficie de áreas verdes ajardinadas
	Tiempo de vida útil del proyecto
<b>Medio socioeconómico</b>	Número de empleos generados
	Maquinaria y equipo requeridos
	Tiempo de duración del proyecto

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 establecen 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.

ETAPA DE CAMBIO DE USO DE SUELO		ACTIVIDADES											
<b>MATRIZ DE CRIBADO</b> <b>MATRIZ DE CAUSA-EFECTO</b>  En las columnas se colocaron todas aquellas actividades involucradas en el cambio de uso del suelo 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/presencia de personas	Trazo y delimitación de la zona de aprovechamiento	Compra o renta de maquinaria y equipo	Rescate de vegetación y/o fauna	Desmonte	Despalme	Triturado y reincorporación del material vegetal	Reforestación con plantas nativas	Circulación de maquinaria
ELEMENTO DEL MEDIO	FACTOR DEL MEDIO												
Abiótico	Aire												
	Suelo												
	Hidrología												
Biótico	Flora												
	Fauna												
Perceptual	Paisaje												
Socioeconómico	Sector social												
	Sector económico												

De acuerdo con la matriz que antecede, se identificaron 28 posibles interacciones entre las actividades implicadas en el cambio de uso de suelo propuesto, y los elementos que integran el medio físico y biótico; siendo la flora, la fauna y el suelo, los elementos que recibirán el mayor número de impactos de acuerdo con dichas interacciones.

### 9.1.2. Etapa 2: evaluación cuantitativa de los impactos ambientales

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, como una segunda etapa de la evaluación.



A cada criterio seleccionado para esta valorización, se le asignó un valor numérico y consecuentemente se realizó la sumatoria de los valores asignados aplicando el algoritmo propuesto por Domingo Gómez Orea (1988), modificado, el cual se indica como sigue:

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

Donde:

**VIM** = Valor de importancia del impacto

**(+/-)** = positivo o negativo

**In** = Intensidad

**Ex** = Extensión

**Ce** = Causa-efecto

**Mo** = Momento

**Pe** = Persistencia

**Pr** = Periodicidad

**Rv** = Reversibilidad

**Rc** = Recuperabilidad

En la siguiente tabla se indican y describen los criterios utilizados en el algoritmo.

<b>CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS</b>		
<b>NO.</b>	<b>CRITERIO</b>	<b>ATRIBUTOS</b>
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 utilizaron 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 este criterio, para el presente estudio se considerará lo siguiente:

- Intensidad alta: cuando el impacto ocasione una destrucción total o produzca un beneficio máximo sobre el recurso, con respecto al estado cero que presente antes de la puesta en marcha del proyecto.

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

**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 este 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 actividad de que se trate, pero dentro de los límites del sistema ambiental.
- **Extenso:** cuando el efecto del impacto se produzca más allá de los límites del sistema ambiental.

**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 este criterio se considerará lo siguiente:

- **Corto plazo:** si el impacto ocurre en forma inmediata o un mes después de que se produzca el factor que lo genera.
- **Mediano plazo:** cuando el efecto del impacto se manifieste en un período 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 este criterio, se considerará como se indica a continuación:

- Fugaz: si el impacto deja de manifestarse al cesar el factor lo que se genera.
- Temporal: si el impacto se manifiesta sólo durante la etapa en la que se genera, e incluso en la etapa subsecuente, pero no durante toda la vida útil del proyecto.
- 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 el próximo capítulo.

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; sin embargo, para el presente estudio estas medidas no fueron consideradas, ya que no afectan ni deterioran a los elementos del medio.

Visto lo anterior y 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 al proyecto (ver tabla siguiente).

<b>CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS</b>		
<b>CRITERIO</b>	<b>RANGO</b>	<b>VALOR</b>
Carácter	Positivo	+
	Negativo	-
Intensidad (In)	Baja	1
	Media	2
	Alta	3

CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS		
CRITERIO	RANGO	VALOR
Extensión (Ex)	Puntual	1
	Parcial	2
	Extenso	3
Causa-efecto (Ce)	Indirecto	1
	Directo	2
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

Una vez definidos los criterios de evaluación, así como sus rangos y valores, a continuación, se presentan los cálculos realizados para la valoración de los impactos ambientales identificados (nivel cuantitativo), utilizando el algoritmo modificado de Gómez Orea, antes descrito.

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

**Descripción del impacto:** El origen de éste impacto, de acuerdo con la matriz de causa-efecto, será el desmonte, ya que dicha actividad implica la remoción de vegetación natural en las zonas de aprovechamiento propuestas para el proyecto, lo que ocasiona el desplazamiento de la fauna, la reducción de la fertilidad del suelo, reducción en la captación de agua, alteración del microclima y del medio perceptual, sin embargo, a nivel local, la mayor parte de estos impactos pueden ser reversibles o

compensables, pues su expresión en sentido temporal, se presenta de manera estacional (Galicia, 2014).

### Evaluación del impacto:

<b>RECURSOS IMPACTADOS: FLORA, FAUNA, PAISAJE, SUELO.</b>			
<b>CRITERIO</b>	<b>RANGO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>VALOR</b>
Carácter	Negativo	Ocasiona la pérdida del recurso.	-
Intensidad	Media	Actualmente se cuenta con la autorización para el aprovechamiento de una superficie de 347,207.71 m <sup>2</sup> para la primera etapa; y para las etapas 2 y 3 se solicitaron 95,716.12 m <sup>2</sup> , que sumados a los de la etapa 4 que es de 114931.986 m <sup>2</sup> , y el macrocondominio Trigo de la etapa 6 que es de 35317.34 m <sup>2</sup> , nos da un gran total de 593,173.156 m <sup>2</sup> que representan una superficie de aprovechamiento total del 72.57% del predio. Adicionalmente se proponen medidas para mitigar y compensar los efectos del desmonte en el área solicitada.	2
Extensión	Puntual	Incide únicamente en 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	Largo plazo	El desmonte se llevará a cabo en un plazo de 2 años con calendarización señalada en el presente estudio, es decir, la magnitud total del impacto se alcanzará hasta los 2 años de iniciado el proyecto.	3
Persistencia	Permanente	La pérdida de la vegetación será permanente durante toda la vida útil del proyecto.	3
Periodicidad	Periódico	Se considera irregular, ya que el desmonte se realizará de manera paulatina y por etapas durante el plazo establecido en el calendario de actividades, es decir, la magnitud total del impacto se alcanzará hasta los 2 años de iniciado el proyecto.	2
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. Así mismo, se mantendrá sin intervención el 50% del predio, de tal modo que conservará su cobertura vegetal nativa y se favorecerá la captación de agua pluvial.	2
<b>VALOR DE IMPORTANCIA</b>		<b>VIM = +/- (3(2) + 2(1) + 2 + 3 + 3 + 2 + 2 + 2)</b>	<b>VIM = -22</b>



### Impacto ambiental identificado (2): Pérdida del hábitat

**Descripción del impacto:** El origen de este 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; tornando vulnerables las superficies que actualmente fungen como hábitat para la flora y la fauna asociada.

### Evaluación del impacto:

RECURSOS IMPACTADOS: FLORA Y FAUNA			
CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Carácter	Negativo	Ocasiona la pérdida del recurso.	-
Intensidad	Media	Al finalizar la etapa 1 previamente autorizada, junto con las etapas 2, 3 y 4, y el proyecto que se solicita, se perderá el hábitat en el 72.57% del predio.	2
Extensión	Puntual	Se limita sólo a la superficie de aprovechamiento.	1
Causa-efecto	Directo	El cambio de uso del 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	Largo 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; por lo tanto, la magnitud del impacto se presentará hasta alcanzado los 2 años.	3
Persistencia	Permanente	La pérdida del hábitat será permanente durante toda la vida útil del proyecto.	3
Periodicidad	Periódico	Se considera periódico, ya que el desmonte y por ende la pérdida del hábitat, se realizará por etapas de acuerdo a la calendarización indicada en el capítulo 7 del presente estudio.	2
Reversibilidad	Irreversible	El hábitat para la flora y la fauna no podrá recuperarse por medios naturales en caso de cesar la actividad, ya que para ello se requiere aplicar medidas de restauración.	2
Recuperabilidad	Mitigable	Se prevé la implementación de actividades de ahuyentamiento de fauna, así como la puesta en marcha de programas que incluyen actividades rescate y reubicación de especies florísticas y faunísticas. Con lo anterior, la fauna se restablecerá en hábitats adecuados los cuales darán cabida a las especies rescatadas, reduciendo de tal forma el impacto sobre las poblaciones silvestres. Así mismo, se mantendrá sin	2

RECURSOS IMPACTADOS: FLORA Y FAUNA			
CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
		intervención el 27.43% del predio, de tal modo que conservará el hábitat de la flora y la fauna.	
<b>VALOR DE IMPORTANCIA</b>		<b>VIM = +/- (3(2) + 2(1) + 2 + 3 + 3 + 2 + 2 + 2)</b>	<b>VIM = -22</b>

### Impacto ambiental identificado (3): Remoción del suelo

**Descripción del impacto:** Éste impacto será producido durante las actividades de despalme, ya que ello implica la remoción del suelo dentro de la zona de aprovechamiento.

### Evaluación del impacto:

RECURSOS IMPACTADOS: SUELO			
CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Carácter	Negativo	Ocasiona la pérdida del recurso.	-
Intensidad	Media	Al finalizar la etapa 1 previamente autorizada, junto con las etapas 2, 3 y 4, y el proyecto que se solicita, se perderá el hábitat en el 72.57% del predio.	2
Extensión	Puntual	Se limita sólo a la superficie sujeta a su aprovechamiento	1
Causa-efecto	Directo	El proyecto implica el despalme, y por lo tanto se relaciona en forma directa con la pérdida del suelo.	2
Momento	Largo plazo	El despalme se llevará a cabo de acuerdo con el cronograma de trabajo y será en ese período cuando el suelo se pierda en su totalidad (2 años).	3
Persistencia	Permanente	La pérdida del suelo será permanente durante toda la vida útil del proyecto.	3
Periodicidad	Periódico	Se considera periódico, ya que el despalme y por ende la pérdida del suelo, se realizará por etapas de acuerdo a lo indicado en el cronograma de trabajo (2 años).	2
Reversibilidad	Irreversible	El suelo no podrá recuperarse por medios naturales en caso de cesar la actividad, ya que para ello se requiere aplicar medidas de restauración.	2
Recuperabilidad	Mitigable	El suelo removido será resguardado al interior del predio y utilizado para las labores de rescate y reubicación de la flora; y en su caso, para su reincorporación a través del ajardinado del proyecto futuro.	2
<b>VALOR DE IMPORTANCIA</b>		<b>VIM = +/- (3(2) + 2(1) + 2 + 3 + 3 + 2 + 2 + 2)</b>	<b>VIM = -22</b>

### Impacto ambiental identificado (4): Emisiones a la atmósfera

**Descripción del impacto:** Como resultado de las actividades de desmonte y despalme, se prevé principalmente la generación de CO<sub>2</sub> y otros gases derivados de hidrocarburos producto de la circulación vehicular, y la utilización de herramientas menores; no obstante, estas emisiones serán controladas mediante mantenimiento preventivo de vehículos y maquinaria al inicio del aprovechamiento.

### Evaluación del impacto:

RECURSOS IMPACTADOS: AIRE			
CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Carácter	Negativo	Altera la calidad del componente ambiental (aire).	-
Intensidad	Baja	Las partículas y gases impactarán temporalmente la calidad del aire, sin embargo, dicho impacto podrá ser reducido al contar con maquinaria y equipo en perfecto estado de funcionamiento.	1
Extensión	Parcial	El rango de dispersión de los gases emitidos podría variar de acuerdo a la incidencia de algunos factores, como el viento, temperatura, etc.	2
Causa-efecto	Directo	La circulación de la maquinaria y el empleo de herramienta menor como resultado de las actividades de desmonte, despalme y triturado del material vegetal, serán los principales causantes de la emisión de partículas y gases hacia la atmósfera.	2
Momento	Corto plazo	El impacto se presentará desde la etapa de preparación del sitio, principalmente durante las actividades de desmonte y despalme. Una vez concluidas dichas etapas la generación de gases y partículas a la atmósfera será reducida.	1
Persistencia	Fugaz	Las emisiones producidas por la maquinaria y equipo serán dispersadas por las corrientes de aire al momento de su generación, por lo tanto, su presencia en el recurso será breve.	1
Periodicidad	Irregular	Se considera irregular, ya que la generación de emisiones a la atmósfera será discontinua, es decir, por lapsos breves en que sean empleados los vehículos, maquinaria y/o equipo.	1
Reversibilidad	Reversible	Al momento de su emisión, factores como la temperatura y el viento, diseminarán los gases y partículas emitidas, facilitando su expulsión hacia la parte superior.	1
Recuperabilidad	Preventivo	La maquinaria y equipos contarán con el mantenimiento preventivo adecuado.	0
<b>VALOR DE IMPORTANCIA</b>		<b>VIM = +/- (3(1) + 2(2) + 2 + 1 + 1 + 1 + 1 + 0)</b>	<b>VIM = -13</b>

### Impacto ambiental identificado (5): Suspensión de partículas de polvo

**Descripción del impacto:** Éste impacto se originará como resultado de las actividades de desmonte, despalme y triturado del material vegetal, debido a que la acción del viento, la operación de la maquinaria y equipos, pueden llegar a ocasionar la suspensión de partículas en el aire.

### Evaluación del impacto:

RECURSOS FORESTALES IMPACTADOS: AIRE			
CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Carácter	Negativo	Altera la calidad del componente ambiental (aire).	-
Intensidad	Baja	Las partículas suspendidas afectarán la calidad del recurso de manera temporal pero no ocasionarán su destrucción en ningún sentido.	1
Extensión	Parcial	La dispersión de partículas por acción eólica podrá ocurrir más allá del sitio donde se realiza la actividad o factor que lo genera.	2
Causa-efecto	Directo	El desmonte, despalme y triturado del material vegetal, son las actividades responsables de la suspensión de partículas.	2
Momento	Corto plazo	El impacto puede manifestarse desde el inicio del desmonte y despalme, por lo que se considera que su impacto será inmediato.	1
Persistencia	Fugaz	Las partículas que podrían llegar a ser suspendidas por el viento permanecerán en el aire por períodos cortos de tiempo, dado que su peso producirá que se precipiten y se reincorporen nuevamente al suelo.	1
Periodicidad	Irregular	Se considera irregular, ya que la suspensión de las partículas ocurrirá en forma impredecible pero no continua.	1
Reversibilidad	Reversible	Las partículas se podrán precipitar debido a su peso, o por algún factor externo como la lluvia.	1
Recuperabilidad	Preventivo	Se aplicarán medidas preventivas para evitar la dispersión de partículas durante los trabajos de preparación del sitio del proyecto.	0
<b>VALOR DE IMPORTANCIA</b>		<b>VIM = +/- (3(1) + 2(2) + 2 + 1 + 1 + 1 + 1 + 0)</b>	<b>VIM = -13</b>



### Impacto ambiental identificado (6): Afectación al microclima

**Descripción del impacto:** El desmonte, trae consigo la modificación del microclima, esto ocurre debido a que, durante dicha actividad, se retira la capa primaria de suelo y la cubierta vegetal, lo que provoca que la humedad y la temperatura del sitio sufran desequilibrios.

### Evaluación del impacto:

RECURSOS IMPACTADOS: HIDROLOGÍA, SUELO.			
CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Carácter	Negativo	Altera la calidad del componente ambiental (aire).	-
Intensidad	Media	Las actividades de desmonte ocasionarán algunos cambios en la temperatura y humedad del sitio propuesto para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.	2
Extensión	Puntual	Dichas alteraciones ocurrirán únicamente en el sitio de aprovechamiento propuesto.	1
Causa-efecto	Directo	El desmonte y despalme serán los principales agentes de cambio en la afectación del microclima.	2
Momento	Corto plazo	El impacto puede ser percibido desde que comiencen las actividades de desmonte, por lo que sus efectos serán inmediatos.	1
Persistencia	Permanente	Los efectos en el microclima de dicha superficie serán permanentes, pues una vez retirada la cubierta vegetal del sitio, las condiciones microclimáticas no volverán a ser las mismas.	3
Periodicidad	Continuo	Los efectos serán continuos, toda vez que las condiciones microclimáticas del sitio, serán modificadas una vez que se lleve a cabo el desmonte y despalme del sitio de aprovechamiento.	3
Reversibilidad	Irreversible	Las condiciones ambientales del sitio serán modificadas totalmente una vez que se realice el desmonte y el despalme, por lo que la superficie de aprovechamiento tendría que volver a su estado original para que el microclima pueda restaurarse.	2
Recuperabilidad	Mitigable	Se llevarán a cabo medidas de mitigación para reducir al máximo el impacto generado.	2
<b>VALOR DE IMPORTANCIA</b>		<b>VIM = +/- (3(2) + 2(1) + 2 + 1 + 3 + 3 + 2 + 2)</b>	<b>VIM = -21</b>

### Impacto ambiental identificado (7): Reducción del escurrimiento superficial

**Descripción del impacto:** El presente impacto, producirá una reducción en el escurrimiento superficial, debido a la transformación del sitio de aprovechamiento. Esto ocurrirá principalmente por las actividades de cambio de uso de suelo, las cuales modificarán la superficie del terreno aprovechable, principalmente en las áreas de desplante, lo que ocasionará que se reduzca la captación y el escurrimiento de agua pluvial en el sitio.

### Evaluación del impacto:

RECURSOS IMPACTADOS: HIDROLOGÍA, SUELO.			
CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Carácter	Negativo	Altera la calidad del componente ambiental (agua).	-
Intensidad	Baja	Las actividades de desmonte y el cambio de uso de suelo provocarán la reducción de la superficie de captación de agua pluvial en el sitio de aprovechamiento.	2
Extensión	Puntual	El impacto únicamente se manifestará en el sitio donde se llevará a cabo el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.	1
Causa-efecto	Indirecto	La remoción <i>per se</i> , no generará la reducción en la captación de agua pluvial, puesto que, al retirar la capa vegetal, el suelo aún favorece la permeabilidad del recurso.	1
Momento	Corto plazo	El impacto se presentará una vez realizado el cambio de uso de suelo para destinarlo a un uso habitacional, lo cual ocurrirá pasados los dos años que considera el proyecto para realizar el desmonte.	3
Persistencia	Permanente	Los efectos en la captación de agua pluvial y escurrimiento serán permanentes en la zona donde se destine a un uso habitacional.	3
Periodicidad	Continuo	Los efectos serán irregulares ya que la captación estará en función de la precipitación anual y su intensidad.	1
Reversibilidad	Irreversible	La reducción en la captación de agua y su escurrimiento será irreversible, toda vez que, el sitio propuesto será destinado para un uso habitacional, lo cual provocará que la superficie permeable del sitio ocupado con dicha infraestructura disminuya.	2
Recuperabilidad	Mitigable	El impacto podrá ser mitigado destinando el 40% del predio como área permeable, y reubicando la flora rescatada en las áreas verdes.	2
<b>VALOR DE IMPORTANCIA</b>		<b>VIM = +/- (3(2) + 2(1) + 2 + 2 + 3 + 1 + 2 + 2)</b>	<b>VIM = -20</b>

### Impacto ambiental identificado (8): Reducción de la calidad visual del paisaje

**Descripción del impacto:** El impacto será producido por 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:

RECURSOS FORESTALES IMPACTADOS: PAISAJE			
CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Carácter	Negativo	Provoca una alteración en la calidad del recurso.	-
Intensidad	Media	Se estima que la reducción de la calidad visual del paisaje será moderada, en virtud de que el aprovechamiento se limita sólo a la superficie del predio, del cual se ocupará el 72.57%, contemplando la etapa 1 previamente autorizada, las etapas 2, 3 y 4 previamente solicitadas; y la etapa que se solicita.	2
Extensión	Puntual	La reducción de la calidad visual del paisaje no va más allá de la zona de aprovechamiento en virtud de que el predio se encuentra inmerso dentro de la mancha urbana de la ciudad de Cancún.	1
Causa-efecto	Directo	La intervención del predio para su aprovechamiento, se relaciona en forma directa con la reducción de la calidad visual del paisaje <i>in situ</i> .	2
Momento	Largo plazo	Con los trabajos de desmonte y despalme serán eliminados los elementos naturales del predio y por ende, se reduce la calidad visual del paisaje; sin embargo, el desmonte concluirá hasta los 2 años de iniciado el proyecto, por lo que el impacto alcanzará toda su magnitud hasta que se concluya ese plazo.	3
Persistencia	Permanente	La reducción de la calidad visual será permanente durante toda la vida útil del proyecto, ya que éste introduce elementos de alteración en el paisaje.	3
Periodicidad	Continuo	La alteración de la calidad visual del paisaje será constante a lo largo del tiempo, durante toda la vida útil del proyecto.	3
Reversibilidad	Irreversible	Para recuperar la calidad visual del paisaje, necesariamente se requiere de la intervención del hombre para la restauración de los elementos naturales que fueron eliminados.	2
Recuperabilidad	Recuperable	El paisaje podrá recuperarse, toda vez que se encuentra inmerso dentro de un ambiente urbano, en el cual predominan los elementos antrópicos sobre los naturales, por tal motivo, el proyecto se integrará al paisaje existente.	1
<b>VALOR DE IMPORTANCIA</b>		<b>VIM = +/- (3(2) + 2(1) + 2 + 3 + 3 + 3 + 2 + 1)</b>	<b>VIM = -22</b>

### Impacto ambiental identificado (9): Perturbación del hábitat

**Descripción del impacto:** El hábitat, será perturbado por breves períodos de duración, debido a los trabajos relacionados al cambio de uso del suelo y todas las actividades que se vinculan a dichas tareas, lo cual provocará el desplazamiento de las especies de fauna fuera de las áreas de aprovechamiento.

### Evaluación del impacto:

RECURSOS IMPACTADOS: FAUNA			
CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Carácter	Negativo	Ocasiona alteración en la calidad del hábitat.	-
Intensidad	Media	Se estima que la reducción de la calidad visual del paisaje será moderada, en virtud de que el aprovechamiento se limita sólo a la superficie del predio, del cual se ocupará el 72.57%, contemplando la etapa 1 previamente autorizada, las etapas 2, 3 y 4 previamente solicitadas; y la etapa que se solicita.	2
Extensión	Puntual	La perturbación del hábitat se restringe únicamente a la superficie de aprovechamiento. El predio se encuentra inmerso en un área habitacional la cual ha perdido buena parte de sus atributos naturales, entre ellos la calidad y disponibilidad de hábitat.	1
Causa-efecto	Directo	Los trabajos de desmonte y despalme serán los factores causantes de la perturbación del hábitat.	2
Momento	Largo plazo	El desmonte se llevará a cabo de acuerdo con la calendarización citada en el presente estudio, en ese período se producirá la mayor perturbación del hábitat.	3
Persistencia	Temporal	La perturbación ocurrirá sólo durante la jornada de trabajo diaria destinada para las actividades de desmonte, pero finalizará al término de esta, eventualmente.	2
Periodicidad	Periódico	Se considera periódico ya que los trabajos de preparación el sitio, tienen una duración determinada.	2
Reversibilidad	Irreversible	Debido a que el predio estará destinado a actividades no forestales, entonces las condiciones del hábitat dentro de la zona de aprovechamiento, no podrán restablecerse por medios naturales.	2
Recuperabilidad	Mitigable	Se implementarán actividades de ahuyentamiento de fauna, así como programas que incluyen actividades de rescate y reubicación de especies florísticas y faunísticas dentro de zonas naturales o de conservación.	2
<b>VALOR DE IMPORTANCIA</b>		<b>VIM = +/- (3(2) + 2(1) + 2 + 3 + 2 + 2 + 2 + 2)</b>	<b>VIM = -21</b>



**Impacto ambiental identificado (10): Contaminación ambiental por residuos**

**Descripción del impacto:** El manejo inadecuado de los residuos sólidos urbanos (orgánicos e inorgánicos), de manejo especial, así como los peligrosos, sólidos y líquidos que se generarán durante el cambio de uso del suelo, podría traducirse en la contaminación del agua del subsuelo, el suelo, la flora y provocar daños en la fauna.

**Evaluación del impacto:**

<b>RECURSOS FORESTALES IMPACTADOS: AGUA DEL SUBSUELO, SUELO, FLORA Y FAUNA</b>			
<b>CRITERIO</b>	<b>RANGO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>VALOR</b>
Carácter	Negativo	Ocasiona la contaminación de los recursos ya señalados.	-
Intensidad	Baja	En caso de no existir un adecuado manejo integral de los residuos, la contaminación no ocasionará la destrucción total de los recursos impactados, ni mucho menos rebasará el 50% de los mismos.	1
Extensión	Parcial	La contaminación de los recursos puede alcanzar una superficie mayor a la que será intervenida durante la etapa de preparación del sitio, pero siempre dentro de los límites del sistema ambiental.	2
Causa-efecto	Indirecto	Los trabajos relacionados con la preparación del sitio del proyecto no serán los factores causantes de la contaminación de los recursos, más bien se relaciona con un manejo inadecuado de los mismos.	1
Momento	Mediano plazo	Una posible contaminación de los recursos naturales ocurrirá en un tiempo mayor a un mes, por lo que se considera un impacto que ocurrirá a mediano plazo.	2
Persistencia	Temporal	Los elementos potencialmente contaminantes incidirán 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 mediante de campañas de limpieza, asimismo, los recursos naturales afectados podrían ser sujetos de biorremediación, a efecto de suprimir sus efectos nocivos 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 (11): Contaminación por ruido

**Descripción del impacto:** Durante las actividades de cambio de uso de suelo, se generará ruido como resultado de la utilización de maquinaria pesada, herramienta y equipo menor, lo cual provocará la perturbación del hábitat, en las zonas que no estén siendo intervenidas.

### Evaluación del impacto:

RECURSOS IMPACTADOS: FAUNA Y SOCIAL			
CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Carácter	Negativo	El ruido ocasiona alteraciones importantes en el medio, debido al estrés que provoca. Pudiendo afectar a la fauna silvestre del sitio, e incluso a los propios trabajadores de la obra.	-
Intensidad	Baja	La jornada de trabajo del proyecto se estima en 8 horas en un día; en seis días a la semana, reflejando un período de 192 horas al mes en el que se producirá ruido, lo cual se considera de bajo impacto, pues esas 192 horas equivalen a 8 días al mes (192/24), además que se laborará en horario diurno.	1
Extensión	Parcial	La contaminación por ruido puede alcanzar una superficie mayor a la que será aprovechada, pero sin rebasar los límites del sistema ambiental, debido a las barreras que constituye el entorno urbano predominante.	2
Causa-efecto	Directo	La operación de equipo y maquinaria durante el desmonte y movimiento de tierras será el principal causante de la contaminación auditiva y perturbación del hábitat.	2
Momento	Corto plazo	Este tipo de contaminación ocurrirá en forma inmediata cuando den inicio los trabajos de preparación del sitio.	1
Persistencia	Fugaz	Como se mencionó anteriormente, la jornada de trabajo al día será de 8 horas, es decir, que el medio permanecerá sin los efectos del impacto durante 16 horas.	1
Periodicidad	Irregular	La generación de ruido será impredecible a lo largo del tiempo, puede fluctuar en la intensidad y su duración.	1
Reversibilidad	Reversible	Al cese de la jornada, el impacto dejará de manifestarse.	1
Recuperabilidad	Mitigable	Se aplicarán medidas de mitigación específicas para reducir el efecto del impacto.	2
<b>VALOR DE IMPORTANCIA</b>		<b>VIM = +/- (3(1) + 2(2) + 2 + 1 + 1 + 1 + 1 + 2)</b>	<b>VIM = -15</b>

### Impacto ambiental identificado (12): Reducción de los servicios ambientales

**Descripción del impacto:** La ejecución del cambio de uso del suelo implica la eliminación de la cobertura vegetal del predio, así como la remoción del suelo, durante las actividades de desmonte y despálme, lo que tiene como consecuencia la pérdida de los servicios ambientales que provee el ecosistema, dentro de la superficie de aprovechamiento.

### Evaluación del impacto:

RECURSOS IMPACTADOS: HIDROLOGÍA, SUELO, FLORA, FAUNA Y PAISAJE			
CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Carácter	Negativo	Reduce de manera significativa los servicios ambientales que provee el ecosistema dentro del predio.	-
Intensidad	Media	La reducción de los servicios ambientales ocurrirá en el 72.57% de la superficie del predio.	2
Extensión	Parcial	Los servicios ambientales son elementos intangibles del medio, cuyo efecto se encuentra enlazado de manera directa al medio, sin embargo, el proyecto no afectará el sistema ambiental en su totalidad, por lo tanto, el efecto del impacto es parcial.	2
Causa-efecto	Directo	El desmonte y despálme son los principales causantes en la reducción de los servicios ambientales.	2
Momento	Largo plazo	El impacto se manifestará en toda su magnitud, cuando se hayan concluido los trabajos de desmonte, lo cual ocurrirá después de 2 años de iniciado el proyecto.	3
Persistencia	Permanente	La reducción de los servicios ambientales ocurrirá durante toda la vida útil del proyecto, que se estima en 30 años.	3
Periodicidad	Continuo	La reducción de los servicios ambientales ocurrirá durante toda la vida útil del proyecto, que se estima en 30 años.	3
Reversibilidad	Irreversible	Para restablecer los servicios ambientales del ecosistema que será afectado, sería necesario aplicar medidas de restauración con intervención humana.	2
Recuperabilidad	Mitigable	Se conservará el 40% del predio como área permeable; se realizará el rescate y reubicación de flora y fauna; se llevará a cabo el rescate de la vegetación, el rescate del suelo, etc.	2
<b>VALOR DE IMPORTANCIA</b>		<b>VIM = +/- (3(2) + 2(2) + 2 + 3 + 3 + 3 + 2 + 2)</b>	<b>VIM = -25</b>

### Impacto ambiental identificado (13): Derrama económica

**Descripción del impacto:** El cambio de uso del suelo implica adquirir o rentar el equipo especializado requerido para tal fin. Asimismo, para la realización del proyecto, es necesario realizar el pago de derechos, autorizaciones y demás estudios, los cuales generan un incremento en la generación económica de la región.

### Evaluación del impacto:

RECURSOS IMPACTADOS: SOCIOECONÓMICO			
CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Carácter	Positivo	Se activa la economía local.	+
Intensidad	Baja	Para el desarrollo del proyecto, se contempla una inversión estimada de \$1'510,000.00 pesos mexicanos, que resultan significativos, por lo que la intensidad el impacto se considera alta, dado el bajo costo de los recursos biológicos forestales del área sujeta a cambio de uso de suelo.	1
Extensión	Extenso	La renta, adquisición de maquinaria y equipo se realizará en la ciudad de Cancún. Ahora bien, el pago de derechos y autorizaciones beneficiará al Municipio de Benito Juárez, por lo que impacto trasciende los límites del predio y del sistema ambiental.	3
Causa-efecto	Directo	La compra y/o renta de maquinaria, herramienta 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 pago de derechos, se realizarán de manera previa a que den inicio los trabajos de preparación del sitio.	1
Persistencia	Permanente	La derrama económica comenzará a manifestarse desde antes de la ejecución del proyecto, y permanecerá durante los 2 años planteados para llevar a cabo la ejecución del cambio de uso del suelo. Sin embargo, una vez finalizados los trabajos, el establecimiento de la unidad habitacional requerirá servicios básicos y comerciales que generarán una derrama permanente en el sitio.	3
Periodicidad	Continua	Una vez establecidos los asentamientos humanos, estos requerirán servicios básicos y comerciales, por lo que los beneficios generados por el proyecto permanecerán de manera continua.	3
Reversibilidad	Reversible	No aplica	0
Recuperabilidad	Mitigable	No aplica	0
<b>VALOR DE IMPORTANCIA</b>		<b>VIM = +/- (3(1) + 2(3) + 2 + 1 + 3 + 3 + 0 + 0)</b>	<b>VIM = +18</b>



### Impacto ambiental identificado (14): Generación de empleos

**Descripción del impacto:** La ejecución del cambio de uso del suelo, requiere de la contratación de personal (mano de obra y especializado) para desarrollar las actividades propuestas y calendarizadas del proyecto.

#### Evaluación del impacto:

RECURSOS IMPACTADOS: SOCIOECONÓMICO			
CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Carácter	Positivo	Produce un beneficio para la sociedad.	+
Intensidad	Media	Se pretende contratar un total de 80 personas para la etapa de preparación del sitio, sin embargo, no intervendrán de manera simultánea a lo largo del proceso.	2
Extensión	Parcial	El personal que será contratado deberá cumplir como requisito el pertenecer a la Localidad y/o a la ciudad de Cancún, por lo que el efecto del impacto se manifestará más allá de los límites del predio y pero dentro del sistema ambiental.	2
Causa-efecto	Directo	Sin la contratación del personal es imposible ejecutar el cambio de uso de suelo.	2
Momento	Corto plazo	La contratación del personal será una de las primeras actividades que se realizarán, incluso antes de que den inicio los trabajos programados.	1
Persistencia	Temporal	El personal capacitado para ejecutar los trabajos, sólo será contratado por el periodo que duren las actividades.	2
Periodicidad	Irregular	El personal será contratado por única ocasión, de tal manera que la oferta de trabajo cesará cuando la plantilla se encuentre cubierta en su totalidad.	1
Reversibilidad	Reversible	No aplica	0
Recuperabilidad	Mitigable	No aplica	0
<b>VALOR DE IMPORTANCIA</b>		<b>VIM = +/- (3(2) + 2(2) + 2 + 1 + 2 + 1 + 0 + 0)</b>	<b>VIM = +16</b>

### Impacto ambiental identificado (15): Ampliación de infraestructura y servicios

**Descripción del impacto:** El proyecto consiste en el cambio de uso de suelo en terrenos forestales para destinarlo al uso habitacional. En consecuencia, se requerirá ampliar la infraestructura vial, de comunicaciones, servicios básicos y comerciales.

## Evaluación del impacto:

RECURSOS IMPACTADOS: SOCIOECONÓMICO			
CRITERIO	RANGO	OBSERVACIONES	VALOR
Carácter	Positivo	Produce un beneficio para la sociedad.	+
Intensidad	Alta	Se ampliará la infraestructura de servicios y comerciales en el sitio, a efecto de brindar una mejor calidad de vida a los residentes. Lo cual conllevará a la generación de empleos y un mejor clima social.	3
Extensión	Parcial	Si bien el acceso a una infraestructura planificada estará disponible para toda la población de Cancún, los habitantes del lugar y zonas cercanas serán los inmediatos beneficiados, al mejorar la calidad de vida del lugar.	2
Causa-efecto	Indirecto	La ampliación de la infraestructura en el sitio no condiciona la ejecución del cambio de uso de suelo pretendido por el proyecto.	1
Momento	Largo plazo	La instalación de servicios básicos, establecimientos comerciales, transporte público, etc. Se manifestarán una vez concluido el cambio de uso de suelo. Por lo que, su efecto será plausible a largo plazo.	3
Persistencia	Permanente	Una vez concluido el proyecto, estos beneficios para la población se mantendrán de manera permanente.	3
Periodicidad	Continuo	Cuando el sitio sea destinado al uso habitacional, los servicios antes referidos se prestarán de manera continua.	3
Reversibilidad	Reversible	No aplica	0
Recuperabilidad	Mitigable	No aplica	0
<b>VALOR DE IMPORTANCIA</b>		<b>VIM = +/- (3(3) + 2(2) + 1 + 3 + 3 + 3 + 0 + 0)</b>	<b>VIM = +23</b>

### 9.1.3. Etapa 3: jerarquización de los impactos ambientales

Una vez hecha la identificación y descripción de los impactos ambientales por cada etapa del proyecto, 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**, las cuales se describen a continuación.

**Impacto significativo o relevante.-** 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

$$\text{VIM} = +/- (3I + 2E + C + M + P + Pr + R + Rc)$$

$$\text{VIM} = +/- (3 (3) + 2 (3) + 2 + 3 + 3 + 3 + 2 + 3)$$

$$\text{VIM} = +/- 31$$

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

**Impacto moderado.-** 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:**

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

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

**Impacto bajo o nulo.-** 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:

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

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

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

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

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.

ETAPA DE CAMBIO DE USO DEL SUELO				
No.	IMPACTO AMBIENTAL	ELEMENTO DEL MEDIO	VIM	CATEGORÍA
1	Reducción de la cobertura vegetal	Flora, fauna, paisaje, suelo	-22	Moderado
2	Pérdida del hábitat	Flora y fauna	-22	Moderado
3	Remoción del suelo	Suelo	-22	Moderado
4	Emisiones a la atmósfera	Aire	-13	Bajo
5	Suspensión de partículas	Aire	-13	Bajo
6	Afectación al microclima	Hidrología, temperatura	-21	Moderado
7	Reducción del escurrimiento pluvial	Hidrología, suelo	-20	Moderado
8	Reducción de la calidad visual del paisaje	Paisaje	-22	Moderado
9	Perturbación del hábitat	Fauna	-21	Moderado
10	Contaminación ambiental por residuos	Agua del subsuelo, Suelo, flora y fauna	-15	Bajo
11	Contaminación por ruido	Fauna, social	-15	Bajo
12	Reducción de los servicios ambientales	Hidrología, suelo, flora, fauna y paisaje	-25	Moderado
13	Derrama económica	Socioeconómico	+24	Moderado

ETAPA DE CAMBIO DE USO DEL SUELO				
No.	IMPACTO AMBIENTAL	ELEMENTO DEL MEDIO	VIM	CATEGORÍA
14	Generación de empleos	Socioeconómico	+16	Bajo
15	Ampliación de infraestructura y servicios	Socioeconómico	+23	Moderado

## 9.2. 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 15 impactos ambientales, de los cuales 12 son negativos (4 de categoría baja o nula y 8 moderados). De igual forma se presentan 3 impactos positivos (1 de categoría baja o nula y 2 moderados). Es importante señalar que, no se advierte la generación de impactos significativos o relevantes.

De este modo, y en términos ambientales, el proyecto se puede considerar como viable de acuerdo con lo siguiente:

- Los impactos ambientales que serán generados por el desarrollo del proyecto no incidirán de manera significativa en el medio en el cual se inserta el proyecto, es decir no provocará alteraciones en los ecosistemas, los recursos naturales y la salud pública.
- El proyecto, no pondrá en riesgo la continuidad de los procesos naturales, no ocasionará la pérdida de diversidad biológica, toda vez que considera la ejecución de programas de rescate y reubicación de especies de flora y fauna, priorizando aquellas que se encuentren sujetas a alguna categoría de riesgo de acuerdo con lo establecido por la legislación aplicable en la materia.
- La ejecución de las obras y actividades del proyecto no causarán desequilibrios ecológicos graves, ni rebasará los límites y condiciones establecidas en las disposiciones aplicables vigentes. Y priorizará en todo momento la reducción de los impactos negativos sobre el medio ambiente.

- No implica fragmentar un ecosistema, puesto que se trata de un predio fragmentado ubicado dentro de la mancha urbana de la ciudad de Cancún.
- Asimismo, se advierte que no se alteran los procesos biológicos de especies de difícil regeneración, es decir, aquellas que son vulnerables a la extinción biológica por la especificidad de sus requerimientos de hábitat y de las condiciones para su reproducción, pues estas son inexistentes en la zona de aprovechamiento.
- No provocará la destrucción, fragmentación o aislamiento de especies clave como producto de impactos sinérgicos, acumulativos y/o residuales, por lo que, como se ha referido anteriormente, no será causal de desequilibrio ecológico.
- Reactivará la economía de la región al realizarse la contratación de personal calificado y para mano de obra, así como la compra de materiales e insumos; lo cual incentiva el desarrollo económico local.



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

Los servicios ambientales son 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 del 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;

Este apartado tiene el propósito de realizar una descripción y análisis de los impactos que ocasionará el cambio de uso de suelo propuesto en correlación con cada uno de los servicios ambientales que proporciona el ecosistema donde se ubicada el área sujeta a cambio de uso de suelo.

En principio se presenta una descripción detallada de los servicios ambientales y luego un análisis de su importancia en el contexto del sistema ambiental o área de influencia del proyecto. Posteriormente se analizará, explicará y justificará porque se considera que no se pone en riesgo cada uno de los servicios ambientales, y finalmente se definirá si el grado de afectación es a nivel del área de influencia del proyecto o del sistema ambiental.

### 10.1. 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>18</sup>, según la cual a partir del volumen se determina el contenido de carbono, quedando de la siguiente manera:

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

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

Luego se determina su altura total. 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 total árbol.

Luego, 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),

<sup>18</sup> <http://es.scribd.com/doc/29369907/Guia-Practica-de-Medicion-de-Carbono-en-la-Biomasa-Forestal>

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

En sentido de lo anterior tenemos lo siguiente:

- Vol. T. A. ( $183.40 m^3/ha$  arbóreo +  $52.49 m^3/ha$  arbustivo) =  $235.89 m^3/ha$
- Contenido de materia seca (50%):  $0.5 ton/ha$
- Contenido de carbono (50%):  $0.5 ton/ha$
- Coeficiente de expansión:  $1.6 ton/ha$

$$C = Vol. \times 0.5 \times 0.5$$

$$C = (235.89 m^3/ha) (0.5 ton/m^3) (0.5 ton/m^3)$$

$$C = 58.97 ton/ha$$

$$C = (58.97 ton/ha) (FEB = 1.6 ton/ha)$$

$$C = 94.36 ton/ha$$

$$C = (94.36 ton/ha) (Superficie de CUSTF = 3.531 ha)$$

$$C = 333.17 ton/ha$$

Por otra parte, si consideramos que en el sistema ambiental (UGA 21), existe al menos una superficie de 17,451.51 hectáreas con cobertura vegetal de Selva mediana

subperennifolia con distintos grados de conservación; entonces podemos inferir que en dicha superficie la captura de carbono es de 1'646,724.48 ton/ha, de acuerdo con la aplicación de la fórmula antes descrita, como se indica a continuación:

$$C = \text{Vol.} \times 0.5 \times 0.5$$

$$C = (235.89 \text{ m}^3/\text{ha}) (0.5 \text{ ton/m}^3) (0.5 \text{ ton/m}^3)$$

$$C = 58.97 \text{ ton/ha}$$

$$C = (58.97 \text{ ton/ha}) (\text{FEB} = 1.6 \text{ ton/ha})$$

$$C = 94.36 \text{ ton/ha}$$

$$C = (94.36 \text{ ton/ha}) (\text{Superficie con SMQ en el SA} = 17,451.51 \text{ ha})$$

$$C = 1'646,724.48 \text{ ton/ha}$$

Entonces si comparamos la captura de carbono que provee la superficie de cambio de uso de suelo, con la cantidad de carbono que captura la cobertura vegetal de Selva mediana subperennifolia dentro del sistema ambiental, obtenemos que la pérdida anual de captura de carbono al eliminar la vegetación por la implementación del proyecto, sólo representa el 0.02% de la captura total estimada para el sistema ambiental; por lo tanto, se puede asumir categóricamente que el cambio de uso de suelo propuesto, no pone en riesgo el servicio ambiental a nivel del sistema ambiental; de igual forma, podemos concluir que la cobertura vegetal que subsiste en dicha región, es más importante que aquella que se desarrolla en el polígono de aprovechamiento, en lo que a captura de carbono se refiere; de tal modo que se puede afirmar categóricamente que la afectación ocurrirá a nivel puntual.

## 10.2. PROVISIÓN DE AGUA EN CANTIDAD

Para poder determinar que no se pone en riesgo el servicio ambiental hidrológico relacionado con la provisión de agua en 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 puede ser captada en el sistema ambiental.



### 10.2.1. Cantidad de agua captada en 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:

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

$K$  es un factor que depende de la cobertura arbolada y del tipo de suelo, lo cual puede apreciarse en el cuadro 9 siguiente.

CUADRO 9. VALORES DE  $K$  PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELO Y DIFERENTES COBERTURAS ARBOLADAS.

COBERTURA DEL BOSQUE	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Más del 75%	0.07	0.16	0.24
Entre 50-75%	0.12	0.22	0.26
Entre 25-50%	0.17	0.26	0.28
Menos del 25%	0.22	0.28	0.30

Suelo A: Suelos permeables (arenas profundas y loes poco compactos).  
 Suelo B: Suelos medianamente permeables (arenas de mediana profundidad, loes y migajón).  
 Suelo C: Suelos casi impermeables (arenas o loes delgados sobre capa impermeable, arcillas).

FUENTE: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua 1999.

Para la estimación de volúmenes de infiltración de agua en la superficie de cambio de uso de suelo sin el proyecto, se tomó como base la información del inventario forestal y el valor promedio de precipitación anual para la zona donde se ubica. También se consideró el supuesto del modelo que refiere que bosques con volúmenes superiores a 190 m<sup>3</sup>/ha son bosques con más del 75% de cobertura; los que se encuentran entre 100-190 m<sup>3</sup>/ha son bosques con 50-75% de cobertura; los que varían entre 35-100 m<sup>3</sup>/ha son bosques con 25-50% de cobertura y finalmente los que presentan volúmenes menores a 35 m<sup>3</sup>/ha son bosques con menos del 25% de cobertura. Así mismo, considerando que el predio se ubica dentro de una zona con posibilidades altas de funcionar como acuífero (según la carta de hidrología subterránea del INEGI), entonces asumimos que los suelos son tipo A (suelos permeables).

Considerando lo señalado anteriormente, tenemos que el valor de  $P$  (precipitación media anual) para la zona donde se ubica el predio es de 1,000 mm y el valor de  $K$  es de 0.07, considerando que la superficie de CUSTF se ubica en una zona donde los suelos son de tipo A (permeables toda vez que se trata de material consolidado con posibilidades altas de funcionar como acuífero); y dado que el volumen de su masa forestal es de 235.89 m<sup>3</sup>/ha (cobertura de más del 75%), como se indica en el siguiente cuadro.

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

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

$Ce = K (P-500) / 200$ , ya que K es menor a 0.15

$Ce = (0.07) (1,000 - 500) / 200$

$Ce = (0.07) (500 / 200)$

$Ce = (0.07) (2.5)$

$Ce = 0.175$

Entonces tenemos que el coeficiente de escurrimiento (**Ce**) en la superficie de cambio de uso de suelo, con cobertura vegetal de más del 75%, es decir, sin el proyecto, es de 0.175.

Luego entonces, 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:

$$Ve = P * At * Ce$$

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 1000 mm de precipitación media anual, equivalen a 1,000 litros de agua por metro cuadrado. Así mismo, tenemos que 1,000 litros de agua equivalen a 1 m<sup>3</sup>, por lo tanto, tenemos que 1000 mm de precipitación media anual de la zona en donde se ubica el predio equivalen a 1 m<sup>3</sup> de agua.

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

$$\begin{aligned} \mathbf{Ve} &= \mathbf{P * At * Ce} \\ \mathbf{Ve} &= 1 \text{ m}^3 * 35317.34 \text{ m}^2 * 0.175 \\ \mathbf{Ve} &= 6180.53 \text{ m}^3/\text{m}^2 \end{aligned}$$

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 (m<sup>3</sup>) \* superficie de cambio de uso de suelo (m<sup>2</sup>)

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

Sustituyendo los valores en la ecuación, obtenemos lo siguiente:

$$\begin{aligned} \mathbf{I} &= \mathbf{P - Ve} \\ \mathbf{I} &= (1 \text{ m}^3) (35317.34 \text{ m}^2) - 6180.53 \text{ m}^3/\text{m}^2 \\ \mathbf{I} &= 35317.34 \text{ m}^2 - 6180.53 \text{ m}^3/\text{m}^2 \\ \mathbf{I} &= 29,136.81 \text{ m}^3/\text{m}^2 \end{aligned}$$

Considerando los cálculos realizados en los apartados anteriores, podemos concluir que actualmente en la superficie de cambio de uso de suelo se capta un volumen de 29,136.81 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, y se pierden 6180.53 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales por escurrimiento.

### 10.2.2. Cantidad de agua captada en el sistema ambiental

Para calcular la cantidad de agua que puede ser captada en el sistema ambiental, la cual posee una precipitación media anual de 1,000 mm en promedio, se consideró la superficie de Selva mediana subperennifolia que presenta dicha unidad de análisis, que es de 17,451.51 hectáreas, aplicando el mismo valor de **K** (0.17) utilizado para el predio del proyecto, bajo el supuesto hipotético de que se trata de un ecosistema similar al que será afectado con el CUSTF; y por lo tanto, el mismo coeficiente de escurrimiento (**Ce**) que fue de 0.072.

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

Volumen de escurrimiento anual:

$$\mathbf{Ve = P * At \text{ (superficie del sistema ambiental con cobertura vegetal) * Ce}}$$

$$\mathbf{Ve = P * At * Ce}$$

$$\mathbf{Ve = 1 \text{ m}^3 * 174'515,100 \text{ m}^2 * 0.175}$$

$$\mathbf{Ve = 30'540,142.50 \text{ m}^3/\text{m}^2}$$

Volumen de infiltración anual:  $\mathbf{I = P - Ve}$

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

$$\mathbf{I = (1 \text{ m}^3) (174'515,100 \text{ m}^2) - 30'540,142.50 \text{ m}^3/\text{m}^2}$$

$$\mathbf{I = 174'515,100 \text{ m}^3/\text{m}^2 - 30'540,142.50 \text{ m}^3/\text{m}^2}$$

$$\mathbf{I = 143'974,957.50 \text{ m}^3/\text{m}^2}$$



Considerando los cálculos realizados en los apartados anteriores, podemos concluir que actualmente en la superficie del sistema ambiental con cobertura de Selva mediana subperennifolia se capta un volumen de 143'974,957.50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales, y se pierden 30'540,142.50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> por escurrimiento.

### 10.2.3. Conclusiones

Considerando el volumen de captación de agua que ocurre en la superficie de CUSTF (29,136.81 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales), en comparación con el volumen de captación de agua estimado para la unidad de análisis del sistema ambiental (143'974,957.50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>), 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 0.02% de la captación total que ocurre en esa unidad de análisis; y si a esto le sumamos que el predio del proyecto mantendrá el 40% de su superficie como área permeable, entonces podemos asegurar categóricamente que la captación de agua en cantidad que acontece en el sistema ambiental, e incluso a nivel del predio, 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 de la superficie de CUSTF, considerando el volumen de agua que es captada en ambos sistemas.

### 10.3. PROVISIÓN DE AGUA EN CALIDAD

Para no comprometer la calidad del acuífero subterráneo, y por lo tanto, evitar que se comprometa la captación de agua en calidad, el proyecto tiene contemplado llevar a cabo una serie de acciones que permitirán prevenir y en su caso, evitar la contaminación del acuífero, las cuales se describen a continuación:

- **Medida 1.** Se contará con un equipo de respuesta rápida ante un derrame accidental de hidrocarburos por uso de maquinaria; con la finalidad de prevenir la contaminación del acuífero derivado de sustancias potencialmente contaminantes.

- **Medida 2.** Se instalarán sanitarios portátiles tipo "Sanirent" durante el cambio de uso del suelo, a razón de 1 por cada 15 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.
- **Medida 3.** 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.

Con las medidas antes descritas, sumadas a las descritas en el capítulo 12, se puede concluir que el proyecto no será una fuente generadora de agentes potencialmente contaminantes para el acuífero; por lo que se puede concluir que el cambio de uso de suelo propuesto, no pone en riesgo la prestación del servicio ambiental de captación de agua en calidad.

#### 10.4. GENERACIÓN DE OXÍGENO

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

$$\text{dióxido de carbono} + \text{agua} + \text{energía} = \text{sustancia orgánica y oxígeno}$$

Inversamente, la respiración en las plantas 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).

Se estima que un kilómetro cuadrado de bosque genera mil toneladas de oxígeno al año, sin embargo, no se sabe con exactitud cuánto 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 puntual, por lo tanto, considerando que en la microcuenca se estima una superficie de 17,451.51 hectáreas con cobertura vegetal que seguirán prestando dicho servicio, entonces se puede concluir categóricamente que el servicio ambiental por generación de oxígeno, no se pondrá en riesgo con el cambio de uso del suelo propuesto a nivel de la Cuenca, Subcuenca y Microcuenca, ni mucho menos a nivel del predio, pues la superficie de cobertura vegetal que se perdería a nivel del predio (3.531 hectáreas), representa sólo el 0.02% de la superficie que aún continuaría prestando el servicio ambiental en comento.

## **10.5. AMORTIGUAMIENTO DE IMPACTO DE LOS FENÓMENOS NATURALES**

Como se mencionó en el capítulo 5 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>19</sup>.

Es un hecho que la eliminación de la cobertura vegetal 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; sin embargo, resulta relevante señalar que actualmente se estima una superficie de 17,451.51 hectáreas con cobertura vegetal en el sistema ambiental, la cual podrá continuar prestando este servicio ambiental; entonces la prestación del servicio ambiental de la cobertura vegetal como barrera protectora, queda en segundo término para el proyecto en particular.

## **10.6. MODULACIÓN O REGULACIÓN 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.

---

<sup>19</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.

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 esos 13 millones, por lo menos 500 mil corresponden a México.

Los bosques almacenan, sólo en su cobertura vegetal, 300 mil millones de toneladas de bióxido de carbono, lo que equivale a casi 40 veces las emisiones anuales de este gas producidas por la quema de combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo. Cuando un bosque es destruido, el carbono almacenado se libera a la atmósfera mediante la descomposición o la combustión de los residuos vegetales<sup>20</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>21</sup>.

Algunos climatólogos urbanos apuntan 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

<sup>20</sup><http://www.greenpeace.org/mexico/es/Campanas/Bosques/Que-relacion-tienen-los-bosques-y-el-cambio-climatico/>

<sup>21</sup> <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/508/percepcion.pdf>



continuará su curso hasta encontrar el nivel freático, con lo que se compensará al manto acuífero de la extracción que realiza el hombre. Tal balance es muy importante para este tan demandado recurso no renovable (Irma Rosas P., *et al*).

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

Tomando en consideración lo anterior, estamos ante la posibilidad de poder afirmar que el cambio de uso de suelo propuesto no pone en riesgo la modulación o regulación climática como un servicio ambiental, puesto que se mantiene una superficie de 17,451.51 hectáreas con cobertura vegetal en el sistema ambiental, la cual podrá continuar prestando este servicio ambiental; entonces la cobertura vegetal del predio queda en segundo término.

## **10.7. PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD**

Este apartado se analiza en el capítulo 11 del presente estudio, en donde se demuestra que el proyecto no compromete la biodiversidad.

## **10.8. PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE SUELO**

Este apartado se analiza en el capítulo 11 del presente estudio, en donde se demuestra que el proyecto no ocasionará la erosión de los suelos.

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

### 11.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

#### 11.1.1. 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 de la biodiversidad: 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 demuestra que el proyecto no compromete la biodiversidad, para lo cual se consideró un análisis de los tres atributos de la biodiversidad: la composición de especies y la estructura del ecosistema; para el caso de la función de las especies sólo se consideró en el análisis a las especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y a las especies consideradas como exóticas o invasoras según la CONABIO, o aquellas que sólo fueron registradas a nivel de la superficie de CUSTF y no en el predio testigo; dado que no existe suficiente información para determinar la importancia de todas las especies, en forma individual, tanto de flora como de fauna que fueron registradas.

## **A. COMPOSICIÓN DE ESPECIES**

Para el análisis de este atributo de la Biodiversidad se consideraron los datos de diversidad específica obtenidos del inventario forestal y del inventario faunístico para el predio del proyecto y el predio testigo, es decir, el número de especies presentes en la comunidad a nivel de todo el ecosistema (diversidad gamma) y por estrato de la vegetación o grupo faunístico en cada unidad de análisis (diversidad alfa).

### **A.1. Flora silvestre**

A nivel del **predio testigo dentro del sistema ambiental**, se tuvo el registro de 68 especies de flora nativa de Selva mediana subperennifolia, pertenecientes a 33 familias botánicas, de las cuales destaca la familia Fabaceae con el mayor número de registros (12 en total); seguida de la familia Sapotaceae con 6 especies, y las familias

Euphorbiaceae y Moraceae con 4; el resto de las familias están representadas por 3 o menos especies.

También se constató la existencia de 57 especies de flora silvestre en el estrato arbóreo, distribuidas en 28 familias, de las cuales destaca la familia Fabaceae con el mayor número de registros (12 en total); seguida de la familia Sapotaceae con 6 registros; y finalmente la familia Moraceae con 4 registros.

A nivel del estrato arbustivo se constató la existencia de 46 especies de flora silvestre, distribuidas en 24 familias, de las cuales destaca la familia Fabaceae con el mayor número de registros (8 en total); seguida de la familia Sapotaceae con 6 registros; y finalmente la familia Moraceae con 4 registros; el resto de las familias se encuentran representadas por 3 o menos especies.

Y finalmente a nivel del estrato herbáceo se constató la existencia de 45 especies de flora silvestre, distribuidas en 24 familias, de las cuales destaca la familia Fabaceae con el mayor número de registros (7 en total); seguida de la familia Euphorbiaceae con 4 registros; y finalmente las familias Moraceae, Sapotaceae y Vitaceae con 3 registros cada una.

En lo que respecta a las epífitas vasculares, se pudo constatar la existencia de 11 especies distribuidas en 5 familias de las cuales, la más importante fue la Orchidaceae con el mayor número de registros (4 en total); seguida de las familias Bromeliaceae y Cactaceae con 2 registros cada una.

Por otra parte, **a nivel de la superficie de aprovechamiento**, se obtuvo el registro de 49 especies vegetales, distribuidas en 23 familias botánicas, donde la más importante fue la familia Fabaceae con un total de 11 registros; seguida de la familia Polygonaceae, Sapotaceae y Sapindaceae con 4 registros cada una; y las familias Malvaceae y Rubiaceae con 3 registros cada una; el resto de las familias se encuentra representada por 2 o menos especies.

También se constató la existencia de 27 especies vegetales en el estrato arbóreo, distribuidas en 15 familias, donde la más importante fue la familia Fabaceae con un total de 8 registros; seguida de la familia Polygonaceae y Sapotaceae con 3 registros, cada una; el resto de las familias se encuentra representada por 2 o menos especies.

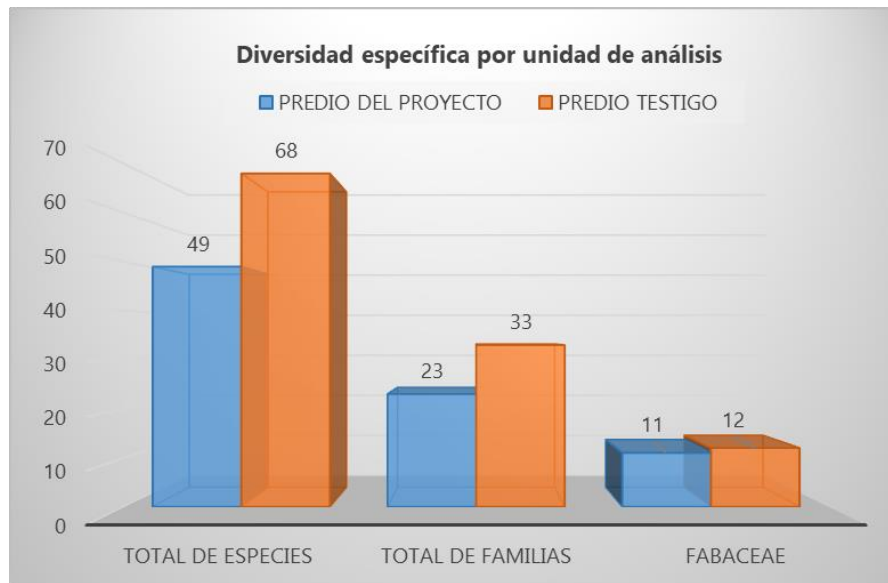
A nivel del estrato arbustivo se constató la existencia de 37 especies vegetales, distribuidas en 21 familias, donde la más importante fue la familia Fabaceae con un total de 9 registros; y finalmente las familias Polygonaceae y Sapindaceae con 3 registros cada una; el resto de las familias se encuentra representada por 2 o menos especies.

Y finalmente a nivel del estrato herbáceo se constató la existencia de 16 especies vegetales distribuidas en 10 familias, donde las más importantes fueron las familias Fabaceae y Sapindaceae con 3 registros cada una; seguidas de las familias Polygonaceae, Rubiaceae y Sapotaceae con 2 registros cada una; el resto de las familias se encuentra representada por 1 especie.

En lo que respecta a las epífitas vasculares, se pudo constatar la existencia de 2 especies distribuidas en 2 familias.

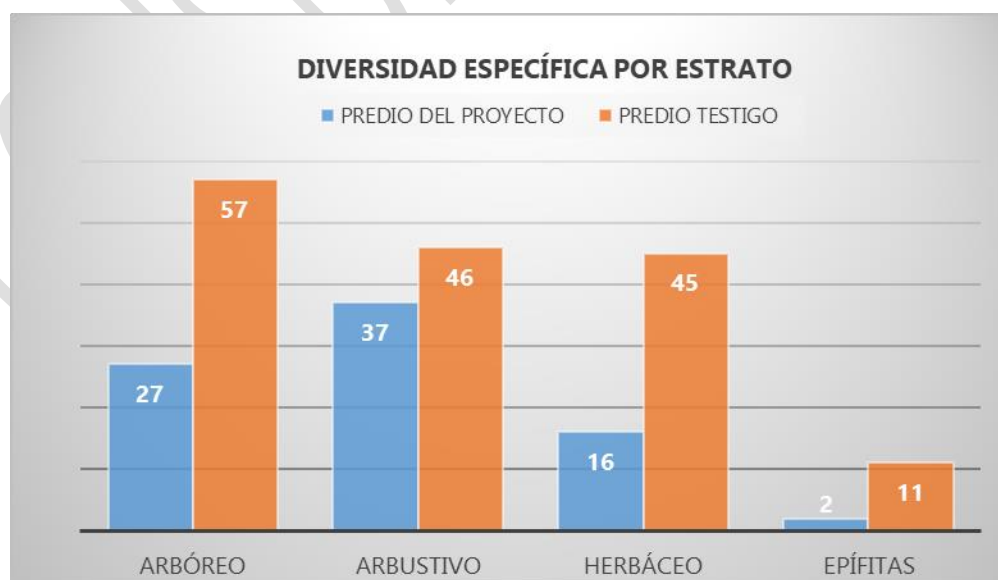
Haciendo un análisis comparativo con respecto a los resultados obtenidos en la diversidad de especies (diversidad alfa), obtenemos lo siguiente:





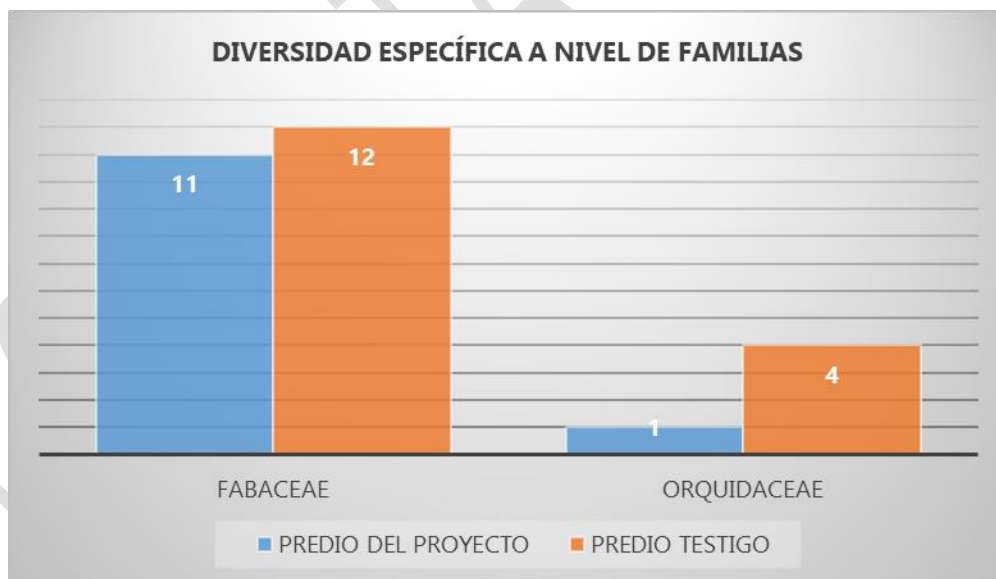
Como puede observarse en el gráfico que antecede, podemos determinar que la riqueza específica o diversidad de especies es mayor a nivel del predio testigo; pues observamos que posee mayor número de especies, distribuidas en un mayor número de familias, y con 1 especie adicional registrada para la familia más representativa que es la Fabaceae.

Ahora bien, comparando cada estrato de la vegetación a nivel del predio testigo, con cada estrato de la vegetación a nivel del predio del proyecto, obtenemos lo siguiente.



De acuerdo con los datos presentados en el gráfico que antecede, se puede determinar que a nivel de todos los estratos la composición de especies es más rica y diversa a nivel del predio testigo, pues posee un mayor número de especies por estrato, y un mayor número de familias y especies de epífitas vasculares; lo que nos indica que se trata de una comunidad con una estructura mejor definida que la comunidad vegetal presente en el predio del proyecto.

También se puede determinar que las familias más importantes en el predio testigo son la Fabaceae (plantas vasculares) y la Orquidaceae (epífitas vasculares); mientras que en el predio del proyecto también destaca la familia Fabaceae como la más importante en lo que concierne a las plantas vasculares, sin embargo, en el caso de las epífitas, la familia Orchidaceae se encuentra representada por una sola especie. Cabe mencionar que la familia Fabaceae presenta un mayor número de especies a nivel de la unidad testigo que a nivel del predio del proyecto, tal como se observa en el siguiente gráfico.



En otro orden de ideas, de acuerdo con el inventario forestal realizado en ambas unidades de análisis, podemos determinar la ausencia-presencia de determinadas especies, conforme a lo siguiente.

De acuerdo con un análisis realizado en relación a la composición de especies, tanto a nivel del predio testigo, como a nivel del predio del proyecto, en suma, obtenemos el registro de 68 especies entre ambos sistemas, de las cuales comparten 36 especies; así mismo, se determinó que 13 especies fueron registradas en el predio del proyecto, pero no en el predio testigo; mientras que 19 especies son exclusivas del predio testigo, es decir, no fueron registradas en el predio del proyecto.

Con base en los datos presentados anteriormente, podemos determinar la **diversidad Beta** del ecosistema en estudio, es decir, el grado de recambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje. La diversidad beta o diversidad entre hábitats es el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales (Whittaker, 1972). A diferencia de las diversidades alfa y gamma que pueden ser medidas fácilmente en función del número de especies, la medición de la diversidad beta es de una dimensión diferente porque está basada en proporciones o diferencias (Magurran, 1988). Estas proporciones pueden evaluarse con base en índices o coeficientes de similitud, de disimilitud o de distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos (presencia-ausencia de especies) o cuantitativos (abundancia proporcional de cada especie medida como número de individuos, biomasa, densidad, cobertura, etc.), o bien con índices de diversidad beta propiamente dichos (Magurran, 1988; Wilson y Shmida, 1984).

Para el caso del presente estudio, la diversidad Beta se estimó con base en la presencia-ausencia de especies analizada con antelación, utilizando en el **Coefficiente de similitud de Jaccard**, el cual se calcula conforme a la siguiente ecuación.

$$I_J = \frac{c}{a + b - c}$$

donde

$a$  = número de especies presentes en el sitio A

$b$  = número de especies presentes en el sitio B

$c$  = número de especies presentes en ambos sitios A y B

El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies. Si consideramos los datos del predio testigo como sitio A, y los datos del predio del proyecto como sitio B, sustituyendo los valores e la ecuación, obtenemos lo siguiente:

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

**I<sub>j</sub>**= Coeficiente de similitud de Jaccard

**a**= 68 especies registradas en el predio testigo

**b**= 49 especies registradas en el predio del proyecto

**c**= 36 especies compartidas

$$I_j = \frac{36}{68 + 49 - 36}$$

$$I_j = \frac{36}{81}$$

$$I_j = 0.44$$

De acuerdo con los resultados obtenidos aplicando el Coeficiente de similitud de Jaccard, podemos determinar que existe un recambio de especies o una similitud entre ambas unidades de análisis (predio testigo y predio del proyecto), que puede considerarse de nivel moderado, pues el valor del índice calculado es cercano a la media con respecto al valor máximo que es 1 (**I<sub>j</sub> = 0.44**), considerando que el modelo supone que el valor de 1, indica una similitud total. Este valor alcanzado se debe principalmente a la escasa diversidad de especies presente dentro del predio del proyecto (riqueza específica), lo que tiene como consecuencia que el predio testigo registre un mayor número de especies y que en el sistema ambiental estén presentes aquellas especies registradas en el predio del proyecto pero no en el predio testigo;

por lo tanto, el sistema ambiental tendrá un mayor número de especies exclusivas, es decir, que no están presentes en la superficie de aprovechamiento

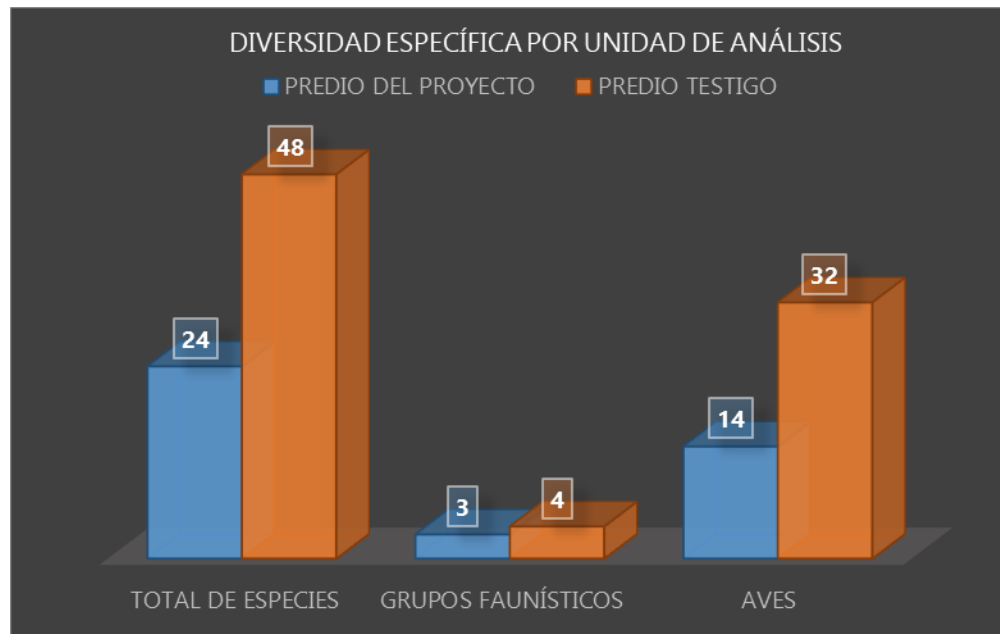
## A.2. Fauna silvestre

Conforme a los datos de composición faunística presentados en el capítulo 4 del presente estudio, se contó **dentro del predio testigo**, con el registro de 48 especies de fauna silvestre pertenecientes a cuatro grupos taxonómicos, de los cuales, el grupo faunístico mejor representado son las aves con un total de 32 especies; seguido en orden de importancia por el grupo de los reptiles representados por 11 especies; los mamíferos con 9 especies; y por último tenemos al grupo de los anfibios con 2 especies registradas.

Por otra parte, de acuerdo con los datos presentados en el capítulo 5 del presente estudio, en total se registraron 24 especies de fauna silvestre **dentro del predio del proyecto**, pertenecientes a tres grupos taxonómicos dentro del polígono de aprovechamiento, de los cuales, el grupo faunístico mejor representado son las aves con un total de 14 especies; seguido en orden de importancia está el grupo de los reptiles representados por 5 especies; y finalmente los mamíferos con 5. Se determinó la ausencia de anfibios.

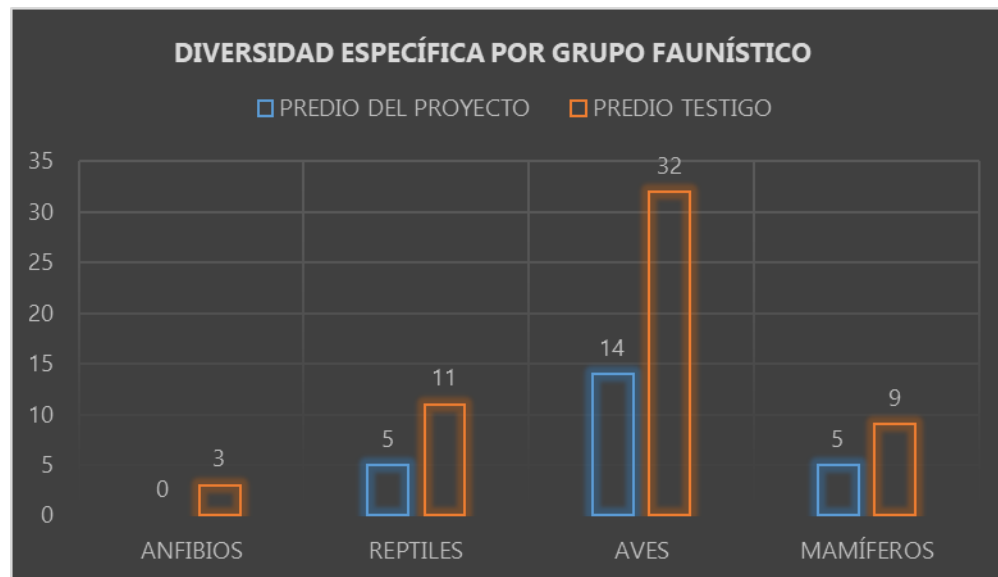
Haciendo un análisis de los resultados en la composición de especies de fauna silvestre entre ambas unidades de análisis, obtenemos lo siguiente:





Como puede observarse en el gráfico que antecede, podemos determinar que la riqueza específica o diversidad de especies (fauna) a nivel del predio testigo, es mayor que la registrada a nivel del predio del proyecto; pues observamos que poseen una diferencia significativa de 24 especies (siendo mayor el número en el predio testigo); y un número de especies de aves también superior en el predio testigo con una diferencia significativa de 18 especies. Es de notar que una de las principales diferencias entre ambas unidades de análisis es la ausencia de anfibios en el predio del proyecto, y la presencia de estos dentro de la unidad testigo, pues se trata de un grupo indicador del buen estado de conservación de un ecosistema, dada su fragilidad debido a la especificidad de su hábitat.

Ahora bien, si comparamos los registros del predio testigo con los registros del predio del proyecto, por grupo faunístico, obtenemos lo siguiente.



De acuerdo con los datos presentados en el gráfico que antecede, se puede determinar que, a nivel de todos los grupos faunísticos, la composición de especies es mayor en la unidad testigo, lo que nos indica que se trata de una comunidad mejor estructurada. Aunque también se puede observar que los anfibios están presentes en el predio testigo, pero no se registró su presencia en el predio del proyecto.

En otro orden de ideas, de acuerdo con el inventario faunístico realizado en ambas unidades de análisis, podemos determinar la ausencia-presencia de determinadas especies, conforme a lo siguiente.

De acuerdo con el análisis realizado en relación a la composición de especies de fauna silvestre, tanto a nivel del predio testigo, como a nivel del predio del proyecto, obtenemos el registro de 56 especies entre ambos sistemas, de las cuales comparten 22 especies; así mismo, determinamos que 2 especies fueron registradas en el predio del proyecto, pero no en el predio testigo; mientras que 32 especies fueron registradas sólo en el predio testigo.

Con base en los datos presentados anteriormente, también podemos determinar la **diversidad Beta** de la fauna silvestre, es decir, el grado de recambio o reemplazo en

la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje. Para el caso del presente estudio, la diversidad Beta también se estimó con base en la presencia-ausencia de especies analizada con antelación, utilizando en el **Coefficiente de similitud de Jaccard**, el cual ya fue descrito con anterioridad; por lo tanto, si consideramos los datos del predio testigo como sitio A, y los datos del predio del proyecto como sitio B, sustituyendo los valores e la ecuación, obtenemos lo siguiente:

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

**I<sub>j</sub>**= Coeficiente de similitud de Jaccard

**a**= 48 especies registradas en el predio testigo

**b**= 24 especies registradas en el predio del proyecto

**c**= 22 especies compartidas

$$I_j = \frac{22}{48 + 24 - 22}$$

$$I_j = \frac{22}{50}$$

$$I_j = 0.44$$

De acuerdo con los resultados obtenidos aplicando el Coeficiente de similitud de Jaccard, podemos determinar que existe un recambio de especies o una similitud entre ambas unidades de análisis (predio testigo y predio del proyecto), que puede considerarse de nivel moderado, pues el valor del índice calculado es cercano a la media del valor máximo que es 1 (**I<sub>j</sub> = 0.44**), considerando que el modelo supone que el valor de 1, indica una similitud total. Esto se debe principalmente al bajo número de especies registradas en el predio del proyecto en comparación con la gran riqueza de especies presentes en la unidad testigo, en donde incluso se registró la presencia de anfibios.

## B. ESTRUCTURA DEL ECOSISTEMA

Para el estudio de este componente de la biodiversidad, particularmente para la flora silvestre, se utilizaron los resultados obtenidos en el cálculo del índice de valor de importancia por cada estrato de la vegetación, tanto en el predio testigo como en el predio del proyecto, así como los índices de diversidad también por cada estrato de la vegetación; y finalmente los índices de equidad calculados para ambas unidades de análisis. En el caso de la fauna silvestre sólo se utilizaron los índices de diversidad calculados por cada grupo faunístico y por cada unidad de análisis, así como el índice de equidad, ya que el índice de valor de importancia sólo es aplicable para el estudio y análisis de flora silvestre.

### B.1. Flora silvestre

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). 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.

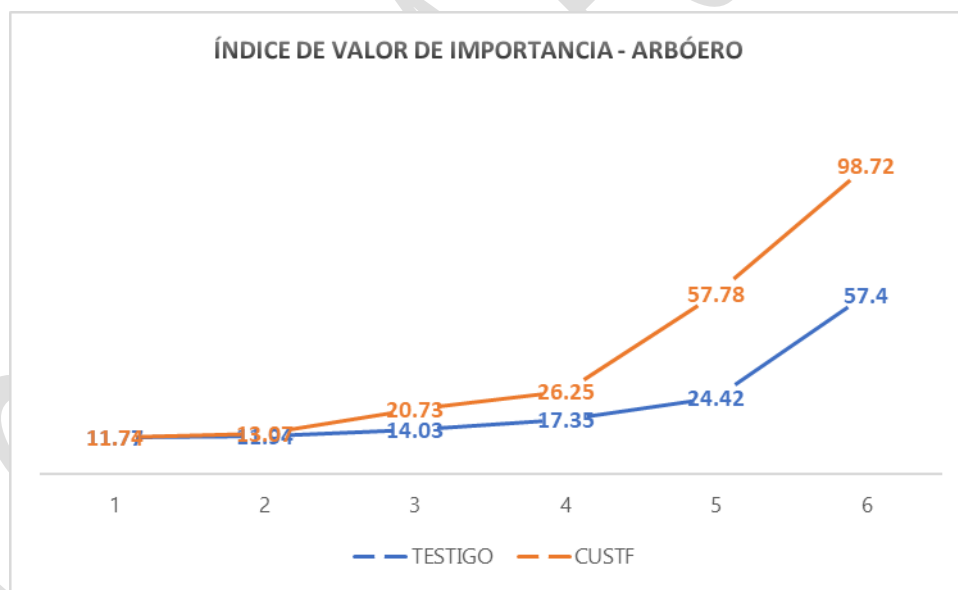
De acuerdo con los resultados del análisis del Índice de Valor de Importancia presentados en el capítulo 4 para las especies que componen la vegetación a nivel del predio testigo, tenemos lo siguiente.

ESTRATO ARBÓREO		ESTRATO ARBUSTIVO		ESTRATO HERBÁCEO	
ESPECIES	IVI	ESPECIES	IVI	ESPECIES	IVI
<i>Manilkara zapota</i>	57.40	<i>Thrinax radiata</i>	20.89	<i>Nectandra coriacea</i>	31.73
<i>Piscidia piscipula</i>	24.42	<i>Manilkara zapota</i>	19.59	<i>Bromelia karatas</i>	13.42
<i>Metopium brownei</i>	17.35	<i>Nectandra coriacea</i>	13.54	<i>Manilkara zapota</i>	13.18
<i>Drypetes lateriflora</i>	14.03	<i>Diospyros cuneata</i>	13.27	<i>Metopium brownei</i>	10.74
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	11.94	<i>Metopium brownei</i>	10.31	<i>Brosimum alicastrum</i>	10.17
<i>Swartzia cubensis</i>	11.77	<i>Coccoloba barbadensis</i>	10.04	<i>Malvaviscus arboreus</i>	9.58

Por otra parte, considerando los resultados del análisis del Índice de Valor de Importancia presentados en el capítulo 5 para para las especies que componen la vegetación a nivel del predio del proyecto, tenemos lo siguiente.

ESTRATO ARBÓREO		ESTRATO ARBUSTIVO		ESTRATO HERBÁCEO	
ESPECIES	IVI	ESPECIES	IVI	ESPECIES	IVI
<i>Metopium brownei</i>	98.72	<i>Metopium brownei</i>	49.00	<i>Nectandra coriacea</i>	113.78
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	57.78	<i>Bursera simaruba</i>	33.26	<i>Ficus padifolia</i>	35.72
<i>Bursera simaruba</i>	26.25	<i>Dendropanax arboreus</i>	30.22	<i>Vitex gaumeri</i>	27.79
<i>Vitex gaumeri</i>	20.73	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	15.28	<i>Dendropanax arboreus</i>	18.25
<i>Piscidia piscipula</i>	13.07	<i>Myrcianthes fragrans</i>	14.99	<i>Coccoloba barbadensis</i>	16.25
<i>Dendropanax arboreus</i>	11.74	<i>Vitex gaumeri</i>	14.49	<i>Metopium brownei</i>	13.13

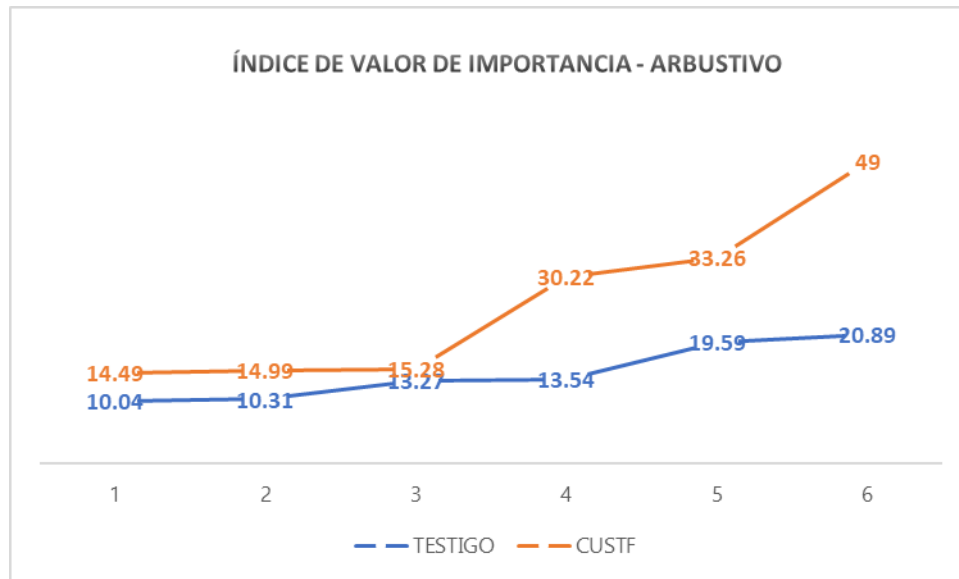
De acuerdo con los datos presentados con respecto a los índices de valor de importancia, tanto para el predio testigo como para el predio del proyecto, podemos concluir lo siguiente.



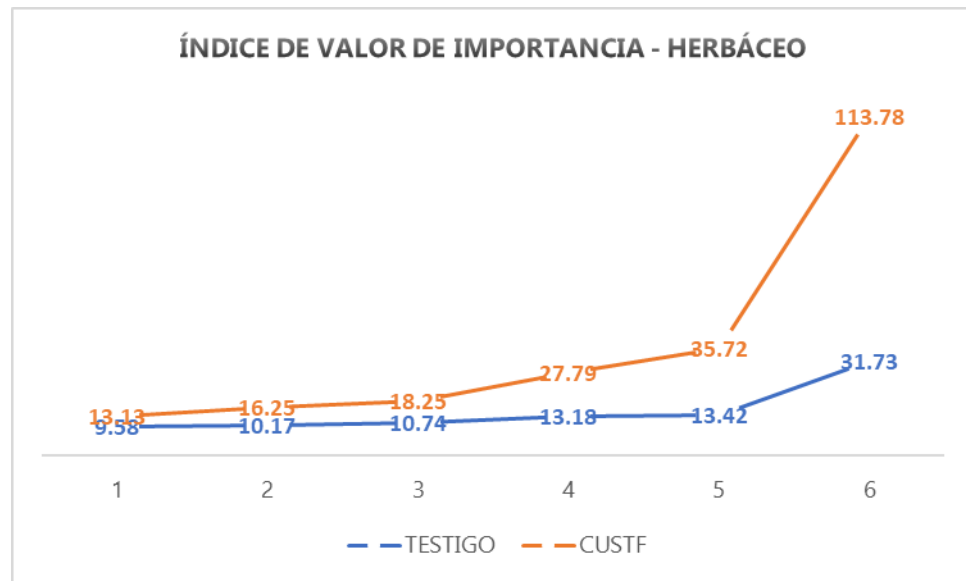
De acuerdo con la gráfica que antecede, se observa que las tres especies más importante en la superficie de CUSTF, predomina de manera notoria sobre las otras especies con alto valor de IVI; mientras que en el predio testigo, sólo la especie más importante es la predominante, en tanto que las otras 5 especies tienen un valor de importancia similar. Esto es un claro indicador de que la estructura del estrato arbóreo,



se encuentra mejor distribuida en el predio testigo, que en la superficie de CUSTF, por lo que se puede demostrar que existen sitios mejor conservados en el sistema ambiental que en el predio del proyecto.



Conforme al gráfico que antecede, se observa nuevamente que la distribución de todas las especies más importantes en el predio testigo, es similar en el estrato arbustivo, ya que sus valores son cercanos entre sí; mientras que en la superficie de CUSTF, se observa que las 3 especies más importantes destacan de manera notoria sobre el resto, dado que alcanzan valores de IVI más elevados, incluso más elevados que las 3 especies más importantes en el predio testigo, por lo que se pueden considerar como especies dominantes; en tanto que las otras tres especies importantes de la superficie de CUSTF se distribuyen de manera similar a las especies de la unidad testigo.



Finalmente se concluye, conforme al gráfico que antecede, que 5 de las 6 especies más importantes en la unidad testigo, presentan una distribución similar a nivel del estrato herbáceo, diferenciándose únicamente la especie más importante ya que su valor de IVI la posiciona como la dominante; sin embargo, en la superficie de CUSTF las tres especies más importantes destacan sobre el resto, pues se observa que presentan una distribución distinta, incluso la especie más importante sobresale de manera notoria sobre el resto, de hecho por encima de la más importante en la unidad testigo.

El análisis presentado con anterioridad, indican que la comunidad vegetal presente en la unidad testigo es más diversa que la existente en la superficie de CUSTF, considerando lo siguiente:

La diversidad de especies es una medida de la complejidad de una comunidad. Es una función tanto del número de especies diferentes (riqueza de especies) como de sus abundancias relativas (uniformidad de especies). Un mayor número de especies y una abundancia más uniforme de las mismas resultan en una mayor diversidad de especies. Por ejemplo:

Una comunidad forestal con 2020 tipos diferentes de árboles tiene una mayor diversidad de especies que una con solo 55 tipos (en el supuesto de que las especies de árboles tuvieran la misma abundancia relativa en ambos casos).

Una comunidad forestal con 2020 tipos de árboles diferentes con abundancias relativas similares tiene una mayor diversidad de especies que un bosque con el mismo número de especies y abundancias relativas desiguales (que el 90% de sus árboles sea de una sola especie, por ejemplo).

En general, los ecólogos piensan que las comunidades más diversas son más estables (esto es, tienen más capacidad para recuperarse después de una perturbación) que las menos diversas. Puedes ver por qué sucede así en el video sobre redes ecológicas. Sin embargo, la relación entre diversidad y estabilidad no es una regla universal y hay algunos casos en los que otros factores (además de la diversidad de especies) son más importantes para determinar la estabilidad de las comunidades y los ecosistemas<sup>22y23</sup>.

Finalmente, para el análisis de la estructura del ecosistema como un componente de la biodiversidad, consideramos los cálculos del Índice de diversidad de Shannon – Wiener (1949), de acuerdo con lo siguiente.

PREDIO TESTIGO		PREDIO DEL PROYECTO	
ESTRATO	ÍNDICE DE DIVERSIDAD	ÍNDICE DE DIVERSIDAD	ESTRATOS
ARBÓREO	1.47 decits/ind	0.83 decits/ind	ARBÓREO
ARBUSTIVO	1.60 decits/ind	1.30 decits/ind	ARBUSTIVO
HERBÁCEO	1.56 decits/ind	0.89 decits/ind	HERBÁCEO
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.54 decits/ind</b>	<b>1.01 decits/ind</b>	<b>PROMEDIO</b>

<sup>22</sup> "Ecology/Community Succession and Stability" (Ecología: sucesión y estabilidad de la comunidad). Wikibooks, 3 de junio 2015, [https://en.wikibooks.org/wiki/Ecology/Community\\_succession\\_and\\_stability](https://en.wikibooks.org/wiki/Ecology/Community_succession_and_stability).

<sup>23</sup> Kent E. Holsinger, "Diversity, Stability, and Ecosystem Function" (Diversidad, estabilidad y función del ecosistema). <http://darwin.eeb.uconn.edu/eeb310/lecture-notes/diversity-stability.pdf>.

Según los datos presentados en la tabla anterior, podemos observar que los valores de diversidad obtenidos mediante la aplicación del índice de diversidad de Shannon-Wiener, indican que la vegetación presente en el predio testigo es ligeramente más diversa que aquella presente dentro del predio del proyecto; pues se observa que los valores obtenidos en el predio testigo, por estrato, son ligeramente superiores a los valores obtenidos a nivel del predio del proyecto; ya que existe una diferencia de **0.53 decits/ind** en el valor promedio calculado. En lo que concierne al estrato arbóreo la diferencia es de **0.64 decits/ind** a favor del predio testigo; mientras que a nivel del estrato arbustivo la diferencia es de **0.30 decits/ind** de igual manera a favor del predio testigo. A nivel del estrato herbáceo el índice obtenido sigue siendo mayor en la unidad testigo con una diferencia de **0.67 decits/ind**.

Aunque se distinguen diferencias mínimas en los estratos de ambas unidades de análisis, podemos considerar que son concluyentes para determinar la importancia de la vegetación, ya que al ser mayor los índices en el predio testigo, asumimos que la vegetación es más homogénea y equitativa, pues cualquier incremento en el valor del índice, nos indica mayor diversidad, aun cuando este sea mínimo. Una conclusión que coincide con los índices de similitud de Jaccard obtenidos con antelación, donde se obtuvo un valor de **0.44** que indica una similitud moderada entre ambos sistemas, es decir, a pesar de compartir ciertos elementos en su estructura, también difieren de manera notoria con respecto a otros.

Estos resultados obtenidos a partir del exhaustivo análisis realizado, indican que la vegetación dentro del predio testigo, es más equitativa y se encuentra mejor estructurada. Esto es concluyente y correlativo con el análisis de los Índices de Valor de Importancia, de diversidad y de similitud; pues en todos los casos se indica que la vegetación presente dentro del predio testigo, es más importante que la vegetación que se presenta dentro del predio del proyecto. Considerando esto, podemos argumentar que aun cuando la vegetación dentro de la superficie de CUSTF será eliminada, podemos asumir que este hecho no compromete la biodiversidad de un ecosistema de Selva mediana subperennifolia, pues es evidente que existen otras

zonas o sitios dentro del sistema ambiental o microcuenca, que poseen una estructura y composición de especies más importante y destacada, que la encontrada dentro del predio del proyecto, por lo que el germoplasma de las poblaciones de flora silvestre, seguirán estando presentes dentro del sistema ambiental, y más aún dentro de la microcuenca, cuenca y subcuenca.

## B.2. Fauna silvestre

Haciendo un análisis comparativo por cada grupo faunístico entre ambas unidades de análisis, y considerando el índice de diversidad calculado, obtenemos lo siguiente:

PREDIO TESTIGO		PREDIO DEL PROYECTO	
GRUPO	ÍNDICE DE DIVERSIDAD	ÍNDICE DE DIVERSIDAD	GRUPO
ANFIBIOS	0.24 decits/ind	0.00 decits/ind	ANFIBIOS
REPTILES	0.88 decits/ind	0.65 decits/ind	REPTILES
AVES	1.32 decits/ind	1.07 decits/ind	AVES
MAMÍFEROS	0.59 decits/ind	0.60 decits/ind	MAMÍFEROS
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.76 decits/ind</b>	<b>0.58 decits/ind</b>	<b>PROMEDIO</b>

Según los datos presentados en la tabla anterior, podemos observar que los valores de diversidad obtenidos para la fauna mediante la aplicación del índice de diversidad de Shannon-Wiener, son más elevados dentro del predio testigo considerando los cuatro grupos taxonómicos estudiados, ya que se obtiene un valor promedio de **0.76 decits/ind** para el predio testigo y de **0.58 decits/ind** a nivel del predio del proyecto; una diferencia de **0.18 decits/ind**, lo que permite asumir que las especies presentan una distribución más equitativa a un nivel del sistema ambiental o la microcuenca; Así mismo, en un análisis a nivel de cada grupo faunístico, observamos que el índice obtenido para las aves, reptiles y anfibios es mayor en el predio testigo, que los obtenidos en el polígono de aprovechamiento. Así mismo, cabe destacar la ausencia de anfibios dentro del predio del proyecto, y su presencia en la unidad testigo, considerando que se trata de un grupo taxonómico indicador de la buena salud de un ecosistema. Con esto podemos asumir que la fauna silvestre presente en el sistema



ambiental, se encuentra mejor estructurada y distribuida, que la fauna existente en el predio del proyecto.

## C. IMPORTANCIA DE LAS ESPECIES

### C.1. Flora silvestre

La función de las especies como un componente de la biodiversidad, se analiza tomando en cuenta las especies dominantes en cada estrato; las especies con baja abundancia, y las especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010; exclusivamente aquellas presentes dentro del predio del proyecto, bajo el supuesto de que pueden ser afectadas con el desarrollo del cambio de uso de suelo propuesto; conforme a lo siguiente:

- **Especies dominantes**

A nivel del estrato arbóreo las especies dominantes, de acuerdo con el valor de importancia alcanzado, fueron *Metopium brownei* (chechen), *Lysiloma latisiliquum* (tzalam) y *Bursera simaruba* (chaca); en el estrato arbustivo fueron *Metopium brownei* (chechen), *Bursera simaruba* (chaca) y *Dendropanax arboreus* (sac chaca); y finalmente en el estrato herbáceo se registraron *Nectandra coriácea* (laurelillo), *Ficus padifolia* (amatillo) y *Vitex gaumeri* (ya'ax nik).

De acuerdo con la literatura especializada, los ecosistemas maduros de Selva mediana subperennifolia (según Miranda y Hernández, 1963), las especies dominantes en el dosel son *Manilkara zapota* (zapote), *Brosimum alicastrum* (ramón), *Talisia olivaeformis* (huaya de monte), *Pouteria unilocularis* (zapotillo) y *Gymnanthes lucida* (yayte)<sup>24 y 25</sup>; lo cual no ocurre en el predio del proyecto, pues ninguna de esas especies figura como la más importante.

<sup>24</sup><http://cancun.gob.mx/ecologia/files/2012/01/CaracterPOEL1.pdf>

<sup>25</sup> <http://www.ecosur-qroo.mx/jardin.htm>

Así mismo, dichos autores señalan que las especies más abundantes en los estados secundarios de dicho ecosistema son *Bursera simaruba* (chacah), *Metopium brownei* (Chechen), *Lysiloma latisiliquum* (tzalam) y *Dendropanax arboreus* (sac chacah) <sup>(26)</sup>; lo cual se acentúa a nivel del predio del proyecto donde las especies más importantes a nivel del estrato arbóreo son *Metopium brownei* (chechen) y *Lysiloma latisiliquum* (tzalam). Esto también lo confirma Ramos y Porter (2002)<sup>27</sup>.

Finalmente señalan que en el sotobosque o estrato herbáceo abundan las palmas *Chamaedora sifrizii* (xyaat), *Thrinax radiata* (chit) y *Coccothrinax readii* (nacax) <sup>(28)</sup>; sin embargo, ninguna especie de palma figura dentro de las especies más importantes a nivel del estrato herbáceo en la superficie de aprovechamiento.

- **Especies con baja abundancia**

De acuerdo con el inventario forestal realizado en la superficie de aprovechamiento, las especies con menor abundancia, fueron las siguientes:

Estrato arbóreo con 2 ind/ha

- *Caesalpinia yucatanensis*
- *Ceiba pentandra*
- *Diospyros cuneata*
- *Eugenia trikii*
- *Gymnopodium floribundum*
- *Pouteria campechiana*
- *Simarouba amara*
- *Thevetia gaumeri*
- *Thouinia paucidentata*

<sup>26</sup><http://cancun.gob.mx/ecologia/files/2012/01/CaracterPOEL1.pdf>

<sup>27</sup> Dr. José M. Ramos Prado y Luciana Porter Bolland. 2002. Manual de identificación y enriquecimiento de plantas de la vegetación secundaria de la Reserva Ecológica El Edén A. C. CONACYT-CONAFOR 2002-C01-5488

<sup>28</sup><http://cancun.gob.mx/ecologia/files/2012/01/CaracterPOEL1.pdf>

### Estrato arbustivo con 8 ind/ha

- *Byrsonima bucidaefolia*
- *Caesalpinia gaumeri*
- *Coccoloba spicata*
- *Diphysa carthagenensis*
- *Eugenia trikii*
- *Gliricidia sepium*
- *Laethia thamnia*
- *Thouinia paucidentata*
- *Zuelania guidonia*

### Estrato herbáceo con 2 ind/ha

- *Cupania dentata*
- *Lonchocarpus rugosus*
- *Sideroxylon salicifolium*

Visto lo anterior, se propone como medida de compensación a fin de evitar que afectaciones severas sobre dichas especies, el rescate de cada una de ellas en igual proporción, tal como se indica en la siguiente tabla:

ESTRATO ARBÓREO		
ESPECIES	IND/HA - MUESTREO	IND/3.531 HA - RESCATE
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	2	7
<i>Ceiba pentandra</i>	2	7
<i>Diospyros cuneata</i>	2	7
<i>Eugenia trikii</i>	2	7
<i>Gymnopodium floribundum</i>	2	7
<i>Pouteria campechiana</i>	2	7
<i>Simarouba amara</i>	2	7
<i>Thevetia gaumeri</i>	2	7
<i>Thouinia paucidentata</i>	2	7

ESTRATO ARBUSTIVO		
ESPECIES	IND/HA - MUESTREO	IND/3.531 HA - RESCATE
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	8	28
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	8	28
<i>Coccoloba spicata</i>	8	28
<i>Diphysa carthagenensis</i>	8	28
<i>Eugenia trikii</i>	8	28
<i>Gliricidia sepium</i>	8	28
<i>Laethia thamnina</i>	8	28
<i>Thouinia paucidentata</i>	8	28
<i>Zuelania guidonia</i>	8	28

ESTRATO HERBÁCEO		
ESPECIES	IND/HA - MUESTREO	IND/3.531 HA - RESCATE
<i>Cupania dentata</i>	2	7
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	2	7
<i>Sideroxylon salicifolium</i>	2	7

Las tallas de las plantas que serán rescatadas, pueden ser consultadas en el Programa de rescate de flor anexo al capítulo 12 de este estudio.

- **Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010**

De acuerdo con el listado de especies de flora silvestre presente dentro de la superficie de aprovechamiento, se tuvo como resultado que 1 especie se encuentra listada en la Norma Oficial Mexicana en comento, a saber: *Thrinax radiata* (*chit*), en la categoría de especie amenazada, es decir, aquellas 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. A continuación, se presenta una ficha técnica de esta especie.

<b>Taxón:</b> <i>Thrinax radiata</i> Lodd. ex Schult. & Schult. f. Ver imágenes >>
<b>Basónimo:</b> NA.
<b>Sinónimos:</b> NA.
<b>Nombres comunes:</b> Nombre común desconocido.
<b>Distribución en la Península de Yucatán:</b> Ver mapa >>
<b>Ejemplares de herbario colectados en la península:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Campeche:</b> J. Murphy 3, CICY, E. Ucán et al. 1025, CICY.</li> <li>■ <b>Q. Roo:</b> H. J. Quero 2434, MEXU, E. Ucán et al. 1025, CICY.</li> <li>■ <b>Yucatán:</b> F. Contreras 2, CICY.</li> </ul>
<b>Distribución en México:</b> Sólo en la Península de Yucatán.
<b>Distribución general:</b> Centroamérica, N Sudamérica y Trinidad.
<b>Habito (Vegetación):</b> No hay información.
<b>Hábitats:</b> <a href="#">No hay información.</a>
<b>Climas:</b> <a href="#">No hay información.</a>
<b>Categoría de riesgo:</b> Amenazada (NOM-059-ECO-2001).
<b>Uso:</b> Sus hojas son empleadas en la construcción de casas rústicas y más recientemente en palapas de centros turísticos. También para la elaboración de escobas y trampas para langostas.

Como podemos observar, la especie es endémica de la Península de Yucatán; sin embargo, también se distribuye en Centroamérica y Sudamérica, por lo tanto, se asume que sus poblaciones están ampliamente distribuidas. Así mismo, es importante resaltar que *Thrinax radiata* (*chit*) también fue registrada dentro de la unidad testigo, es decir, a nivel del sistema ambiental, y puede ser localizada a nivel de la Cuenca, Subcuenca y Microcuenca; así mismo, el proyecto contempla llevar a cabo su rescate, otorgándole un mayor número individuos por unidad de superficie, con lo que se asegura que el cambio de uso de suelo, no compromete su biodiversidad.

## C.2. Fauna silvestre

- **Especies dominantes**

De acuerdo con el inventario de fauna silvestre llevado a cabo al interior del polígono aprovechamiento, las especies dominantes, considerando su abundancia, son las siguientes:



## Reptiles

- *Anolis tropidonotus*<sup>29</sup>
- *Basiliscus vittatus*<sup>30</sup>
- *Sceloporus chrysostictus*<sup>31</sup>

## Aves

- *Quiscalus mexicanus*. Su hábitat suele ser las áreas agrícolas y las afueras<sup>32</sup>
- *Mimus gilvus*. Es común en la mayoría de los hábitats abiertos, entre ellos asentamientos humanos<sup>33</sup>.
- *Cyclarhis gujanensis*. Tiene registros en plantaciones, eucaliptales, cerrados, caatingas, pastos sucios, manglares, parques y calles urbanas<sup>34</sup>.

## Mamíferos

- *Didelphis virginiana*. Con frecuencia es visto en los pueblos saqueando basureros o en el suelo de las calles como víctima de atropello por vehículo motorizado<sup>35</sup>.
- *Nasua narica*. Se adaptan fácilmente a la presencia humana y a menudo se los observa incursionando los campamentos y saqueando los recipientes de basura. Pueden ser domesticados con relativa facilidad<sup>36</sup>.
- *Sciurus yucatanensis*.

---

<sup>29</sup> Acta Zool. Mex vol.24 no.1 Xalapa abr. 2008

<sup>30</sup> Ibidem

<sup>31</sup> Ibidem

<sup>32</sup> <http://www.naturalista.mx/taxa/9607-Quiscalus-mexicanus>

<sup>33</sup> <http://www.naturalista.mx/taxa/14884-Mimus-gilvus>

<sup>34</sup> [http://www.naturalista.mx/taxa/17421-Cyclarhis-gujanensis#Distribuci%C3%B3n\\_y\\_h%C3%A1bitat](http://www.naturalista.mx/taxa/17421-Cyclarhis-gujanensis#Distribuci%C3%B3n_y_h%C3%A1bitat)

<sup>35</sup> <http://www.naturalista.mx/taxa/42652-Didelphis-virginiana>

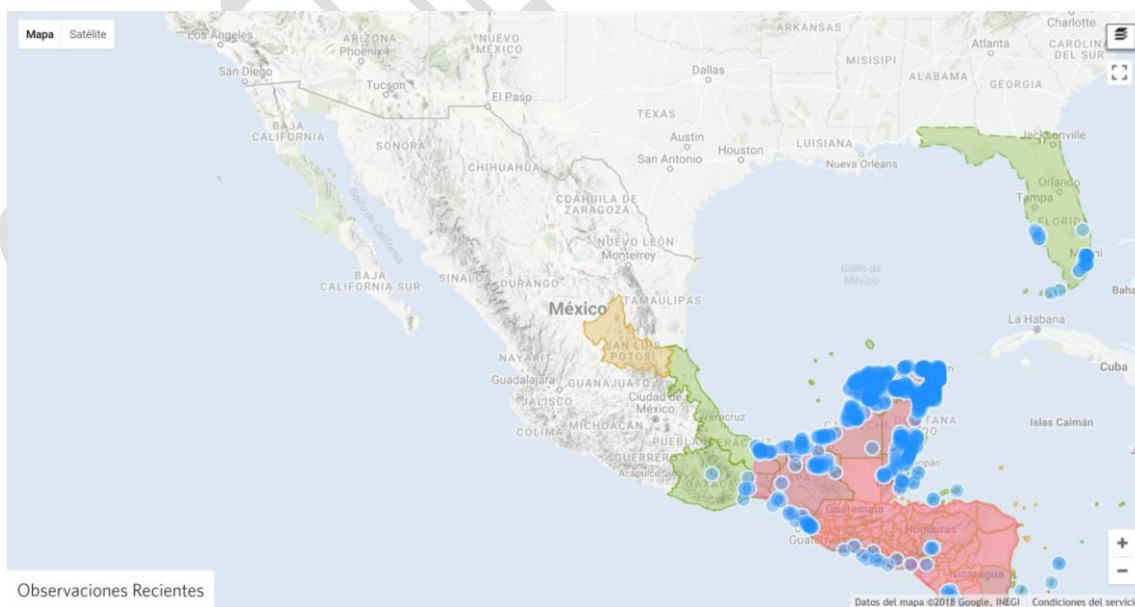
<sup>36</sup> <http://www.naturalista.mx/taxa/41673-Nasua-narica>

Todas las especies antes referidas son abundantes en los ecosistemas donde son registrados, y presentan una amplia distribución; sin embargo, la mayoría de ellas son consideradas como especies adaptadas a ambientes perturbados o vegetación en estado secundario, de acuerdo con la literatura especializada, lo cual tiene correlación con el análisis de diversidad de flora silvestre, presentado previamente, a través del cual se concluyó que se trata de un ecosistema en estado sucesional secundario.

- **Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010**

Se tuvo como resultado que 1 especie se encuentra listada en alguna categoría de riesgo conforma a la Norma Oficial Mexicana en comento:

***Ctenosaura similis (amenazada)***. - La localidad tipo para esta especie es Tela, Honduras y el rango de distribución conocido para *C. similis* son las áreas costeras del Istmo de Tehuantepec en la Costa del Pacífico y centro de Veracruz hasta Panamá, y en México se reporta para los estados de Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Oaxaca y Chiapas (Smith y Taylor, 1950)<sup>37</sup>. En el siguiente mapa se muestra su área de distribución natural en México.



<sup>37</sup> <http://naturalista.conabio.gob.mx/taxa/35303-Ctenosaura-similis>

De acuerdo con lo anterior, tenemos que se trata de especies ampliamente distribuidas en el País, por lo que no está comprometida su biodiversidad con el cambio de uso de suelo propuesto. Asimismo, el proyecto contempla llevar a cabo su rescate, además que se encuentran registradas dentro del predio testigo en el sistema ambiental, la cuenca, subcuenca y microcuenca, con lo que se asegura que el cambio de uso de suelo, no compromete su biodiversidad.

### 11.1.2. No se provocará la erosión de los suelos

#### A. Erosión actual y erosión potencial del suelo

La metodología y cálculos estimados con respecto a la erosión actual que ocurre en la superficie de cambio de uso de suelo propuesta, sin el proyecto; así como la metodología y los cálculos realizados para estimar la erosión potencial del suelo con el proyecto, pueden ser consultados en el contenido del capítulo 10 del presente estudio, por lo que se sugiere remitirse a dicho apartado.

De acuerdo con la información vertida en el capítulo 10 antes referido, tenemos que la erosión neta para el predio del proyecto es de **-0.596 Ton/ha/año**; lo que significa que anualmente se repone (el resultado fue negativo) una lámina de suelo de 0.059 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 sin el proyecto, 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 existe evidencia de degradación o pérdida de la capacidad productiva natural del suelo, al contrario, existe una deposición anual de 0.059 mm de suelo.

Así mismo, de acuerdo con la información presentada en ese mismo capítulo de este estudio, tenemos que la erosión potencial calculada para la superficie de aprovechamiento, nos indica que se perderían 316.03 ton/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 31.60 mm (3.16 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 17.5 cm (175 mm) en promedio <sup>(38)</sup>, podemos afirmar que el suelo se perdería por procesos erosivos en su totalidad, en un plazo de 5.5 años, si consideramos que se estima una pérdida de 3.16 cm anuales (17.5 / 3.16), lo cual se considera un plazo bastante extenso y que nos indica que la superficie de CUSTF no posee tierras frágiles.

Aunado a lo anterior, es importante considerar que la regeneración natural de un ecosistema de Selva a nivel del sotobosque, en clima tropical, generalmente ocurre en un plazo estimado de 1 año, según experiencias previas en campo; lo cual resulta relevante toda vez que se trata de la primera capa cobertora a favor de la protección de los suelos; entonces 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; y en consecuencia, en ese año se perderían 3.16 cm de tierra de acuerdo con los cálculos realizados, por lo que no se alcanzaría el plazo de los 15 años que se requieren para que se erosione por completo el suelo existente en la superficie de CUSTF.

---

<sup>38</sup> Rendzinas (suelo predominante en el predio) con espesor por debajo de los 25 cm; litosoles (suelo secundario en el predio) con espesor menor a 10 cm. INEGI, capítulo 5 del presente estudio.

## B. Factor de protección de la vegetación "C"<sup>39</sup>

El proceso de erosión está fuertemente condicionado por la cobertura que ofrece la vegetación. Esta proporciona una eficaz protección al suelo, minimizando su pérdida bajo diferentes situaciones desfavorables.

La vegetación lleva a cabo su papel protector de diferentes formas: por una parte disipa la energía cinética de las gotas de lluvia, evitando que éstas incidan directamente sobre el suelo; los tallos hacen que el flujo laminar del agua al escurrir se ralentice, reduciéndose la capacidad de transporte de partículas de suelo en suspensión; las raíces proporcionan estabilidad y un aumento de la porosidad del suelo que redundará en una mayor tasa de infiltración; y además las áreas con vegetación abundante favorecen el depósito del suelo arrastrado por el agua, evitando su pérdida a través de la red de drenaje.

Este aspecto protector de la vegetación se ha puesto de relieve en la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo mediante su cuantificación en un factor "C", denominado de protección de la cobertura vegetal. Obviamente el valor de este factor variará en función de la clase y calidad de esta cobertura, oscilando sus valores desde un mínimo del 0,001 para las cubiertas forestales más densas hasta un valor de 1 para el suelo desnudo.

Una característica especialmente reseñable de este factor es la gran facilidad con que se puede modificar, generalmente por la mano del hombre, acrecentándose o disminuyendo el proceso erosivo en función del tipo de actuación realizada, ya sea encaminada hacia usos inadecuados o hacia el control de este proceso.

Como ya se ha comentado anteriormente, los valores que puede tomar el factor C presentan una alta variabilidad, fruto tanto de la facilidad de transformación de la

---

<sup>39</sup><http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Lists/CursoTaller%20Desarrollo%20de%20capacidades%20orientadas%20a/Attachments/23/01.pdf>



cubierta vegetal como de sus distintas fases de desarrollo. En las zonas de vegetación natural C se mantiene constante, generalmente, durante todo el año en contraposición de lo que ocurre en las tierras dedicadas a uso agrícola. Es en esta última situación cuando el cálculo del factor C se hace más complicado puesto que dependerá de los niveles de protección que ofrezcan las diferentes alternativas de cultivo, de la distribución local de las precipitaciones, de los niveles de productividad de los cultivos, de las distintas fases de desarrollo de éstos, de las prácticas de cultivo y del manejo de los residuos después de la cosecha.

El factor de protección "C" se estima dividiendo las pérdidas de suelo de un lote con cubierta vegetal 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 una cobertura vegetal alta. Los valores de C que se reportan para diferentes partes del mundo y para México se presentan en el siguiente cuadro:

<b>TABLA DE VALORES DE C</b>			
<b>CUBIERTA VEGETAL</b>	<b>NIVEL DE PRODUCTIVIDAD</b>		
	<b>ALTO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>BAJO</b>
Suelo desnudo	1.0	-	-
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	-	-

TABLA DE VALORES DE C			
CUBIERTA VEGETAL	NIVEL DE PRODUCTIVIDAD		
	ALTO	MODERADO	BAJO
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 75 al 100%*	<b>0,003 – 0.011</b>	-	-
Bosques área cubierta del 45 al 70%*	0.010 – 0.040	-	-
Bosques área cubierta del 25 al 40% con residuos*	0.41	-	-
Bosques área cubierta del 25 al 40% sin residuos*	0.84	-	-

\*Tomado de: (40)

Para estimar la erosión del suelo consideramos que al interior de la superficie de CUSTF, existe un bosque natural (selva mediana subperennifolia) que la cubre en un 100%, de acuerdo con el plano de vegetación presentado en el capítulo 5. Entonces el valor de C que se está tomando en cuenta para calcular la erosión potencial, es el de 0.003, por lo cual la fórmula sería<sup>41</sup>:

$$E_p = R * K * LS * C$$

$$E_p = (8,314.5) (0.021) (1.81) (0.003)$$

$$E = 0.95 \text{ ton/ha/año}$$

El valor del factor de erosión estimado, con el factor de cobertura C, es de 0.95 ton/ha/año, valor que se encuentra por debajo de la media permisible que es de 10 ton/ha/año, considerado como el valor el máximo para México<sup>42</sup>. Por consiguiente, la erosión estimada considerando el desarrollo del proyecto, será escasamente significativa y por lo tanto el proyecto es factible, ya que no se está sobrepasando el límite establecido.

<sup>40</sup> Jesús Gracia Sánchez. Pérdida de suelo en cuencas. Versión actualizada del Capítulo 17 del Manual de Ingeniería de Ríos que el Instituto de Ingeniería elaboró para la Comisión Nacional del Agua. Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>41</sup> Los valores de R, K y LS, fueron calculados en el Capítulo 8 del presente estudio.

<sup>42</sup> <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Lists/CursoTaller%20Desarrollo%20de%20capacidades%20orientadas%20a/Attachments/6/04estim-eros-sue.pdf>

En sentido de lo anterior, tenemos que el proyecto de acuerdo con su naturaleza, no provocará la erosión de los suelos.

### C. Volumen de suelo que puede ser recuperado dentro de las áreas verdes

A continuación, se realiza un análisis de la medida de mitigación propuesta para el desarrollo del proyecto, la cual consiste en mantener una superficie de 13630.594 m<sup>2</sup> como áreas verdes, con el objeto de determinar el volumen de suelo que puede recuperarse en las mismas, o en su caso, conservar.

Para estimar la cantidad de suelo que se recuperaría en las áreas verdes del proyecto, se utilizaron los datos de pérdida y deposición de suelo obtenidos durante el inventario de suelos realizado al interior del predio, y que fue debidamente descrito en el capítulo 8 de este estudio, conforme a lo siguiente.

#### Pérdida y deposición de suelo

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 30 días en el que permanecieron "in situ".

REGISTRO DE PÉRDIDA Y DEPOSICIÓN DE SUELO														
PARÁMETRO	SITIOS O PUNTOS DE MUESTREO												Σ	PROMEDIO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Pérdida (mm)	0.1	0	0	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0	-0.12	-0.01
Deposición (mm)	0	0	0.1	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0.1	+0.70	+0.058

#### Densidad aparente

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

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

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.

<b>REGISTRO DE DENSIDAD APARENTE</b>			
<b>SITIO/MUESTRA</b>	<b>PESO SECO (gr)</b>	<b>TARA DEL CILINDRO (gr)</b>	<b>VOL. DE SUELO (cm<sup>3</sup>)</b>
1	535	10	405
2	543	10	405
3	431	10	405
4	633	10	405
5	439	10	405
6	451	10	405
7	555	10	405
8	546	10	405
9	441	10	405
10	601	10	405
11	595	10	405
12	402	10	405
<b>Acumulación (<math>\Sigma</math>)</b>	<b>6172 gr</b>	<b>120 gr</b>	<b>4860 cm<sup>3</sup></b>
<b>Acumulación (<math>\Sigma</math>)</b>	<b>6.172 kg</b>	<b>0.12 kg</b>	<b>0.00486 m<sup>3</sup></b>
<b>DENSIDAD APARENTE = (6.172 kg - 0.12 kg) / 0.00486 m<sup>3</sup></b>			
<b>DENSIDAD APARENTE = 1,245.27 kg/m<sup>3</sup></b>			

Los resultados obtenidos expresados en kilogramos por metro cúbico, fueron transformados a toneladas por metro cúbico (Ton/m<sup>3</sup>), lo que nos arroja un resultado de 1.24 Ton/m<sup>3</sup> para la unidad edáfica.

## 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):

$$E = Y * Da * 10$$

Donde:

**E**= 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:

$$E = Y * Da * 10$$

$$E = 0.01 * 1.24 * 10$$

$$E = 0.124 \text{ Ton/ha/año}$$

### b) Tasa media de deposición

Para la cuantificación de la tasa de deposición de suelo 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:



$$S = Y * Da * 10$$
$$S = 0.058 * 1.24 * 10$$
$$S = 0.72 \text{ Ton/ha/año}$$

### 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:

**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:

$$En = 0.124 \text{ Ton/ha/año} - 0.72 \text{ Ton/ha/año}$$

$$En = -0.596 \text{ Ton/ha/año}$$

Un resultado negativo en la aplicación de la fórmula, indica que no existe erosión, ya que el valor de deposición es mayor; entonces, de acuerdo con el resultado anterior, tenemos el predio del proyecto presenta una erosión neta de -0.596 Ton/ha/año; lo que significa que anualmente se repone (el resultado fue negativo) una lámina de suelo de 0.059 mm por ha/año, 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 sin el proyecto, no existe erosión, pues la tasa media de deposición del suelo es superior a la tasa media de erosión.

Con base en los resultados obtenidos, y que fueron descritos en el capítulo 8 de este estudio, se puede concluir que en las áreas verdes del proyecto se repondría anualmente  $0.0008 \text{ m}^3$  de suelo, si consideramos que se reponen 0.00059 metros anuales en 1.357 hectáreas de áreas verdes que propone el proyecto.

Cabe señalar que 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) y sus características son las siguientes:

**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.

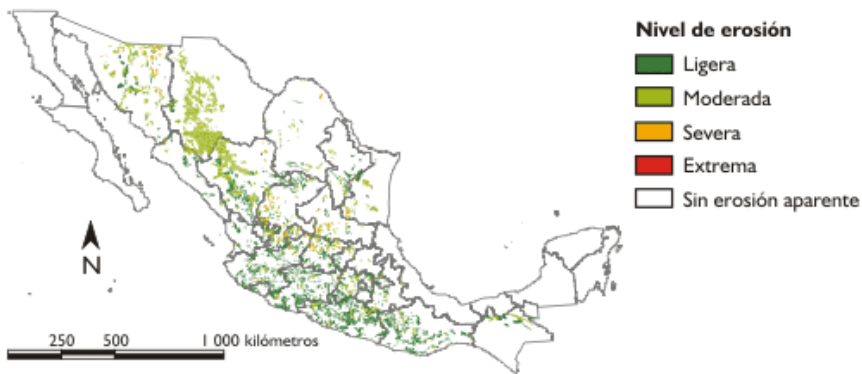
**Erosión eólica:** Corresponde a la provocada por el viento.

**Erosión Química:** Está muy asociada a la intensificación de la agricultura, ésta se debe a la reducción de su fertilidad por pérdida de nutrientes.

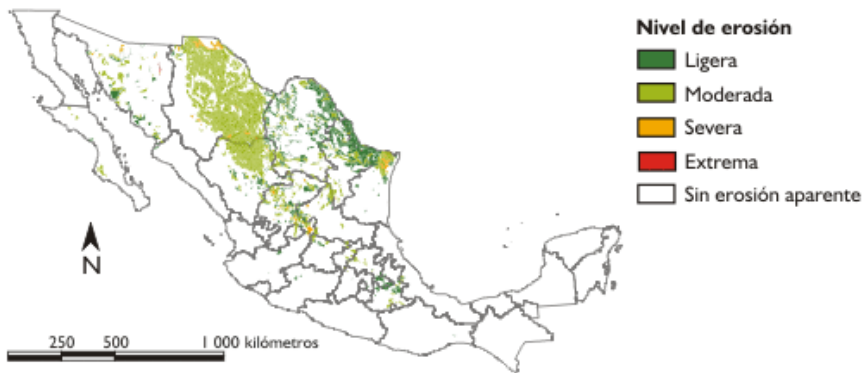
**Erosión Física:** Se refiere principalmente a la pérdida de la capacidad del sustrato para absorber y almacenar agua, esto ocurre cuando el suelo se compacta, se endurece o es recubierto.

De acuerdo a los planos elaborados por la SEMARNAT y el Colegio de posgraduados (2003), para el estado de Quintana Roo la degradación de los suelos por causas hídricas o eólicas corresponde a cero, es decir, no existe erosión.

Mapa 3.5 Erosión hídrica de suelos según nivel en México, 2002

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

Mapa 3.6 Erosión eólica de suelos según nivel en México, 2002

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

Así mismo se observa que la degradación química en la península de Yucatán, se da en el estado de Yucatán y en el estado de Quintana Roo solo en las zonas agropecuarias de la parte centro sur del estado, no así en la parte Norte que es donde se ubica el predio del proyecto.

José Ibáñez (2006), establecen que la degradación física de los suelos viene propiciada por la pérdida de materia orgánica y/o el efecto del tránsito de la maquinaria pesada,

y/o por eliminar la cobertura vegetal y permitir que el suelo quede desnudo frente al impacto de las gotas de lluvia. Obviamente la acción conjugada de los tres procesos genera que se refuercen unos a otros, afectando negativamente sus propiedades hidrológicas (disminución de la infiltración del agua en el suelo y promoviendo la escorrentía superficial), y como corolario favoreciendo los procesos de erosión.

### **11.1.3. No se provocará la disminución de la captación de agua**

Para poder determinar que no se provocará la disminución en la captación de agua, 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 puede ser captada en el sistema ambiental.

#### **A. Cantidad de agua captada en 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:

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

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

K es un factor que depende de la cobertura arbolada y del tipo de suelo, lo cual puede apreciarse en el cuadro 9 siguiente.

CUADRO 9. VALORES DE K PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELO Y DIFERENTES COBERTURAS ARBOLADAS.			
COBERTURA DEL BOSQUE	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Más del 75%	0.07	0.16	0.24
Entre 50-75%	0.12	0.22	0.26
Entre 25-50%	0.17	0.26	0.28
Menos del 25%	0.22	0.28	0.30

Suelo A: Suelos permeables (arenas profundas y loes poco compactos).  
 Suelo B: Suelos medianamente permeables (arenas de mediana profundidad, loes y migajón).  
 Suelo C: Suelos casi impermeables (arenas o loes delgados sobre capa impermeable, arcillas).

FUENTE: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua 1999.

Para la estimación de volúmenes de infiltración de agua en la superficie de cambio de uso de suelo sin el proyecto, se tomó como base la información del inventario forestal y el valor promedio de precipitación anual para la zona donde se ubica. También se consideró el supuesto del modelo que refiere que bosques con volúmenes superiores a 190 m<sup>3</sup>/ha son bosques con más del 75% de cobertura; los que se encuentran entre 100-190 m<sup>3</sup>/ha son bosques con 50-75% de cobertura; los que varían entre 35-100 m<sup>3</sup>/ha son bosques con 25-50% de cobertura y finalmente los que presentan volúmenes menores a 35 m<sup>3</sup>/ha son bosques con menos del 25% de cobertura. Así mismo, considerando que el predio se ubica dentro de una zona con posibilidades



altas de funcionar como acuífero (según la carta de hidrología subterránea del INEGI), entonces asumimos que los suelos son tipo A (suelos permeables).

Considerando lo señalado anteriormente, tenemos que el valor de **P** (precipitación media anual) para la zona donde se ubica el predio es de 1,000 mm y el valor de **K** es de 0.07, considerando que la superficie de CUSTF se ubica en una zona donde los suelos son de tipo A (permeables toda vez que se trata de material consolidado con posibilidades altas de funcionar como acuífero); y dado que el volumen de su masa forestal es de 235.89 m<sup>3</sup>/ha (cobertura de más del 75%), como se indica en el siguiente cuadro.

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

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

$$C_e = K (P-500) / 200, \text{ ya que } K \text{ es menor a } 0.15$$

$$C_e = (0.07) (1,000 - 500) / 200$$

$$C_e = (0.07) (500 / 200)$$

$$C_e = (0.07) (2.5)$$

$$C_e = 0.175$$

Entonces tenemos que el coeficiente de escurrimiento (**C<sub>e</sub>**) en la superficie de cambio de uso de suelo, con cobertura vegetal de más del 75%, es decir, sin el proyecto, es de 0.175.

Luego entonces, 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 1000 mm de precipitación media anual, equivalen a 1,000 litros de agua por metro cuadrado. Así mismo, tenemos que 1,000 litros de agua equivalen a 1 m<sup>3</sup>, por lo tanto, tenemos que 1000 mm de precipitación media anual de la zona en donde se ubica el predio equivalen a 1 m<sup>3</sup> de agua.

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

$$V_e = P * A_t * C_e$$

$$V_e = 1 \text{ m}^3 * 35317.34 \text{ m}^2 * 0.175$$

$$V_e = 6180.53 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

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

$$I = P - V_e$$

Donde:

**I:** Volumen estimado de infiltración en el área de interés ( $m^3$ )

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

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

Sustituyendo los valores en la ecuación, obtenemos lo siguiente:

$$I = P - Ve$$

$$I = (1 m^3) (35317.34 m^2) - 6180.53 m^3/m^2$$

$$I = 35317.34 m^2 - 6180.53 m^3/m^2$$

$$I = 29,136.81 m^3/m^2$$

Considerando los cálculos realizados en los apartados anteriores, podemos concluir que actualmente en la superficie de cambio de uso de suelo se capta un volumen de  $29,136.81 m^3/m^2$ , y se pierden  $6180.53 m^3/m^2$  anuales por escurrimiento.

## **B. Cantidad de agua captada en el sistema ambiental**

Para calcular la cantidad de agua que puede ser captada en el sistema ambiental, la cual posee una precipitación media anual de 1,000 mm en promedio, se consideró la superficie de Selva mediana subperennifolia que presenta dicha unidad de análisis, que es de 17,451.51 hectáreas, aplicando el mismo valor de **K** (0.07) utilizado para el predio del proyecto, bajo el supuesto hipotético de que se trata de un ecosistema similar al que será afectado con el CUSTF; y por lo tanto, el mismo coeficiente de escurrimiento ( $C_e$ ) que fue de 0.175.

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

Volumen de escurrimiento anual:

$$Ve = P * At \text{ (superficie del sistema ambiental con cobertura vegetal)} * Ce$$

$$Ve = P * At * Ce$$

$$Ve = 1 \text{ m}^3 * 174'515,100 \text{ m}^2 * 0.175$$

$$Ve = 30'540,142.50 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

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

$$I = P - Ve$$

$$I = (1 \text{ m}^3) (174'515,100 \text{ m}^2) - 30'540,142.50 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = 174'515,100 \text{ m}^3/\text{m}^2 - 30'540,142.50 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = 143'974,957.50 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Considerando los cálculos realizados en los apartados anteriores, podemos concluir que actualmente en la superficie del sistema ambiental con cobertura de Selva mediana subperennifolia se capta un volumen de  $143'974,957.50 \text{ m}^3/\text{m}^2$  anuales, y se pierden  $30'540,142.50 \text{ m}^3/\text{m}^2$  por escurrimiento.

### C. Cantidad de agua captada en las áreas permeables

Para calcular la cantidad de agua que puede ser captada en las áreas permeables, que, al ubicarse dentro del mismo predio, poseen una misma precipitación media anual de 1,000 mm en promedio; aplicando el mismo valor de  $K(0.07)$  utilizado para el terreno forestal en estudio, bajo el supuesto hipotético de que se trata del mismo sitio; por lo tanto, el mismo coeficiente de escurrimiento ( $Ce$ ) que fue de 0.175.

Una vez definido el coeficiente de escurrimiento, se procede a estimar el volumen de escurrimiento y el volumen de infiltración, anuales, que ocurrirían en las áreas permeables, conforme a lo siguiente

Volumen de escurrimiento anual:

$$V_e = P * A_t \text{ (superficie de áreas permeables) } * C_e$$

$$V_e = P * A_t * C_e$$

$$V_e = 1 \text{ m}^3 * 13570.34 \text{ m}^2 * 0.066$$

$$V_e = 895.64 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

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

$$I = P - V_e$$

$$I = (1 \text{ m}^3) (13570.34 \text{ m}^2) - 895.64 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = 13570.34 \text{ m}^3/\text{m}^2 - 895.64 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = 12,674.697 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Considerando los cálculos realizados en los apartados anteriores, podemos concluir que, en las áreas permeables del proyecto, se captaría un volumen de 12,674.697 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales, y se perderían 895.64 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> por escurrimiento.

#### D. Conclusiones

Considerando el volumen de captación de agua que ocurre en la superficie de CUSTF (29,136.81 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> anuales), en comparación con el volumen de captación de agua estimado para la unidad de análisis del sistema ambiental (143'974,957.50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>), 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 0.02% de la captación total que ocurre en esa unidad de análisis; y si a esto le sumamos que el predio del proyecto mantendrá el 40% de su superficie como área permeable, y que se captarían 13570.34 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> en las áreas verdes del proyecto, entonces tenemos que la pérdida neta sería de 15,566.47 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>; por lo que podemos asegurar categóricamente que la captación de agua en cantidad que acontece en el sistema ambiental, e incluso a nivel del predio, 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 de la superficie de CUSTF, considerando el volumen de agua que es captada en ambos sistemas.



#### 11.1.4. No se compromete la captación de agua en calidad

Para no comprometer la calidad del acuífero subterráneo, y por lo tanto, evitar que se comprometa la captación de agua en calidad, el proyecto tiene contemplado llevar a cabo una serie de acciones que permitirán prevenir y en su caso, evitar la contaminación del acuífero, las cuales se describen a continuación:

- **Medida 1.** Se contará con un equipo de respuesta rápida ante un derrame accidental de hidrocarburos por uso de maquinaria; con la finalidad de prevenir la contaminación del acuífero derivado de sustancias potencialmente contaminantes.
- **Medida 2.** Se instalarán sanitarios portátiles tipo "Sanirent" durante el cambio de uso del suelo, a razón de 1 por cada 25 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.
- **Medida 3.** 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.

Con las medidas antes descritas, sumadas a las descritas en el capítulo 12, se puede concluir que el proyecto no será una fuente generadora de agentes potencialmente contaminantes para el acuífero; por lo que se puede concluir que el cambio de uso de suelo propuesto, no pone en riesgo la prestación del servicio ambiental de captación de agua en calidad.

## 11.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

### 11.2.1. El uso de suelo propuesto es más productivo a largo plazo

En este apartado se demuestra que los usos alternativos del suelo que se proponen son más productivos a largo plazo, que si se mantuviera el predio en sus condiciones originales; es decir, se pretende demostrar que el beneficio económico a largo plazo (vida útil del proyecto) será mayor que el beneficio económico que se obtendría por la conservación de la cubierta forestal en el mismo plazo. Este análisis está basado en la valoración económica de los recursos biológicos forestales (que incluye la valorización de los servicios ambientales que brinda el área sujeta a cambio de uso de suelo), comparado con los beneficios económicos que se alcanzarían por la operación del proyecto. Dentro de esta comparación se considera la inversión requerida para la ejecución de la obra, dado que la misma forma parte de la derrama económica que generará el proyecto, por lo que no puede dejarse fuera de esta estimación.

De acuerdo con la información presentada en el capítulo 15 del DTU-A, la estimación del 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 **\$3'300,629.20** (son tres millones, trescientos mil, seiscientos veintinueve pesos 20/100 M. N.) por un plazo de 30 años equivalente al tiempo de vida útil del proyecto.

Por otra parte, el monto de la inversión programada para la ejecución del cambio de uso de suelo, considerando la renta de maquinaria, la contratación de mano de obra, la supervisión del proyecto, etc., es de \$1'510,000.00 (son un millón, quinientos diez mil pesos 00/100 M.N.); los cuales permearan a distintos sectores de la sociedad, desde el gobierno Municipal, Estatal y Federal, hasta comercios locales y especializados, así como a la gente de la localidad a través de la contratación de mano de obra.

Por otro lado, se tiene que la urbanización de la superficie de CUSTF, además de la construcción de las obras del proyecto (etapas que no se somete a evaluación), requieren de una inversión aproximada de \$15'500,000.00 (son quince millones, quinientos mil pesos 00/100 M.N.), misma que se destinará a la compra de materiales de construcción, a la contratación de mano de obra, pago de permisos diversos, y la construcción misma de las obras.

En lo que concierne a la etapa operativa del fraccionamiento, se contempla el pago anual de predial para las 292 viviendas que se pretenden construir, estimando un monto anual promedio de \$1000.00 pesos por vivienda por este concepto, lo que arroja un total de \$292,000.00 anuales, que, extrapolados a los 30 años de vida útil del proyecto, nos da un gran total de \$8'760,000.00 (son ocho millones, setecientos sesenta mil pesos 00/100 M.N.) por pago de predial, lo que beneficiará económicamente al Municipio. Esta sola cifra rebasa el valor económico estimado de los recursos biológicos forestales.

Cada vivienda tendrá un costo promedio de venta de \$450,000.00 con pago de contado, que extrapolado a las 292 viviendas que se pretenden construir y vender, arroja un gran total de \$131'400,000.00 (son ciento treinta y un millones, cuatrocientos mil pesos 00/100 M. N.) lo que se obtendría de beneficio económico por este concepto.

El pago de servicios (agua, energía eléctrica, cable, teléfono, internet), por cada vivienda se estima anualmente en \$6,300.00, que, extrapolados a las 292 viviendas y a sus 30 años de vida útil, nos arroja un gran total de \$55'188,000.00 (son cincuenta y cinco millones, ciento dieciocho mil pesos 00/100 M. N.), lo que se obtendría de beneficio económico por este concepto.

Finalmente se tiene que las viviendas requieren ser equipadas para poder ser habitadas, así como su correspondiente mantenimiento para poder asegurar sus 30 años de vida útil; lo que genera un gasto anual de \$15,000.00 en promedio, por

vivienda, que extrapolados a las 292 que se pretenden construir y a sus 30 años de vida útil, arroja un gran total \$131'400,000.00 (son ciento treinta un millones, cuatrocientos mil pesos 00/100 M. N.) lo que se obtendría de beneficio económico por este concepto.

Así, el valor económico estimados por el uso que se le pretende dar al terreno forestal en cuestión, considerando el beneficio económico de la etapa operativa, asciende a un gran total de **\$343'758,000.00** (son trescientos cuarenta y tres millones, setecientos cincuenta y ocho mil pesos 00/100 M.N.). En este sentido, aunque el proyecto implica la remoción de vegetación, representa, desde el punto de vista económico, una aportación monetaria significativa, y es claramente mayor a los ingresos que implicaría el aprovechamiento de los recursos biológicos forestales, ya que éste último tan sólo equivale al **0.96%** del monto económico calculado, derivado del aprovechamiento del predio para destinarlo a usos de suelo no forestales; por lo tanto, se concluye categóricamente que el cambio de uso de suelo propuesto será más productivo a largo plazo (a un tiempo estimado de 30 años), que si se mantuviera en sus condiciones originales.

### 11.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

En este 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 Cancún, en particular se ubica dentro de una zona regulada por el Programa de Desarrollo Urbano de Cancún; y según dicho instrumento normativo, en el predio del proyecto se puede llevar a cabo un desarrollo de tipo habitacional a través de la construcción de viviendas, según los usos de suelo aplicables. En este 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, Benito Juárez ha rebasado los límites de crecimiento pronosticados en los Planes Directores anteriores al año 2000. En el año 1990 el municipio registró una población de 176,795 habitantes y para el 2007 alcanzó una población cercana a los 625 mil habitantes con una tasa media de crecimiento anual de 7.7 %.

Por otra parte, el crecimiento demográfico de la Ciudad de Cancún 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. Cancún se encuentra en la zona turística denominada Corredor Cancún-Riviera Maya, la cual se ha convertido en la principal zona generadora de divisas y empleo relacionado con el turismo en el país, lo que explica su acelerado crecimiento.

De acuerdo al crecimiento de la población esperado para Cancún en los próximos años, y tomando en consideración que la densidad de población en las nuevas zonas de desarrollo deberá establecerse por debajo de los índices actuales, ubicándose en alrededor de 40 habitantes por hectárea, encontramos que se requieren alrededor de 5,400 hectáreas sólo para el desarrollo de vivienda.

El crecimiento de la población y de las actividades económicas de la ciudad de Cancún ha rebasado las previsiones de su Programa original de desarrollo y las de su actualización, publicada en el año de 1993. Esta circunstancia ha dado como resultado el surgimiento de asentamientos irregulares, o la apertura improvisada de nuevas zonas urbanas sin la debida integración a la estructura urbana y al sistema vial y de transporte. En la mayoría de los casos, sin el establecimiento de derechos de vía adecuados para la infraestructura requerida.

La planeación anteriormente descrita fue rebasada por el rápido incremento de la población, sin que se atendieran en forma oportuna las crecientes demandas de



previsión de vivienda, equipamiento e infraestructura para brindar las condiciones adecuadas a la población que migró hacia Cancún en busca de mejorar su situación económica (PDU de Cancún vigente).

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 que se pretende llevar a cabo y que en su momento se someterá a evaluación ante las autoridades competentes. El desarrollo 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 (292 en total) 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, parques, áreas de equipamiento, centros comerciales, vialidades y áreas de recreo y esparcimiento para la gente que lo habite y de aquellos que viven en los desarrollos aledaños; lo que proveerá de bienestar social para la gente que reside en la Ciudad de Cancún.

Por último, no hay que dejar de mencionar la alta oferta de empleo directa e indirecta que generará el proyecto, puesto que sus dimensiones permiten estimar que se producirán 80 empleos sólo para la etapa de cambio de uso de suelo que se propone en el presente estudio; y adicionalmente se tiene contemplada la generación de otros 250 empleos adicionales de tipo temporal durante la etapa constructiva (que no es objeto del presente estudio); por lo que en total se estarían generando 330 empleos; considerando el cambio de uso de suelo del predio para destinarlo a actividades no forestales. Estas cifras permiten asumir, que el proyecto tendrá un alto impacto social, puesto que generará ingresos económicos para los trabajadores de la localidad y de los comercios locales que se dedican a la rama de la construcción, situación que actualmente no ocurre con el predio del proyecto, toda vez que las condiciones en las que se encuentra, no permiten generar derrama económica, ni la generación de empleos.

## MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

En el presente capítulo sólo se proponen medidas de prevención o mitigación a los impactos ambientales negativos identificados en el capítulo 9 del presente estudio, ya que los positivos, son de carácter benéfico. Las medidas se proponen siempre con la premisa de evitar que los impactos se manifiesten; sin embargo, hay que aclarar que, en algunos casos, las medidas que se tomarán solamente reducirán su efecto en el ambiente.

### 12.1. MEDIDAS PARA EVITAR LA PÉRDIDA DE LA BIODIVERSIDAD

#### 12.1.1. Rescate de fauna silvestre

**Tipo de medida:** Preventiva

**Objetivo de la medida:** Evitar la pérdida de las micropoblaciones de los diferentes grupos faunísticos asociados al ecosistema que subsiste en la superficie de aprovechamiento. Con esta acción se suprime la pérdida del hábitat y la reducción de los servicios ambientales como la protección de la biodiversidad, pues los ejemplares rescatados serán reubicados en un sitio con mejor calidad ambiental que el ecosistema que será afectado con el CUSTF.

**Etapas de aplicación:** De manera previa al inicio de cualquier trabajo o actividad relacionada con el cambio de uso de suelo.

**Descripción de la medida:** Consiste en la ejecución de un programa de rescate enfocado a la protección de la fauna silvestre (se anexa a este capítulo), por lo tanto, en él se contemplarán acciones que favorezcan el libre desplazamiento de las especies

encontradas en cada uno de los procesos que implica el cambio de uso de suelo; además, también contempla el uso de técnicas de ahuyentamiento, así como técnicas de captura y traslado de individuos que así lo requieran. Su ejecución consiste en la aplicación de diferentes técnicas y métodos de rescate, aplicados a un grupo faunístico en particular, para evitar 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 afectación a la fauna silvestre y se evitará el sacrificio de la fauna que quede expuesta durante los trabajos involucrados en esta etapa del proyecto.

**Acción de la medida:** 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 de acuerdo con lo propuesto en el programa anexo correspondiente.

**Eficacia de la medida:** El rescate de fauna es una práctica probada con gran eficacia para salvaguardar la integridad de la fauna durante el desarrollo de un proyecto, sin embargo, depende de la capacidad del personal que se contrate para la ejecución de las técnicas y métodos que se proponen en el programa respectivo; por lo que en éste caso se contratará los servicios de un técnico especializado para llevar a cabo la ejecución de esta medida.

### 12.1.2. Rescate de flora silvestre

**Tipo de medida:** Mitigación

**Objetivo de la medida:** Reducir la pérdida de las micropoblaciones de flora silvestre nativa que subsiste en el predio del proyecto. Con esta acción se reduce el impacto por la reducción de la cobertura vegetal, así como la reducción de los servicios ambientales, específicamente la protección de la

biodiversidad; pues los ejemplares rescatados serán reubicados a un sitio que posee las mismas características que el ecosistema que será afectado con el CUSTF.

**Etapas de aplicación:** De manera previa al inicio de cualquier trabajo o actividad relacionada con el cambio de uso de suelo.

**Descripción de la medida:** Consiste en la extracción, previo al inicio del desmonte, 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, para evitar que el proceso de cambio de uso de suelo, afecte en forma directa a la flora asociada al predio. El programa se encuentra anexo al final del presente capítulo.

**Acción de la medida:** 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.

**Eficacia de la medida:** El rescate de flora en una práctica probada con gran eficacia para salvaguardar la integridad de la vegetación durante el desarrollo de un proyecto, sin embargo, depende de la capacidad del personal que se contrate para la ejecución de las técnicas y métodos que se proponen en el programa respectivo; por lo que en este caso se contratará los servicios de un técnico especializado para llevar a cabo la ejecución de esta medida.

### 12.1.3. Instalación de letreros

**Tipo de medida:** Preventiva

**Objetivo de la medida:** Evitar la afectación de la flora y la fauna que se encuentre dentro de las áreas que no estén siendo intervenidas, considerando que el desmonte será gradual; así como la contaminación del medio por manejo inadecuado de residuos.

**Etaapa de aplicación:** De manera previa al inicio de cualquier trabajo o actividad relacionada con el cambio de uso de suelo.

**Descripción de la medida:** Esta medida de carácter preventivo, consiste en la instalación de letreros alusivos a la protección de la flora y la fauna silvestre, así como al manejo adecuado de residuos, dirigidos al personal involucrado en el desarrollo del cambio de uso de suelo, a fin de evitar que sean un factor de perturbación o afectación a dichos recursos.

**Acción de la medida:** Se instalarán letreros alusivos a la protección de la flora y fauna; así como al manejo adecuado de residuos. Los letreros se colocarán estratégicamente para que puedan ser visualizados por cualquier persona y estarán dirigidos al personal responsable de llevar a cabo los trabajos implicados en el cambio de uso de suelo. Entre las leyendas principales que serán rotuladas en los letreros se citan las siguientes:

- Prohibido el paso.
- No alimentar, cazar o capturar fauna silvestre.
- No extraer flora silvestre.
- Respetar las áreas con vegetación que no están siendo intervenidas.
- Respetar la flora y la fauna.
- Depositar la basura en los contenedores.
- Prohibido tirar basura.
- Separa la basura usando los contenedores.



**Eficacia de la medida:** Constituyéndose como un medio de difusión de las acciones de conservación de la flora y la fauna que propone el proyecto; así como de las acciones para el manejo adecuado de los residuos; su sola instalación 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; y con los trabajos de supervisión por parte del responsable de dirigir la ejecución del cambio de uso del suelo.

#### 12.1.4. Colocación de cinta precautoria o malla delimitadora

**Tipo de medida:** Preventiva

**Objetivo de la medida:** Delimitar las áreas que no serán intervenidas con el cambio de uso de suelo, considerando que el desmonte será gradual, a fin de evitar la afectación de la flora y la fauna que se encuentre dentro de las mismas. Con esta medida se suprime el impacto por la perturbación del hábitat.

**Etapas de aplicación:** De manera previa al inicio de cualquier trabajo o actividad relacionada con el cambio de uso de suelo, constituyéndose como un medio para reducir el efecto del impacto por la perturbación del hábitat.

**Descripción de la medida:** Considerando que el cambio de uso de suelo, se realizará en forma gradual y por etapas, se procederá a la colocación de cinta precautoria con la leyenda "Prohibido el paso", o en su caso, malla delimitadora en el perímetro de las zonas que no estén siendo intervenidas durante el desmonte y despalme, con la finalidad de que sean respetadas y funjan como refugio temporal de la fauna silvestre que está siendo desplazada.

**Acción de la medida:** Promover y hacer obligatorio el respeto, protección y conservación de la flora y la fauna dentro de las áreas que no estén siendo aprovechadas; y establecer los límites de las áreas de aprovechamiento para que el desmonte no afecte superficies adicionales a las que en su momento autorice la SEMARNAT.

**Eficacia de la medida:** La eficacia de la medida depende del grado de disciplina y conciencia ambiental que tenga el personal al momento de llevar a cabo sus actividades; por lo que esta medida será reforzada con pláticas ambientales dirigidos a todo el personal que labore dentro del proyecto y con la permanencia de la cinta o malla hasta finalizar el cambio de uso de suelo.

#### 12.1.5. Áreas verdes

**Tipo de medida:** Mitigación

**Objetivo de la medida:** Se contempla una superficie de 13,570.34 m<sup>2</sup> como áreas verdes del proyecto, en donde se reubicará parte de la flora que será rescatada. Esta medida mitiga el efecto de la reducción de la cobertura vegetal, la perturbación del hábitat, la pérdida del hábitat, la remoción del suelo y la reducción de los servicios ambientales del ecosistema.

**Etapas de aplicación:** Durante toda la vida útil del proyecto.

**Descripción de la medida:** Consiste en establecer una superficie de 13,570.34 m<sup>2</sup> (1.357 hectáreas) como áreas verdes del proyecto, que podrá actuar como zona de refugio temporal o definitivo para la fauna silvestre que esté siendo desplazada durante el cambio de uso del suelo.

**Acción de la medida:** Las áreas verdes actuarán como zona de refugio, alimentación, resguardo y hábitat temporal o definitivo para la flora y la fauna presente dentro del predio del proyecto al momento de ejecutarse el cambio de uso del suelo. Así mismo, conservará el germoplasma de las especies presentes, ya que servirá como zona de reubicación para la flora y la fauna que será rescatada, así como del suelo removido.

**Eficacia de la medida:** Las áreas verdes son importantes como parte integral de cualquier proyecto, pues además de realzar el paisaje, proveen de espacios adecuados para el refugio de la fauna silvestre, además que permiten albergar especies de flora nativa, por lo que se espera alcanzar el 100% de efectividad en la medida propuesta.

## 12.2. MEDIDAS PARA LA PROTECCIÓN DE LOS SUELOS

El proyecto propone las siguientes medidas preventivas para evitar la pérdida del recurso, y en su caso, medidas de mitigación para reducir el efecto de los impactos ambientales sobre dicho componente a fin de no ponerlo en riesgo.

### 12.2.1. Humedecimiento de las áreas de aprovechamiento

**Tipo de medida:** Preventiva

**Objetivo de la medida:** Evitar que las partículas de polvo o aquellas que resulten del desmonte, sean dispersadas por el viento y afecten al suelo por erosión eólica. Con esta medida se suprime la erosión del suelo.

**Etapas de aplicación:** Durante el desmonte y despálme.

**Descripción de la medida:** Consiste en el humedecimiento de las zonas que serán desmontadas y despalmadas, con la finalidad de evitar la suspensión de partículas, y en su caso, la erosión del suelo por acción eólica.

**Acción de la medida:** Evitará que la acción del viento suspenda polvo y partículas del suelo durante las distintas actividades involucradas en el cambio de uso del suelo.

**Eficacia de la medida:** El humedecimiento de las zonas de trabajo, son prácticas comunes dentro de la industria de la construcción, ya que se ha probado su máxima efectividad para evitar la suspensión de partículas, por lo que se espera alcanzar el 100% de efectividad en la medida propuesta.

### 12.2.2. Rescate de la capa fértil del suelo

**Tipo de medida:** Mitigación

**Objetivo de la medida:** Evitar que el proyecto ocasione la pérdida de la capa fértil del suelo (sustrato con materia orgánica). Con esta medida se reduce el efecto del impacto por la pérdida del suelo.

**Etapas de aplicación:** Durante el despalme.

**Descripción de la medida:** Esta medida consiste en el retiro de la capa de suelo fértil (sustrato con materia orgánica) durante el despalme; y su posterior resguardo dentro del vivero provisional.

**Acción de la medida:** La capa de suelo fértil (tierra vegetal), proporcionará un sustrato rico en nutrientes que beneficiará a la vegetación que se establecerá en las áreas verdes ajardinadas y de aquella que será rescatada.

**Eficacia de la medida:** La cantidad de materia orgánica en una comunidad vegetal, determina la calidad del suelo y de los nutrientes que éste contiene; lo cual actúa en beneficio de la flora y la fauna que alberga; por lo tanto, al reincorporar dicho material dentro del mismo sitio, particularmente en las áreas naturales, se estará promoviendo

su conservación en beneficio del medio ambiente, al enriquecerlas, por lo que se prevé alcanzar el 100% de efectividad de la medida.

### 12.2.3. Mantenimiento y uso adecuado de la maquinaria

**Tipo de medida:** Preventiva

**Objetivo de la medida:** Esta medida preventiva está enfocada a prevenir derrames de hidrocarburos provenientes de la maquinaria que será utilizada en las zonas donde se realizará la remoción total de vegetación forestal, evitando el impacto al suelo por contaminación.

**Etapas de aplicación:** Durante el desmonte y despalme.

**Descripción de la medida:** Consiste en utilizar maquinaria que cuente con los mantenimientos preventivos adecuados para su óptimo funcionamiento, llevado a cabo en talleres especializados para tales fines. Se hará obligatorio que cada maquinaria que opere durante el cambio de uso del suelo, cuente con recipientes y un equipo preventivo, que permita coleccionar los hidrocarburos o lubricantes vertidos al suelo por fugas accidentales.

**Acción de la medida:** Se verificará que la maquinaria que entre en funcionamiento durante el cambio de uso de suelo, cuente con los mantenimientos preventivos adecuados, lo cual se registrará en bitácora; así mismo, se revisará que cada operador de maquinaria, cuente con el equipo preventivo para la contención de derrames accidentales.

**Eficacia de la medida:** 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.



#### 12.2.4. Plan de manejo de residuos

**Tipo de medida:** Preventiva

**Objetivo de la medida:** Evitar la contaminación del suelo durante la ejecución del CUSTF, suprimiendo de esta manera el impacto a dicho recurso por contaminación.

**Etapas de aplicación:** Durante todas las etapas que implica el cambio de uso de suelo.

**Descripción de la medida:** Esta medida consiste en la aplicación de un Plan de manejo de residuos, el cual se anexa al final del presente capítulo.

**Acción de la medida:** Consistirá en ejecutar cada una de las medidas propuestas en el programa para realizar una recolección, manejo, separación, reciclado y minimización adecuada de los residuos sólidos y líquidos (incluyendo posibles derrames de hidrocarburos) que se generen durante el cambio de uso del suelo.

**Eficacia de la medida:** El cumplimiento de la medida será verificado por el responsable de supervisar el cambio de uso del suelo, quien determinará el grado de eficacia de las técnicas de recolección, manejo, separación, reciclado y minimización de los residuos que se generen, acorde al Plan de manejo propuesto. Cabe mencionar que el grado de eficacia de la medida depende 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 como la capacitación continua en materia de separación de residuos para alcanzar el 100% del éxito esperado.

### 12.2.5. Aprovechamiento y triturado del material vegetal

**Tipo de medida:** Mitigación

**Objetivo de la medida:** Aprovechar el material vegetal producto del desmonte, para utilizarlo como capa protectora del suelo desnudo en las áreas con vegetación natural y ajardinada, reduce los impactos relacionados con la pérdida del suelo o erosión de este.

**Etapas de aplicación:** Durante el triturado del material resultante del desmonte.

**Descripción de la medida:** Esta medida consiste en el uso del material vegetal triturado producto del desmonte, para ser utilizado en el enriquecimiento de las áreas verdes del proyecto.

**Acción de la medida:** El material vegetal triturado, será suficiente para proveer de un sustrato orgánico rico en nutrientes para el mantenimiento de las áreas verdes del proyecto.

**Eficacia de la medida:** La cantidad de materia orgánica en una selva, determina la calidad del suelo y de los nutrientes que éste contiene; lo cual actuará en beneficio de la flora que será establecida; por lo tanto, al reincorporar dicho material en forma de composta, se estará promoviendo su conservación en beneficio del medio ambiente, por lo que se prevé alcanzar el 100% de efectividad de la medida.

### 12.2.6. Equipo de atención a derrames

**Tipo de medida:** Preventiva

**Objetivo de la medida:** Estará enfocada a la remediación por derrames accidentales de sustancias potencialmente contaminantes al medio, que pudieran ocurrir durante el desarrollo de las distintas etapas del proyecto. Está enfocada a evitar que el impacto ambiental identificado como contaminación del medio se manifieste.

**Etapas de aplicación:** Durante todas las etapas del proyecto.

**Descripción de la medida:** Para atender la necesidad de controlar algún derrame accidental que pudiera ocasionar la contaminación del medio, se contará con material y equipo especializado tipo barrera absorbente, para retirar las sustancias vertidas. Dada la particular característica de estos productos, que absorben líquidos no polares, están especialmente diseñados para el control de derrames. El equipo estará disponible durante todas etapas del proyecto.

**Acción de la medida:** En caso de que ocurra algún derrame accidental durante la construcción de la obra, se seguirá un plan de acción (descrito en el plan de manejo de residuos) utilizando productos de la marca Crunch Oil® o similar, específicamente el Loose Fiber® o similar, o en su caso polvo de piedra.

El Loose Fiber está confeccionado con fibras orgánicas naturales Biodegradables que actúan sobre cualquier tipo de Hidrocarburo o aceite vegetal. Es una nueva forma de contener los hidrocarburos, 100% natural y orgánico. Producto biodegradable no tóxico e inerte que tiene la capacidad de absorber y encapsular todo tipo de hidrocarburos y aceites derramados (cualquiera sea su volumen) mucho más rápido que la mayoría de los productos que existen hoy en el mercado, tanto sea sobre superficies de tierra o agua. Después de absorber y de encapsular, tiene la capacidad de biodegradar los hidrocarburos mediante un proceso con bacterias, luego de un período de tiempo que dependerá del hidrocarburo absorbido.

**Eficacia de la medida:** Siguiendo el plan de acción ante la ocurrencia de un derrame de sustancias líquidas, descrito en el plan de manejo de residuos, se espera alcanzar el 100% de éxito en la aplicación de esta medida.

### 12.3. MEDIDAS EN BENEFICIO DE LA CAPTACIÓN DE AGUA EN CANTIDAD Y CALIDAD

El proyecto propone las siguientes medidas preventivas para evitar la afectación a la captación de agua en calidad, y en su caso, medidas de mitigación para minimizar la reducción en la captación del agua en cantidad.

#### 12.3.1. Áreas permeables

**Tipo de medida:** Mitigación

**Objetivo de la medida:** Se mantendrá el 40% del predio como área permeable. Con esta medida se reduce la afectación a la captación de agua en cantidad derivado de la reducción de la cobertura vegetal del predio.

**Etapas de aplicación:** Durante todas las etapas del cambio de uso de suelo.

**Descripción de la medida:** Esta medida consiste mantener el 40% de la superficie del predio como área permeable.

**Acción de la medida:** La superficie destinada como área permeable, permitirá la captación de agua hacia el subsuelo alimentando los mantos acuíferos, lo que beneficia la captación de agua en calidad, ya que la zona se clasifica como material consolidado con posibilidades altas de funcionar como acuífero.

**Eficacia de la medida:** Las áreas permeables que propone el proyecto, serán respetadas como tales, por lo que se garantiza que el 40% del predio será permeable.

### 12.3.2. Instalación de sanitarios móviles

**Tipo de medida:** Preventiva

**Objetivo de la medida:** Evitar el impacto originado por la contaminación del medio, para no comprometer la calidad del agua captada en el sistema.

**Etapas de aplicación:** Durante la ejecución del cambio de uso del suelo.

**Descripción de la medida:** Previo a cualquier actividad implicada en el cambio de uso de suelo, se instalarán sanitarios portátiles (tipo Sanirent) a razón de 1 por cada 15 trabajadores.

**Acción de la medida:** Evitará la micción y defecación al aire libre, así como la descarga directa de aguas residuales al medio. Con la medida se evitará que dichos residuos penetren al subsuelo y alcancen el acuífero; por lo que se evitará el deterioro de la calidad del agua pluvial que pueda ser captada.

**Eficacia de la medida:** 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 el 100% de efectividad de la medida; sin embargo, ello depende del grado de disciplina y conciencia ambiental del personal de la obra, por lo que será reforzada con capacitación a través de pláticas ambientales y reglamentos que indiquen la restricción y sanciones de quienes incumplan con la medida aquí citada.



### 12.3.3. Instalación de contenedores para residuos

**Tipo de medida:** Preventiva

**Objetivo de la medida:** Evitar el impacto originado por la contaminación del medio, para no comprometer la calidad del agua captada en el sistema.

**Etapas de aplicación:** Durante todas las etapas del cambio de uso de suelo.

**Descripción de la medida:** Se instalarán contenedores debidamente rotulados para el acopio de basura para cada tipo de residuo que se genere (residuos orgánicos, inorgánicos, 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 con su naturaleza, con la posibilidad de recuperar subproductos reciclables.

**Acción de la medida:** 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, evitando también que sean arrojados directamente al medio, impidiendo que se conviertan en residuos potencialmente contaminantes para el acuífero subterráneo.

**Eficacia de la medida:** 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.

#### 12.3.4. Plan de manejo de residuos

**Tipo de medida:** Preventiva

**Objetivo de la medida:** Evitar la contaminación del subsuelo durante la ejecución del CUSTF, suprimiendo de esta manera el impacto a dicho recurso por contaminación.

**Etapas de aplicación:** Durante todas las etapas que implica el cambio de uso de suelo.

**Descripción de la medida:** Esta medida consiste en la aplicación de un Plan de manejo de residuos, el cual se anexa al final del presente capítulo.

**Acción de la medida:** 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 (incluyendo posibles derrames de hidrocarburos) que se generen durante el cambio de uso del suelo.

**Eficacia de la medida:** El cumplimiento de la medida será verificado por el responsable de supervisar el cambio de uso del suelo, quien determinará el grado de eficacia de las técnicas de recolección, manejo, separación, reciclado y minimización de los residuos que se generen, acorde al Plan de manejo propuesto. Cabe mencionar que el grado de eficacia de la medida depende 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 como la capacitación continua en materia de separación de residuos para alcanzar el 100% del éxito esperado.

### 12.3.5. Mantenimiento y uso adecuado de la maquinaria

**Tipo de medida:** Preventiva

**Objetivo de la medida:** Esta medida preventiva está enfocada a prevenir derrames de hidrocarburos provenientes de la maquinaria que será utilizada durante la ejecución del cambio de uso de suelo, suprimiendo de esta manera, el impacto por contaminación del medio para no comprometer la calidad del agua que es captada en el sistema.

**Etapas de aplicación:** Durante el desmonte y despalle.

**Descripción de la medida:** Consiste en utilizar maquinaria que cuente con los mantenimientos preventivos adecuados para su óptimo funcionamiento, llevado a cabo en talleres especializados para tales fines. Se hará obligatorio que cada maquinaria que opere durante el cambio de uso de suelo, cuente con recipientes y un equipo preventivo, que permita coleccionar los hidrocarburos o lubricantes vertidos al suelo por fugas accidentales.

**Acción de la medida:** Se verificará que la maquinaria que entre en funcionamiento durante el cambio de uso de suelo, cuente con los mantenimientos preventivos adecuados, lo cual se registrará en bitácora; así mismo, se revisará que cada operador de maquinaria, cuente con el equipo preventivo para la contención de derrames accidentales.

**Eficacia de la medida:** 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.

### 12.3.6. Equipo de atención a derrames

**Tipo de medida:** Preventiva

**Objetivo de la medida:** Estará enfocada a la remediación por derrames accidentales de sustancias potencialmente contaminantes al medio, que pudieran ocurrir durante el desarrollo de las distintas etapas del proyecto. Está enfocada a evitar que el impacto ambiental identificado como contaminación del medio se manifieste.

**Etapas de aplicación:** Durante todas las etapas del proyecto.

**Descripción de la medida:** Para atender la necesidad de controlar algún derrame accidental que pudiera ocasionar la contaminación del suelo que pueda filtrarse al subsuelo y contaminar el acuífero, se contará con material y equipo especializado tipo barrera absorbente, para retirar las sustancias vertidas. Dada la particular característica de estos productos, que absorben líquidos no polares, están especialmente diseñados para el control de derrames. El equipo estará disponible durante todas etapas del proyecto.

**Acción de la medida:** En caso de que ocurra algún derrame accidental durante la construcción de la obra, se seguirá un plan de acción (descrito en el plan de manejo de residuos) utilizando productos de la marca Crunch Oil® o similar, específicamente el Loose Fiber® o similar, o en su caso polvo de piedra.

El Loose Fiber está confeccionado con fibras orgánicas naturales Biodegradables que actúan sobre cualquier tipo de Hidrocarburo o aceite vegetal. Es una nueva forma de contener los hidrocarburos, 100% natural y orgánico. Producto biodegradable no tóxico e inerte que tiene la capacidad de absorber y encapsular todo tipo de hidrocarburos y aceites derramados (cualquiera sea su volumen) mucho más rápido

que la mayoría de los productos que existen hoy en el mercado, tanto sea sobre superficies de tierra o agua. Después de absorber y de encapsular, tiene la capacidad de biodegradar los hidrocarburos mediante un proceso con bacterias, luego de un período de tiempo que dependerá del hidrocarburo absorbido.

**Eficacia de la medida:** Siguiendo el plan de acción ante la ocurrencia de un derrame de sustancias líquidas, descrito en el plan de manejo de residuos, se espera alcanzar el 100% de éxito en la aplicación de esta medida.

#### 12.4. MEDIDAS ADICIONALES

El proyecto propone las siguientes medidas preventivas y de mitigación adicionales a las ya descritas.

##### 12.4.1. Desmote gradual

**Tipo de medida:** Mitigación

**Objetivo de la medida:** Reducir la magnitud de los impactos sobre la protección de los suelos y la protección de la biodiversidad.

**Etapas de aplicación:** Durante el desmote.

**Descripción de la medida:** Esta medida es de carácter mitigante, y consiste en realizar el desmote de manera paulatina para evitar que la acción del viento o de la lluvia afecte las zonas de aprovechamiento y en su caso, origine la erosión del suelo; así como evitar la pérdida de especies de flora y fauna debido a un avance descontrolado del desmote.

**Acción de la medida:** Consiste en la remoción de la vegetación de tal manera que se brinde el tiempo necesario para que la acción del viento y de la lluvia no afecte las



zonas de aprovechamiento, mientras se aplican las medidas de conservación de suelos; así como el tiempo necesario para llevar a cabo las acciones de rescate de flora y fauna que se proponen en el presente estudio.

**Eficacia de la medida:** El desmonte gradual de la vegetación permite que no queden expuestas a las condiciones del medio (viento o lluvia), grandes extensiones de terreno, lo que en su caso podría ocasionar la erosión del suelo. Así mismo, permite llevar a cabo todas las acciones en los tiempos previstos, incluyendo el rescate de la flora y la fauna, por lo que se espera alcanzar el 100% de éxito en la aplicación de esta medida.

#### 12.4.2. Pláticas ambientales

**Tipo de medida:** Preventiva

**Objetivo de la medida:** Evitar que el desarrollo del proyecto ocasione impactos que pongan en riesgo la protección de los suelos y de la biodiversidad.

**Etapas de aplicación:** Previo al inicio de las actividades de cambio de uso de suelo.

**Descripción de la medida:** Esta medida consiste en la impartición de pláticas ambientales dirigidas a todas y cada una de las personas que estén directamente relacionadas con el proyecto en sus diferentes etapas. Serán impartidas por un especialista en la materia; y tendrán como objetivo principal, hacer del conocimiento al personal involucrado en el cambio de uso de suelo, 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. De igual forma las pláticas ambientales serán indispensables en la aplicación del programa integral de manejo de residuos.

**Acción de la medida:** La ejecución de las prácticas ambientales se llevará a cabo en una sola fase que consistirá en una práctica ambiental dirigida al personal involucrado en el cambio de uso de suelo; cuya finalidad será promover el desarrollo del proyecto en apego a las medidas preventivas y de mitigación que se proponen en el presente capítulo, así como en los diferentes programas que lo complementan.

**Eficacia de la medida:** El grado de eficacia de la medida depende de la calidad de las prácticas ambientales, el 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 refuerza la colocación y uso de letreros, contenedores de residuos, sanitarios móviles y programas diversos.

### 12.4.3. Supervisión del cambio de uso de suelo

**Tipo de medida:** Preventiva

**Objetivo de la medida:** Evitar que el desarrollo del proyecto ocasione impactos que pongan en riesgo la protección de los suelos y de la biodiversidad, así como aquellos que comprometan la captación de agua en calidad y cantidad.

**Etapas de aplicación:** Durante todas las etapas implicadas en el cambio de uso de suelo.

**Descripción de la medida:** Se contratarán los servicios de un Ingeniero Forestal que cuente con Registro Forestal Nacional, para que lleve a cabo labores de vigilancia y supervisión durante todas las etapas de desarrollo del cambio de uso de suelo, con la finalidad de prevenir o advertir sobre alguna eventualidad que ponga en riesgo los recursos forestales del sitio; y en su caso, proponer medidas adicionales a las ya descritas para subsanar las irregularidades que se presenten. Así mismo, tendrá la

función de supervisar el cumplimiento de cada una de las medidas propuestas en el presente capítulo, así como de aquellas que sean establecidas por esta H. Secretaría, en caso de considerar viable la realización del presente proyecto. Se anexa un programa de vigilancia y seguimiento ambiental.

**Acción de la medida:** El Ingeniero Forestal realizará recorridos en el sitio del proyecto y vigilará que el proceso de cambio de uso del suelo, se realice en apego al programa de vigilancia y seguimiento ambiental que se anexa al final del presente capítulo; y en su caso, indicará aquellas actividades que se encuentren fuera de la Norma para que sean subsanadas en forma inmediata. Así mismo, se encargará de elaborar informes sobre el cumplimiento de los términos y condicionantes bajo los cuales se haya autorizado el proyecto, de ser el caso. Estas acciones se fundamentan en un programa de vigilancia y seguimiento ambiental, el cual se anexa al final del presente capítulo.

**Eficacia de la medida:** La supervisión es una de las medidas más adoptadas en todo proyecto que implique el cambio de uso de suelo, ya que permite prever alguna eventualidad que ponga en riesgo su desarrollo y propone medidas adicionales para subsanar afectaciones no previstas. Así mismo, asegura la correcta aplicación de las medidas propuestas en este capítulo, y que las mismas se lleven a cabo sin omisión alguna, por lo que se espera alcanzar el 100% de éxito en la aplicación de la medida.

#### 12.4.4. Reducción de la generación de ruido

**Tipo de medida:** Preventiva

**Objetivo de la medida:** Evitar que la utilización de la maquinaria pesada para el desarrollo del proyecto ocasione el desplazamiento incontrolado de la fauna del sitio. Comprometiendo la eficacia del programa de rescate.

**Etapas de aplicación:** Preparación del sitio y desmonte.

**Descripción de la medida:** Se verificará que la maquinaria, vehículos y equipo empleado cuente con servicios de mantenimiento preventivo realizados en talleres certificados en la ciudad de Cancún, para lo cual se llevará registro de las horas de trabajo o kilometraje y se programarán servicios preventivos en las bitácoras de registro.

**Acción de la medida:** El mantenimiento preventivo brindado por el taller certificado, deberá garantizar en todo momento que el servicio realizado, disminuirá la generación de ruidos excesivos y "antinaturales", a efecto de dar cumplimiento con las Normas Oficiales Mexicanas NOM-080-SEMARNAT-1994 y NOM-045-SEMARNAT-2006.

**Eficacia de la medida:** El mantenimiento preventivo es uno de los métodos empleados con mayor regularidad para reducir los efectos producidos por el ruido excesivo de la maquinaria y equipo empleado en las obras. La ciudad de Cancún cuenta con un gran número de talleres mecánicos especializados que pueden brindar el servicio requerido, a fin de cumplir con lo dispuesto por la presente medida en su totalidad, es decir, al 100%.

## **12.5. PROGRAMAS ANEXOS**

### **12.5.1. Programa de vigilancia y seguimiento ambiental**

### **12.5.2. Programa de rescate de flora silvestre**

### **12.5.3. Programa de rescate de fauna silvestre**

### **12.5.4. Plan de manejo de residuos sólidos y líquidos**

## **ANEXO 1**

### **PROGRAMA DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL**

#### **I. INTRODUCCIÓN**

El presente programa incluye información suficiente, así como la forma de obtenerla, interpretarla y almacenarla, para la realización del conjunto de análisis, toma de datos y comprobaciones, que permitan revisar la evolución de los valores que toman los parámetros ambientales y de los que se admitieron para la implementación del proyecto, durante la fase de cambio de uso del suelo.

Este programa va dirigido a todas las instancias que participen en las actividades de cambio de uso del suelo: contratista, director de obras, organismo medioambiental competente y otros organismos encargados de la gestión ambiental del proyecto.

La vigilancia ambiental tendrá dos ámbitos de aplicación:

- a)** El control de la calidad de la obra, es decir, la supervisión de que se ejecute según lo proyectado en lo relativo a la superficie de cambio de uso del suelo o área de aprovechamiento programada; y
- b)** El control de la calidad de los componentes del entorno, a través de la medición o del cálculo de sus parámetros partiendo del estado cero, para poder corroborar o predecir su evolución de acuerdo con lo previsto.

Durante el plazo de garantía de la obra, hasta su recepción definitiva, la redacción de los informes y el control de la calidad ambiental correrá a cargo del responsable de dirigir la ejecución del cambio de uso del suelo que será contratado, quien determinará el alcance y la metodología de los estudios y controles.



## II. OBJETIVO

El PVSA (Programa de Vigilancia y Seguimiento Ambiental) tiene como finalidad principal llevar a buen término las medidas preventivas y de mitigación propuestas, destinadas a la minimización o desaparición de las afecciones ambientales. Además que permitirá el seguimiento de la cuantía de ciertos impactos de difícil predicción, así como la posible articulación de medidas correctoras *in situ*, en caso de que las planificadas se demuestren insuficientes; o en su caso, la detección de posibles impactos no previstos, y la estimación de la incidencia real de aquellas afecciones que se valoraron potencialmente en su momento.

Para la obtención de los objetivos antes señalados la empresa promovente del proyecto, contratará para la obra los servicios de una Asistencia Técnica Medioambiental (ATM) que posea los conocimientos adecuados para llevar a buen término presente programa.

Las tareas fundamentales de dicha ATM consistirán en:

- Conocer el Documento Técnico Unificado y el resto de las condiciones ambientales señaladas en la autorización.
- Asistencia a la reunión de replanteo y realización de una visita semanal a las obras.
- Identificar e informar sobre las posibles variaciones ambientales relacionadas con el proyecto, por impactos no contemplados o que no hayan sido lo suficientemente estudiados.
- Supervisar, controlar los materiales, condiciones de ejecución, almacenamiento y unidades de obra relacionadas con el acabado formal de las superficies de aprovechamiento.

- Coordinar la aplicación de medidas correctoras.
- Vigilar que el proyecto se acote correctamente al desplante propuesto, fuera del cual no deberán ejecutarse actuaciones de ningún tipo.
- Evaluar y aprobar la referida acotación, así como la sistemática y el plan de obra adoptados por la Dirección de Obra.
- Al final de la vigilancia se realizará un Informe Técnico que recoja los sucesos acaecidos durante el desarrollo de las obras, los problemas planteados y las correspondientes soluciones aplicadas, así como el control de la aplicación de las medidas correctoras.

### **III. COMPONENTE: VIGILANCIA AMBIENTAL**

Este componente del PVSA resulta ser el más importante, ya que en él se establecen los procedimientos que se seguirán para garantizar el cumplimiento de las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas, señalando de forma clara y precisa los procedimientos de supervisión para verificar el cumplimiento de cada una de ellas; además que se establecen los procedimientos para hacer las correcciones y ajustes necesarios.

#### **III.1. Subcomponente: protección de los elementos bióticos y abióticos**

Tras la reunión de replanteo, y en un plazo de tres meses, se emitirá un informe sobre las condiciones generales de la obra, dirigido a la Dirección de Obra. Este informe incluirá un Manual de Buenas Prácticas Ambientales en obra definido por el supervisor ambiental, así como el plan de rutas y accesos sobre los cuales se verificará el cumplimiento del criterio de "afectar el área más reducida posible".

El Manual de Buenas Prácticas Ambientales será aprobado por el Director de Obra y puesto en conocimiento de todo el personal, e incluirá:

- Desmante y movimientos de tierras.
- Control de residuos y basura: aceites usados, envases, envoltura de materiales, plásticos, cartón, madera, metales, etc.
- Actuaciones prohibidas: vertidos de aceites usados, micción y defecación al aire libre, escombros, basuras, etc.
- Prácticas de conducción incluyendo velocidades máximas, maquinaria de bajo consumo, y obligatoriedad de circulación por los caminos estipulados en el plan de obras y replanteos.
- Prácticas para reducir impactos a la vegetación y fauna no sujeta a su aprovechamiento.
- Establecimiento de un régimen sancionador.
- Otros diversos.

Por otra parte, tomando como principio la prevención de la contaminación, la actividad se desarrollará, en la medida de lo posible, mediante el empleo de las mejores técnicas disponibles, como las que se describen a continuación.

### ***III.1.1. Delimitación de la zona de actuación***

Como primera actividad a realizar para garantizar que no se afecten superficies adicionales a las que en su momento sean autorizadas por la SEMARNAT, se llevará a

cabo la delimitación de la zona de actuación, acatando las siguientes medidas de control.

Las actuaciones relacionadas con la superficie de cambio de uso de suelo, así como las zonas destinadas al acopio de materiales, almacenamiento temporal de residuos procedentes de la obra y movimiento de tierras, así como el material vegetal resultante del desmonte, se ubicarán en el interior de la superficie de aprovechamiento, sin afectar otras áreas ajenas a los usos previstos, para lo cual se colocarán elementos indicativos como letreros y cinta precautoria para establecer mayor precisión en la ubicación de dichas zonas.

En caso de generarse alguna afección medioambiental de carácter accidental fuera del ámbito señalado, se aplicará medidas correctoras y de restitución adecuadas. Se redactará un informe por parte de la Asistencia Técnica Medioambiental contratada por la Dirección de Obra, en el cual se reflejarán dichas actuaciones.

### ***III.1.2. Protección de la calidad atmosférica***

Durante el tiempo que dure la obra se llevará a cabo un control estricto de las labores de limpieza en las zonas de paso de vehículos, tanto en el entorno afectado por las obras, como en las áreas de acceso a éstas.

A la salida de las zonas de obra se dispondrá de dispositivos de limpieza de vehículos para evitar el arrastre de tierra a la vía pública.

El aumento de los sonidos puede crear malestar e incluso alterar el bienestar fisiológico o psicológico de los seres vivos. Es necesario eliminar o mitigar las fuentes de ruido siempre que sea posible y medir el ruido global de la obra a través de sonómetros para establecer acciones correctoras cuando se sobrepasen los valores admisibles; es por ello que durante la fase de ejecución del cambio de uso de suelo, se aplicarán las medidas descritas en el Documento Técnico Unificado, en cuanto a las

condiciones que debe cumplir la maquinaria, horarios de trabajo y reducción en origen del ruido. Así mismo, se contemplarán una serie de pautas de obligado cumplimiento para mitigar y/o reducir el nivel de ruido, tales como:

- Mantener la maquinaria en perfecto estado.
- Utilizar la maquinaria en horario diurno.
- No acelerar la maquinaria injustificadamente.
- Realizar las descargas especialmente ruidosas en horario diurno.

### ***III.1.3. Protección y conservación de los suelos y generación de residuos***

Se prohibirán las labores de mantenimiento y reparación de la maquinaria en el entorno de la obra. Las reparaciones deberán hacerse preferentemente en talleres o lugares acondicionados al efecto, incluyendo aquellas habituales e imprescindibles para el buen funcionamiento de la maquinaria.

Se tendrá especial atención en evitar verter aceites y otros contaminantes en los sistemas de alcantarillado o evacuación de las aguas residuales y/o pluviales.

Los diferentes residuos generados durante el cambio de uso del suelo, incluidos los procedentes del desmonte y despalme, los resultantes de las operaciones de preparación de los diferentes tajos, embalajes, materias primas de rechazo y de la campaña de limpieza, se gestionarán de acuerdo con lo previsto por la Autoridad Municipal competente.

Todos los residuos generados cuya valorización resulte técnica y económicamente viable serán remitidos a un valorizador de residuos debidamente autorizado. Los residuos únicamente se destinarán a eliminación si previamente queda justificado que su valorización no resulta técnica, económica o ambientalmente viable.



Los materiales no reutilizados o valorizados con destino a vertedero, serán gestionados ante la autoridad Municipal competente.

La gestión de los aceites usados u otras sustancias potencialmente contaminantes, se realizará de acuerdo con los instrumentos normativos aplicables, y en su caso, se contratará a una empresa privada para su manejo, retiro y disposición final. El almacenamiento temporal de los aceites usados y resto de residuos peligrosos hasta el momento de su recogida por el gestor autorizado, se realizará en depósitos contenidos en cubeta o sistema de seguridad, con objeto de evitar la posible dispersión de aceites por rotura o pérdida de estanqueidad del depósito principal.

#### ***III.1.4. Protección del medio biótico***

Se reflejará cualquier incidencia relacionada con la flora y la fauna, y si verificará el cumplimiento de las medidas preventivas o correctoras propuestas en el DTU, principalmente los programas de rescate correspondientes.

### **III.2. Subcomponente: control ambiental en fase de ejecución del proyecto**

Una vez que al proyecto se le haya otorgado la autorización por parte de la autoridad competente, en este caso la SEMARNAT, el promovente estará obligado a realizar la vigilancia ambiental del proyecto, para lo cual se realizarán las siguientes acciones preliminares:

#### ***III.2.1. Coordinación del control***

Verificación del inicio del proyecto, obra o actividad. Se puede llevar un control del inicio del proyecto o actividad de que se trate, de dos maneras:

- Mediante oficio en donde el promovente del proyecto informa a la autoridad ambiental competente sobre el inicio del proyecto o actividad que se haya autorizado; y
- Existencia de informes de cumplimiento y/o actos administrativos referentes al seguimiento ambiental del proyecto.

### ***III.2.2. Revisión de antecedentes técnicos y jurídicos del proyecto***

La intención de este paso es considerar y estudiar todas las referencias técnicas y jurídicas del proyecto, obra o actividad de que se trate, y de su área de influencia.

Algunos antecedentes como el estudio ambiental y los Informes de Cumplimiento Ambiental, herramientas esenciales para realizar el proceso de seguimiento, a menudo suministran y utilizan enormes cantidades de información que a veces divergen y pueden desviar los resultados del seguimiento.

### **III.3. Subcomponente: vigilancia ambiental en fase de ejecución del proyecto**

La vigilancia ambiental proporciona elementos de juicio que permiten verificar el cumplimiento de las tareas ambientales y la veracidad de la información consignada en los Informes de Cumplimiento Ambiental; por lo que éste subcomponente consta de visitas rutinarias que se llevarán a cabo para vigilar el cumplimiento de todas las medidas propuestas, así como de aquellas que se dicten en la autorización; las cuales se describen a continuación:

#### ***III.3.1. Visita ordinaria total***

El objetivo de esta visita es que el supervisor ambiental o asesor técnico ambiental, verifique en el sitio el cumplimiento de todas las tareas ambientales que debe ejecutar el promovente, en todos los componentes y actividades que forman parte del

proyecto, y corroborar la información reportada en los Informes de Cumplimiento Ambiental. Las tareas que verificará el supervisor son las que se muestran a continuación:

- Ejecución de los programas propuestos en el DTU (rescate de flora y fauna, y manejo de residuos).
- Cumplimiento de los permisos, concesiones o autorizaciones ambientales para el uso y/o aprovechamiento de los recursos naturales.
- Cumplimiento de los requerimientos establecidos en los actos administrativos.
- Análisis de las tendencias de calidad del medio en que se desarrolla el proyecto.
- Análisis de la efectividad de los programas que conforman el Plan de Manejo Ambiental, de los requeridos en los actos administrativos, y de las propuestas de actualización.

### ***III.3.2. Visita ordinaria parcial***

La visita ordinaria parcial se efectuará cuando el área de supervisión ambiental tenga un interés especial en alguna de las actividades del proyecto y/o en alguna área geográfica que se encuentran en la zona de influencia. Este interés está dado por la importancia de los impactos de ciertas actividades y/o por el grado de sensibilidad ambiental de una o varias áreas o ecosistemas que puedan ser afectados por la ejecución del proyecto.

En una visita ordinaria parcial, el supervisor ambiental verificará el cumplimiento de las mismas tareas ambientales de una visita ordinaria total, pero sólo de aquellas relacionadas con las actividades del proyecto o con las áreas en las que se tenga interés. Por ejemplo, verificar que se haya realizado el desmonte en la superficie de aprovechamiento solicitada, en donde el supervisor puede decidir si realiza una visita

ordinaria parcial cada cierto tiempo para inspeccionar la calidad del medio ambiente en cuanto al recurso flora solamente, sin tener en cuenta agua, suelos, fauna y demás, ya que conoce que la afectación a estos otros recursos no es significativa. Es por ello que una visita parcial sólo se puede llevar a cabo cuando el supervisor ambiental tiene plena certeza de un buen manejo ambiental en el resto de las actividades del proyecto, o que los impactos al medio ambiente o a los recursos naturales asociados a éstos son bajos.

### **III.3.3. *Visitas extraordinarias***

Se realizarán cuando ocurra o puedan ocurrir eventos que generen impactos ambientales relevantes. Esta visita es definida por el área de gestión ambiental, en caso de existir quejas de la comunidad o de entidades públicas o privadas, o cuando han ocurrido o pueden presentarse impactos ambientales significativos por el incumplimiento de las actividades que estén a cargo del promovente, o cuando se presenten impactos no previstos en el estudio ambiental (esto último se determina a través de los informes periódicos de cumplimiento ambiental). Si las condiciones están dadas, se puede extender esta visita extraordinaria hasta lograr una ordinaria.

Mediante la visita extraordinaria, el supervisor ambiental verificará el cumplimiento de las tareas ambientales relacionadas con los impactos ambientales que ocurrieron o que van a ocurrir; verificará también la veracidad de la información incluida en el Informe de Cumplimiento Ambiental, y evaluará el impacto ambiental. Lo anterior, mediante la ejecución de las mismas actividades generales explicadas para las visitas ordinarias (revisión de documentos, inspección visual, entrevistas y mediciones, entre otras).

Todos los resultados obtenidos de las distintas visitas realizadas, quedarán debidamente asentadas en la bitácora ambiental del proyecto, la cual se describe en el siguiente apartado.

#### IV. COMPONENTE: SEGUIMIENTO AMBIENTAL

Para llevar a cabo el seguimiento ambiental del proyecto, será necesaria la implementación de una **bitácora ambiental** o libro de registro de eventualidades de la obra. En este documento se describirá el procedimiento a seguir para registrar todas aquellas eventualidades que se produzcan durante el cambio de uso del suelo dentro de la superficie de aprovechamiento proyectada.

El citado documento es de aplicación para todas las eventualidades con afección medioambiental que se produzcan con el desarrollo del proyecto. En el documento se recogerán todos aquellos eventos no previstos en el desarrollo normal de las obras y que puedan tener de una forma directa o indirecta, inmediata o futura, reversible o irreversible, permanente o temporal, una afección en el entorno.

El formato del citado libro de registro o bitácora ambiental será el siguiente:

- **Objeto:** Describir el procedimiento a seguir para registrar todas aquellas eventualidades que se produzcan durante las actividades implicadas en el cambio de uso del suelo, que puedan tener una afección directa o indirecta sobre la calidad ambiental.
- **Alcance:** Este procedimiento será de aplicación para todas las eventualidades con afección medioambiental que se produzcan en el desarrollo del multicitado proyecto.
- **Ejecución:** Se recogerán todos aquellos eventos no previstos en el desarrollo normal del proyecto, que puedan tener lugar de una forma directa o indirecta, inmediata o futura, reversible o irreversible, permanente o temporal, originando una afección sobre el ambiente biótico, abiótico o perceptual.



Las personas responsables de llevar los registros en la bitácora ambiental, serán el jefe de obra y encargados diversos y el supervisor ambiental o Asistente Técnico Medioambiental. Estas personas deberán conocer el mecanismo para el llenado de este libro y serán las encargadas de notificar a los responsables de las empresas subcontratadas la existencia del mismo y de la necesidad de su colaboración, de cara a cumplir con los objetivos planteados en este PVSA.

Se deberá redactar un modelo circular, que se remitirá a cada subcontratado con carácter previo al comienzo de sus actividades en la obra, ya que es indispensable establecer un control de las empresas subcontratadas.

A continuación, se describen algunos de los acontecimientos que, en principio, serán motivo de inscripción en la bitácora ambiental:

- **Vertidos o derrames:** Se hace referencia con esto a aquellos vertidos o derrames líquidos o sólidos, que se produzcan intencionada o accidentalmente en la obra y que no se encontraban planteados en un principio.
- **Funcionamiento defectuoso:** Se hace referencia con esto a funcionamientos defectuosos de maquinaria de obra que puedan originar una posible afección al medio.
- **Accidentes:** Se refiere a aquellos episodios que puedan motivar vertidos, derrames o funcionamientos defectuosos, ya sea de forma inmediata o futura.
- **Intrusión de maquinaria:** Se refiere con esto a episodios accidentales o no, en virtud de los cuales la maquinaria pesada invada o atraviese zonas que no se encontraban previstas inicialmente.
- **Externalidades a la obra:** Se hace referencia a episodios que no sean producidos por el desarrollo de la obra, sino que provengan de elementos externos, que

entrando en el recinto de la obra, afecten algún elemento que pueda resultar perjudicial para el medio ambiente.

- **Otros:** En este apartado se incluirán cualesquiera otros aspectos que no se encuentren englobados en los apartados anteriores.

#### **IV.1. Subcomponente: seguimiento de las emisiones de polvo**

Para el seguimiento de las emisiones de polvo, producidas en su mayor parte por la maquinaria que trabajará durante el desmonte y despalme, se realizarán visitas periódicas a todas las zonas donde se localicen las fuentes emisoras. En esas visitas se observará si se cumplen las medidas adoptadas como son:

- Regar las superficies donde potencialmente puede haber una cantidad superior de polvo.
- Velocidad reducida de los camiones sobre el acceso central.
- Vigilancia de las operaciones de carga y descarga y transporte de material vegetal.
- Instalación de pantallas protectoras contra el viento.

La toma de datos se realizará mediante inspecciones visuales periódicas en las que se estimará el nivel de polvo existente en la atmósfera y la dirección predominante del viento estableciendo los lugares afectados.

Las inspecciones se realizarán una vez por semana, en las horas del día donde las emisiones de polvo se consideran altas. Como norma general, la primera inspección se realizará antes del comienzo de las actividades para tener un conocimiento de la situación previa o estado cero y poder realizar comparaciones posteriores.

#### **IV.2. Subcomponente: seguimiento de afecciones sobre los suelos**

Las tareas que pueden afectar los suelos son, sobre todo, el desmonte y despalme de la superficie sujeta al cambio de uso del suelo; por lo que se realizarán visitas periódicas para poder observar directamente el cumplimiento de las medidas establecidas para minimizar el impacto sobre el recurso, evitando que las operaciones se realicen fuera de las zonas señaladas para ello.

Durante las visitas se observará lo siguiente:

- La vigilancia en el desbroce inicial, desmontes y cualquier otro movimiento de tierra, para minimizar el fenómeno de la erosión y evitar la posible inestabilidad de los terrenos.
- Acopio de la tierra vegetal de tal forma que posteriormente se pueda utilizar para el mantenimiento de las plantas en vivero. Se prestará especial atención a que el acopio se realice en el lugar indicado y que corresponda a una zona menos sensible dentro del sitio. Se supervisará que los montículos de tierra no superen en ningún caso el metro y medio de altura, para evitar la pérdida de las características edáficas del sustrato.
- Se realizarán observaciones en las zonas limítrofes, con el fin de detectar cambios o alteraciones no valoradas en el Estudio.

Los posibles cambios detectados en el entorno, se registrarán y analizarán para adoptar en cada caso las medidas correctoras necesarias. Se realizará un estudio detallado de las zonas afectadas, y en caso de detectar anomalías no previstas, se adoptarán nuevos diseños los cuales se ejecutarán en la mayor brevedad posible.

### **IV.3. Subcomponente: seguimiento de las afecciones a la flora y la fauna**

Se seguirá el control de las medidas elegidas para la minimización de los impactos a la flora y la fauna del lugar que se pudiera ver afectada con el desarrollo del proyecto.

Se llevarán a cabo revisiones periódicas dos veces por semana, a fin de determinar el grado de cumplimiento de las distintas medidas enfocadas a la protección de la flora y la fauna del sitio; en particular se observará lo siguiente:

- Que se lleve a cabo el rescate de vegetación de acuerdo con el programa de rescate anexo, poniendo especial atención a que se logre rescatar el número de individuos propuestos por especie, según las técnicas de rescate planteadas.
- Que se lleve a cabo el rescate de fauna de acuerdo con el programa de rescate anexo, poniendo especial atención a que se logre rescatar aquellos individuos propuestos por especie, según las técnicas de rescate planteadas.
- Que se instalen los letreros alusivos a la protección y conservación de la flora y la fauna del sitio.
- Realizar recorridos periódicos dentro de las áreas de aprovechamiento y en las áreas de conservación, a fin de corroborar que no se esté realizando la captura, caza, extracción o comercialización de alguna especie de flora o fauna silvestre.

En caso de detectarse el incumplimiento de alguna de las medidas propuestas, se procederá a notificar dicha situación al director de obra, quien en su caso, tendrá la obligación de subsanar las omisiones que le sean indicadas por el supervisor ambiental. En caso de reincidir en el incumplimiento de la aplicación de las medidas, se reportará dicha situación en la bitácora ambiental y en el reporte técnico correspondiente.

Para detectar posibles bajas de fauna derivadas del cambio de uso del suelo, se realizará un seguimiento periódico en busca de posibles elementos faunísticos afectados, anotando los siguientes datos:

- Especie.

- Lugar exacto de la localización del cuerpo.
- Posible fuente causante del accidente.
- Fecha y momento del día.
- Condiciones meteorológicas existentes.
- Si se encontrase algún individuo siniestrado con vida, será trasladado urgentemente a un centro especial para su recuperación.

#### **IV.4. Subcomponente: seguimiento de manejo y disposición de residuos**

Este subcomponente resulta importante puesto que de él depende que no se contamine el medio por un manejo inadecuado de residuos sólidos o líquidos que se generen durante el cambio de uso del suelo; y se basa fundamentalmente en el programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos anexo. En forma general implica las siguientes actividades, mismas que serán ejecutadas por el supervisor ambiental:

- Verificar la instalación de los letreros y los contenedores temporales para residuos, así como su debida rotulación (orgánica, inorgánica, etc.).
- Realizar recorridos periódicos en las inmediaciones del sitio del proyecto con el fin de detectar un posible manejo o disposición inadecuada de residuos sólidos o líquidos.
- Informar al director de obra cuando se detecte algún manejo o disposición inadecuada de residuos sólidos o líquidos; y en su caso, promover una campaña de limpieza y separación de residuos para su correcto almacenamiento o posible reciclaje.
- Realizar recorridos de vigilancia dentro de las áreas que no están siendo sujetas a su aprovechamiento, a fin de corroborar que no se esté realizando la micción o defecación al aire libre; y en caso contrario, reportárselo al Director de obra y



promover una campaña de limpieza a fin de eliminar los elementos contaminantes del medio.

- Verificar la instalación de los sanitarios portátiles que estarán al servicio de los trabajadores, así como su correcto funcionamiento. También realizará un estudio acerca de la demanda del servicio en relación al número de trabajadores empleados en la obra, con la finalidad de determinar si el número de sanitarios instalados es suficiente, o en caso contrario, si se requiere instalar sanitarios adicionales.
- Verificar que la empresa arrendadora de los sanitarios móviles, realice la extracción y retiro de las aguas residuales generadas, de acuerdo con los plazos previstos en el contrato que se celebre con la misma.

## **V. COMPONENTE: INFORMES TÉCNICOS**

Para cada tipo de informe, se realizará una ficha que identificará, para cada fase del proyecto o actividad, las obras o acciones que se contemplan ejecutar; la forma, lugar y oportunidad de su ejecución; y la referencia de la página del Estudio donde se describe detalladamente dicha obra o acción. También se elaborará otra ficha en la que se identificará, para cada fase del proyecto o actividad, la normativa de carácter ambiental aplicable, incluidos los permisos ambientales sectoriales; el componente ambiental involucrado; la forma en la que se dio cumplimiento a las obligaciones contenidas en dichas normas, y el organismo de la administración del gobierno competente en su verificación, si éste estuviere establecido.

Una ficha más identificará para cada fase del proyecto o actividad, las obras o acciones que se ejecutaron; el componente ambiental involucrado; el impacto ambiental asociado; la descripción de la medida correspondiente, ya sea de mitigación, reparación, compensación, o de prevención; la forma de implementación; el indicador que permitió cuantificar, si corresponde, el cumplimiento de la medida; la oportunidad

y lugar de su implementación; y la referencia de la página del Estudio donde se describe detalladamente la medida.

### **V.1. Subcomponente: informe de cumplimiento de medidas**

Tras la especificación de las medidas para todas las variables, se propone, en cuanto a la dimensión temporal durante la fase de cambio de uso del suelo, un seguimiento que deberá comprender una visita semanal de media jornada al proyecto, y la elaboración de un informe periódico mensual en el que se señalen todas las incidencias observadas, se recojan todos los controles periódicos enumerados anteriormente con la periodicidad señalada, se indique el grado de eficacia de las medidas correctoras planteadas, el grado de acierto del Estudio y los resultados obtenidos con este PVSA. Estos informes serán acompañados de un reportaje fotográfico y se enviarán al promovente a fin de que éste último realice las gestiones ambientales correspondientes.

### **V.2. Subcomponente: informe de cumplimiento de términos y condicionantes**

Se dará un seguimiento a los términos y condicionantes que se establezcan en la Resolución del proyecto, que deberá comprender una visita semanal de media jornada al proyecto, y la elaboración de un informe periódico mensual en el que se señalen todas las incidencias observadas, se recojan todos los controles periódicos enumerados anteriormente con la periodicidad señalada, y se indique el grado de eficacia en el cumplimiento de los términos y condicionantes establecidos por la SEMARNAT en la autorización del proyecto. Estos informes serán acompañados de un reportaje fotográfico y se enviarán al promovente a fin de que éste último realice las gestiones ambientales correspondientes.

### **V.3. Subcomponente: Informes especiales**

Se presentarán informes especiales ante cualquier situación especial que pueda suponer riesgo de deterioro de cualquier factor ambiental. En concreto, se prestará especial atención en las siguientes situaciones:

- Lluvias torrenciales que supongan riesgo de inundación o desprendimiento de materiales.
- Alerta por tormenta o huracán que ponga en riesgo el desarrollo de la obra.
- Accidentes producidos en fase de cambio de uso del suelo con consecuencias ambientales negativas.
- Accidentes de tráfico en cualquier punto de intersección.

Estos informes serán notificados al director de obra, con la finalidad de que realice los trámites y gestiones correspondientes, y en su caso, tome las medidas necesarias para reducir o eliminar el riesgo originado por los factores citados en los puntos anteriores.

## **VI. COMPONENTE: ANÁLISIS DE RESULTADOS**

El análisis de los resultados del seguimiento ambiental permite establecer el avance, cumplimiento y efectividad de los programas que conforman el Plan de Manejo Ambiental, con base en los resultados de la revisión del Informe de Cumplimiento Ambiental y/o en las apreciaciones obtenidas durante la visita de seguimiento ambiental.

El análisis de resultados del seguimiento ambiental se realiza a partir de:

- El Informe de Cumplimiento Ambiental más la visita de seguimiento:
- Solamente el Informe de Cumplimiento Ambiental, o
- Solamente la visita de seguimiento ambiental.

El análisis se centrará en los siguientes puntos:

### **VI.1. Cumplimiento de los objetivos del seguimiento ambiental**

A cada una de las tareas ambientales a cargo del promovente, se le efectuará un análisis para establecer el cumplimiento específico de cada uno de los compromisos adquiridos en el otorgamiento de la autorización ambiental o en el establecimiento del plan de manejo ambiental.

Este análisis se realiza con la ayuda de la lista de chequeo y formatos específicos descritos en el Componente V. En esas herramientas, el supervisor ambiental encuentra todos los requerimientos normativos, los establecidos en actos administrativos y además indicadores que le proporcionan criterios y conducen su análisis.

Con respecto al cumplimiento de los objetivos del seguimiento, se establecerá:

- **Suficiencia de la información:** Establecer si la información suministrada está completa. Para esto, se cuenta con la ayuda de los formatos y de la bitácora ambiental, ya descritos anteriormente.
- **Cumplimiento de las tareas ambientales:** Se determina si el promovente ha cumplido total o parcialmente con sus obligaciones ambientales y si las razones indicadas en el informe de cumplimiento ambiental, para el caso de incumplimiento, son pertinentes.

## VI.2. Análisis de la efectividad de los programas que conforman el PSVA

La efectividad de los programas que conforman el PSVA se realiza con la ayuda de los reportes técnicos (ver apartado correspondiente en donde se explica la manera de utilizar estos formatos).

La bitácora integra el resultado del análisis de cumplimiento del promovente, y el análisis de las tendencias de la calidad del medio en el que se desarrolla el proyecto, con el fin de facilitar al supervisor ambiental su concepto sobre la efectividad de las

medidas de manejo ambiental. Esto determina la necesidad o no de actualizar algunos programas calificados como "no efectivos". En caso de que el informe de cumplimiento ambiental incluya ofertas de nuevas versiones de programas de manejo ambiental, éstas deben ser evaluadas por el área de gestión ambiental, apoyándose en la autorización ambiental del proyecto, con el fin de determinar si la nueva versión propuesta por el promovente solucionará los aspectos que permitieron calificar al programa vigente como "no efectivo".

### **VI.3. Necesidad de realizar una visita extraordinaria a la zona**

Esta necesidad se puede identificar de acuerdo con los análisis realizados en los dos puntos anteriores. En caso de que se requiera una visita extraordinaria, esta debe ser ejecutada; de lo contrario, se da paso al informe técnico de los resultados.



## **ANEXO 2**

### **PROGRAMA DE RESCATE DE FLORA SILVESTRE**

#### **I. JUSTIFICACIÓN**

Este programa tiene la finalidad de dar a conocer los métodos y técnicas que se aplicarán durante el rescate de la vegetación que se encuentra presente en la zona de aprovechamiento del proyecto; y se elabora en cumplimiento de lo señalado en el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, el cual cita textualmente lo siguiente:

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

#### **II. OBJETIVO DEL PROGRAMA**

Llevar a cabo el rescate de la flora silvestre que se ubica dentro de las áreas de aprovechamiento del proyecto, a través de métodos estandarizados de colecta, con la finalidad de prevenir afectaciones directas a este recurso con el desarrollo del proyecto.

#### **III. ALCANCE DEL PROGRAMA**

Rescatar el mayor porcentaje de ejemplares de flora silvestre que pudieran verse afectados con el desarrollo del proyecto, a fin de garantizar su permanencia en el sistema ambiental, con particular énfasis en las especies listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

El programa de colecta de flora incluye la colecta de ejemplares cuyas especies están referidas por la normatividad ambiental en algún estatus de protección, así como los ejemplares de las especies de importancia ecológica, con base en la caracterización florística del predio.

#### **IV. TÉCNICAS DE RESCATE**

A continuación, se describen las principales técnicas de rescate que se llevarán a cabo durante el cabo durante la ejecución del programa.

##### **IV.1. Técnica de banqueo**

Esta técnica se utilizará para la extracción de plantas enteras, es decir, desde la raíz hasta el ápice de la última rama con proyección vertical. Las actividades que se deben llevar a cabo en el desarrollo de esta técnica se describen en los siguientes apartados.

##### **IV.1.1. Construcción de zanja**

En la primera etapa del banqueo se hará una zanja alrededor de la planta con el fin de formar un cepellón donde quedarán confinadas las raíces que le servirán al árbol para afianzarse al nuevo sitio. Depende de la especie, su tamaño y el tipo de suelo. El diámetro del cepellón debe ser 9 veces el diámetro del tronco del árbol, medido 30 cm arriba del cuello de la raíz. La profundidad depende de la extensión de las raíces laterales; en general se recomienda de 0.75 a 1 metro.

Los lados deben ir en declive, de tal manera que la parte superior sea mayor que la base. Por ejemplo, si el cepellón tiene 3 metros en la parte superior, su base puede tener 2 metros. Los cortes deben hacerse con una pala recta y las raíces podadas con los mismos criterios que se emplean en la poda de la parte aérea.



#### IV.1.2. Arpillado

Consiste en envolver el cepellón primero que todo con un material que la proteja de roturas y de la desecación, como arpillá o tela de costal. Luego se hace un amarre en forma de tambor, con cuerdas laterales en la base y en la parte superior. Una vez envuelto y amarrado, el cepellón puede ser cortado por debajo con un cable de acero, sin necesidad de ladearla. El cable de 1/2 pulgada, es colocado por debajo del cepellón y tirado con una fuerza de tracción para que corte limpiamente la parte inferior.





### IV.1.3. Remoción

Los árboles chicos pueden ser removidos manualmente con la ayuda de una carretilla o preferentemente con un "diablito"; los grandes son cargados al hombro por dos personas, o en casos extremos con la ayuda de un trascabo.

Los árboles no deben levantarse del tronco, ya que esto le causa daño a la corteza y al cepellón. Las cadenas, o preferentemente una eslinga, deben colocarse alrededor del cepellón y atarse al trascabo, cuando se decida utilizar éste equipo. Una vez fuera del hoyo, puede terminarse de amarrar la parte inferior del cepellón.



### IV.1.4. Transporte

El método empleado en el acarreo de un lugar a otro de árboles pesados, dependerá de la distancia, de las facilidades que se disponga y de las dificultades de la ruta. Cargas hasta de 3 toneladas pueden manejarse con seguridad en los camiones de plataforma ordinarios; pero para cargas mayores se necesita equipo especial. Deben amarrarse y envolverse las ramas para protegerlas del viento y el sol. En el caso particular del proyecto, considerando que las plantas removidas serán resguardadas temporalmente dentro del vivero, estima que las distancias a recorrer serán mínimas, por lo que dicho transporte se realizará en forma manual.

El proceso de banqueo que será utilizado para el rescate de la vegetación se puede observar en las siguientes imágenes.



## IV.2. Técnica de recolección por material de propagación (estaqueo)

Esta técnica se utilizará para la recolección de material de propagación, y únicamente se aplicará para la obtención de estacas, ya que en la práctica los individuos que se han propagado con esta técnica, han demostrado un excelente crecimiento y sobrevivencia al proceso. Las actividades que involucra esta técnica se describen en los siguientes apartados.

### IV.2.1. Corte de la estaca

Las estacas son partes vegetativas de las plantas tales como raíces, ramas, brotes u hojas, capaces de generar nuevas plantas. Se utilizarán segmentos de ramas que contengan yemas terminales o laterales que colocadas en condiciones apropiadas desarrollan raíces adventicias produciendo nuevas plantas, descartando las ramas internas pequeñas y débiles.

Se deben tomar en cuenta varios factores como estar bien seguros de la especie, que el individuo esté libre de plagas y enfermedades y finalmente que se encuentre en el estado fisiológico adecuado, de manera que las estacas que se tomen tengan



probabilidades de enraizar. El corte debe ser basal justo debajo de un nudo y el apical de 1,5 a 2 centímetros sobre el otro nudo, por lo que cada estaca debe contener por lo menos dos nudos. El diámetro de la estaca puede variar entre 0.5 y 5 centímetros.

Es importante que el material para estacas sea obtenido de las partes jóvenes con un período de crecimiento y que sea tomado durante las primeras horas de la mañana. Las estacas se deben hacer de unos 15 a 75 cm de largo, quitando las hojas de la mitad inferior.

Las hojas de las ramas de donde se obtendrán los cortes deben tener entre 8 y 10 cm de largo, de lo contrario hay que reducir el área foliar, debido a que hojas muy grandes favorecen la pérdida de agua y las muy pequeñas no producen suficientes carbohidratos u otras sustancias necesarias para que el corte sobreviva.



Se puede reducir el área foliar cortando las hojas con unas tijeras y cuidando que el tejido no se dañe por machacamiento o estrujamiento.

#### **IV.2.2. Manejo del material vegetativo**

Después de tomar el material de la planta madre se debe manejar con prontitud para evitar daños que puedan afectar su enraizamiento; deberá ser trasplantado en forma inmediata, para lo cual se deberá acondicionar el sitio de sembrado con suficiente drenaje para permitir el crecimiento de las nuevas raíces. La prontitud del trasplante permitirá también la pérdida de sabia que es de vital importancia para el crecimiento de la nueva planta.

#### **IV.2.3. Transporte**

El material de propagación debe ser protegido del sol todo el tiempo, para lo que es necesario cubrir las bases con tela o algún material que guarde la humedad. Debido a

las cortas distancias que se tendrán que recorrer desde el sitio de corte de la estaca al vivero, el transporte se realizará en forma manual.

#### **IV.2.4. Aplicación de enraizador**

No todas las plantas tienen la capacidad de enraizar espontáneamente, por lo que a veces es necesario aplicar sustancias hormonales que provoquen la formación de raíces. Las auxinas son hormonas reguladoras del crecimiento vegetal y, en dosis muy pequeñas, regulan los procesos fisiológicos de las plantas. Las hay de origen natural, como el ácido indolacético, el cual estimula la formación y el desarrollo de las raíces cuando se aplican en la base de las estacas.

La función de las auxinas en la promoción del enraizamiento tiene que ver con la división y crecimiento celular, la atracción de nutrientes y de otras sustancias al sitio de aplicación, además de las relaciones hídricas y fotosintéticas de las estacas, entre otros aspectos. La mayoría de las especies forestales enraízan adecuadamente con AIA.

Un método sencillo es la aplicación de la hormona por medio del remojo de la base de las estacas (de 2 a 3 cm) en soluciones acuosas y con bajas concentraciones de auxina (de 4 a 12 horas), según las instrucciones de los preparados comerciales. Sin embargo, este método es lento y poco exacto, difícil de realizar cuando los cortes son numerosos y algunas veces las hojas se marchitan durante el proceso; entonces se puede recurrir a las auxinas disponibles en aerosol.

Para las especies forestales tropicales se recomienda la inmersión de la base de las estacas en soluciones de AIB al 4% en alcohol etílico como solvente, por periodos muy cortos (5 segundos). Posteriormente se acomoda la base de la estaca en aire frío para evaporar el alcohol, antes de colocarlas en el propagador.

### IV.3. Recolección de material de propagación (semillas)



La recolección de semillas se podrá realizar de diferentes formas. A continuación se describen las principales que implican menor esfuerzo y costo de recolecta.

#### IV.3.1. Caída natural

En el caso de varios géneros que poseen frutos de gran tamaño es habitual recolectar del suelo del bosque los frutos una vez que éstos han caído de manera natural y se han abierto. Es un procedimiento barato y no exige una mano de obra tan calificada como por ejemplo cuando hay que trepar al árbol; en esta tarea puede utilizarse a escolares o mano de obra esporádica. El tamaño del fruto es muy importante, pues cuanto mayor sea tanto más fácil será verlo y recogerlo a mano.

Los principales inconvenientes que presenta la recolección del fruto después de su caída natural son los riesgos de recoger semillas inmaduras, vacías o inviables, de deterioro de la semilla o de germinación prematura cuando la recolección se retrasa, y de falta de certeza a la hora de identificar los árboles padres de los que se recoge la semilla. Los primeros frutos que caen de una manera natural en la estación suelen tener semillas de escasa calidad (Morandini 1962, Aldhous 1972).

Puede facilitarse considerablemente la eficiencia de la recolección limpiando el suelo de vegetación y residuos, incluidos los frutos antiguos o caídos prematuramente, y/o

extendiendo grandes piezas de lona ligera, percal o plástico para que caigan en ellas las semillas (Turnbull 1975b). Si se programa cuidadosamente, mediante esta operación se eliminará también gran parte del riesgo de recolectar semillas vacías o inviables. Los frutos viables deben recogerse lo antes posible una vez caídos, para evitar los daños o pérdidas debido a insectos, roedores u hongos y la germinación prematura. Esto es especialmente importante en el bosque tropical húmedo. Por consiguiente, la recolección de las semillas que se encuentran en el suelo debe sincronizarse perfectamente con la caída de las mismas.

A los equipos de recolección se les indicará que recolecten únicamente los frutos frescos, de color verde o amarillo. En una jornada laboral de 8 horas pueden recolectarse 50 kg de frutos por persona, lo que da un rendimiento de unos 3 kg de hueso seco.

Cuando los frutos se recolectan del suelo es frecuente que surjan dudas sobre la identidad del árbol padre. Los árboles aislados no presentan problema alguno a este respecto (aunque es posible que sean padres no convenientes debido al riesgo de autofecundación), pero en los monocultivos densos, en los que las copas se entrelazan, los frutos pueden mezclarse mucho. Esto no tiene importancia cuando se recolectan cantidades comerciales de semilla, siempre que la calidad genética del rodal corresponda al promedio o más.

Una solución de transacción, adecuada para recolecciones que contienen una mezcla de árboles fenotípicos buenos y malos, consiste en recoger solamente los frutos que están debajo de los mejores porta granos y dentro de un radio que equivale a la mitad del radio de proyección de sus copas.

#### **IV.3.2. Sacudimiento manual**

Cuando los frutos se separan con facilidad, pero la caída natural de los frutos no está suficientemente concentrada en el tiempo, puede inducirse la caída de los frutos por

medios artificiales. Una posibilidad consiste en sacudir directamente con la mano los troncos de árboles pequeños y las ramas bajas. Las ramas superiores pueden sacudirse con ayuda de una vara larga terminada en un gancho, o con una cuerda. Este método ha producido buenos resultados pues facilita la recolección rápida de las semillas, con un buen nivel de viabilidad, tan pronto como la inspección visual indica que los frutos están maduros (Stead 1979, Robbins y otros 1981).

### **IV.3.3. Recolección en las copas de árboles cortados**

Un método para recolectar grandes cantidades de semilla es el que consiste en sincronizar la recolección con el desmonte de la vegetación. Cuando se van a recolectar los frutos de todos los árboles talados, la recogida de aquéllos debe posponerse, por razones de seguridad, hasta que han concluido las tareas de corta en la zona (Douglass 1969). Cuando la calidad fenotípica de los árboles padres es por el contrario más importante que la cantidad de semilla, es preferible seleccionar, marcar y, si es posible, cortar y cosechar los frutos de árboles padres superiores antes de que se efectúe la corta principal.

Debe evitarse recolectar los frutos en los aclareos tempranos, pues es difícil juzgar correctamente la calidad fenotípica a esa edad. Al cortar es aconsejable dirigir las copas hacia los claros existentes para facilitar la recuperación de conos (Dobbs y otros 1976). Es habitual recoger a mano los conos o frutos de las copas caídas, con ayuda de rastrillos, ganchos o machetes. Los conos pequeños del tipo arracimado, pueden cosecharse cortando los extremos de las ramas que portan conos y pasándolos por una desbrozadora (Douglass 1969). Esta máquina contiene una serie de dientes, parecidos a los de un rastrillo, que se colocan lo suficientemente juntos para que queden fuera los conos.

La maraña de troncos y copas caídos y la dispersión de algunos conos durante la corta reducen muy considerablemente la productividad. Cuando las operaciones son rápidas y están muy controladas, el método más eficaz consiste posiblemente en efectuar la



recolección una vez que se han limpiado y llevado los fustes pero antes de que se haya amontonado triturado.

#### IV.3.4. Recolección en árboles en pie con acceso desde el suelo

En el caso de los arbustos o árboles de ramas bajas, el recolector tiene acceso directo a los frutos de las ramas estando de pie en el suelo (Morandini 1962). Los frutos más pequeños suelen colocarse directamente en una cesta, bolsa, cubo u otro recipiente que el recolector lleva en la mano o colgado al hombro (Stein y otros 1974).

### V. RESULTADOS ESPERADOS

Con la correcta aplicación del programa que se propone, aunado a que el desmonte será realizado por etapas, se podrá rescatar el 100 % de los individuos propuestos, con lo que se alcanzará el 100 % de éxito en el rescate de las especies propuestas en el supuesto de que pudieran verse afectadas con el desarrollo del proyecto; así mismo, con el cumplimiento de las reglas de operación planteadas se espera el 100 % de supervivencia de los ejemplares rescatados.

### VI. ESPECIES Y NÚMERO DE INDIVIDUOS POR ESPECIE A RESCATAR

#### VI.1. Criterios de selección

Para llevar a cabo la **colecta selectiva** de la vegetación durante los trabajos de preparación del sitio, como primera etapa se realizó la selección de las especies susceptibles de rescate se acuerdo con los siguientes criterios:

- ▶ Tiene la capacidad de reproducirse a través de **material vegetativo** (hojas, ramas, raíces, etc.).
- ▶ No posee propiedades **tóxicas o urticantes** durante su manipulación.

- Se encuentra incluida dentro de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**.
- Posee **alto valor ecológico** (fijación del suelo, alimento y refugio para la fauna, etc.).
- Presenta una **baja densidad** de individuos o es escasa a nivel del predio.
- Es una especie nativa propia del ecosistema.

## VI.2. Especies objetivo

En la siguiente tabla se presenta el listado de especies seleccionadas para el rescate, así como el número de individuos por especie y por talla.

ESPECIES	TALLA (mts)			# TOTAL DE INDIVIDUOS
	0.10 - 0.50	0.50 - 1	<1 - 2	
<i>Metopium brownei</i>	10	0	0	10
<i>Thevetia gaumeri</i>	25	25	0	50
<i>Dendropanax arboreus</i>	10	0	0	10
<i>Thrinax radiata</i>	500	500	0	1000
<i>Bursera simaruba</i>	50	0	0	50
<i>Diospyros cuneata</i>	7	0	0	7
<i>Gymnanthes lucida</i>	10	10	0	20
<i>Acacia dolichostachya</i>	10	10	0	20
<i>Bauhinia jenningsii</i>	10	10	0	20
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	18	10	0	28
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	7	0	0	7
<i>Diphysa carthagenensis</i>	18	10	0	28
<i>Gliricidia sepium</i>	18	10	0	28
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	10	0	0	10
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	25	25	0	50
<i>Piscidia piscipula</i>	50	50	0	100
<i>Swartzia cubensis</i>	20	20	0	40
<i>Laethia thamnina</i>	18	10	0	28
<i>Nectandra coriacea</i>	25	25	0	50
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	28	0	0	28
<i>Ceiba pentandra</i>	7	0	0	7
<i>Hampea trilobata</i>	25	25	0	50

ESPECIES	TALLA (mts)			# TOTAL DE INDIVIDUOS
	0.10 - 0.50	0.50 - 1	<1 - 2	
<i>Malvaviscus arboreus</i>	100	50	0	150
<i>Ardisia escallonioides</i>	50	0	0	50
<i>Eugenia trikii</i>	18	10	0	28
<i>Myrcianthes fragrans</i>	25	25	0	50
<i>Coccoloba barbadensis</i>	25	25	0	50
<i>Coccoloba diversifolia</i>	25	25	0	50
<i>Coccoloba spicata</i>	25	25	0	50
<i>Gymnopodium floribundum</i>	10	0	0	10
<i>Guettarda combsii</i>	25	25	0	50
<i>Psychotria nervosa</i>	50	50	0	100
<i>Randia longiloba</i>	25	25	0	50
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	25	0	0	25
<i>Zuelania guidonia</i>	18	10	0	28
<i>Cupania dentata</i>	7	0	0	7
<i>Matayba oppositifolia</i>	10	10	0	20
<i>Talisia olivaeformis</i>	25	25	0	50
<i>Thouinia paucidentata</i>	18	10	0	28
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	25	0	0	25
<i>Manilkara zapota</i>	50	50	0	100
<i>Pouteria campechiana</i>	7	0	0	7
<i>Sideroxylon salicifolium</i>	7	0	0	7
<i>Simarouba amara</i>	7	0	0	7
<i>Vitex gaumeri</i>	25	25	0	50
<b>TOTALES</b>	<b>1503</b>	<b>1130</b>	<b>0</b>	<b>2633</b>

MATERIAL DE PROPAGACIÓN - ESTACAS	
ESPECIES	CANTIDAD
<i>Ficus cotinifolia</i>	50
<i>Ficus padifolia</i>	50
<i>Bursera simaruba</i>	50
<b>Total</b>	<b>150</b>

MATERIAL DE PROPAGACIÓN - SEMILLAS	
ESPECIES	CANTIDAD (kg)
<i>Thrinax radiata</i>	5
<i>Manilkara zapota</i>	2
<i>Otras especies</i>	5
<b>Total</b>	<b>12</b>

De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior, se pretende llevar a cabo el rescate de **2633** plantas correspondientes a **45 especies** del total que compone la vegetación que se desarrolla en la superficie de CUSTF; lo cual indica una proporción de **746** plantas rescatadas por hectárea de aprovechamiento. Así mismo, se propone la recolección de material de propagación, consistente en 150 estacas de 3 especies; y 12 kilogramos de semillas de las especies que se encuentren fructificando al momento del rescate, de las cuales 5 Kg corresponden a la especie *Thrinax radiata* (palma chit).

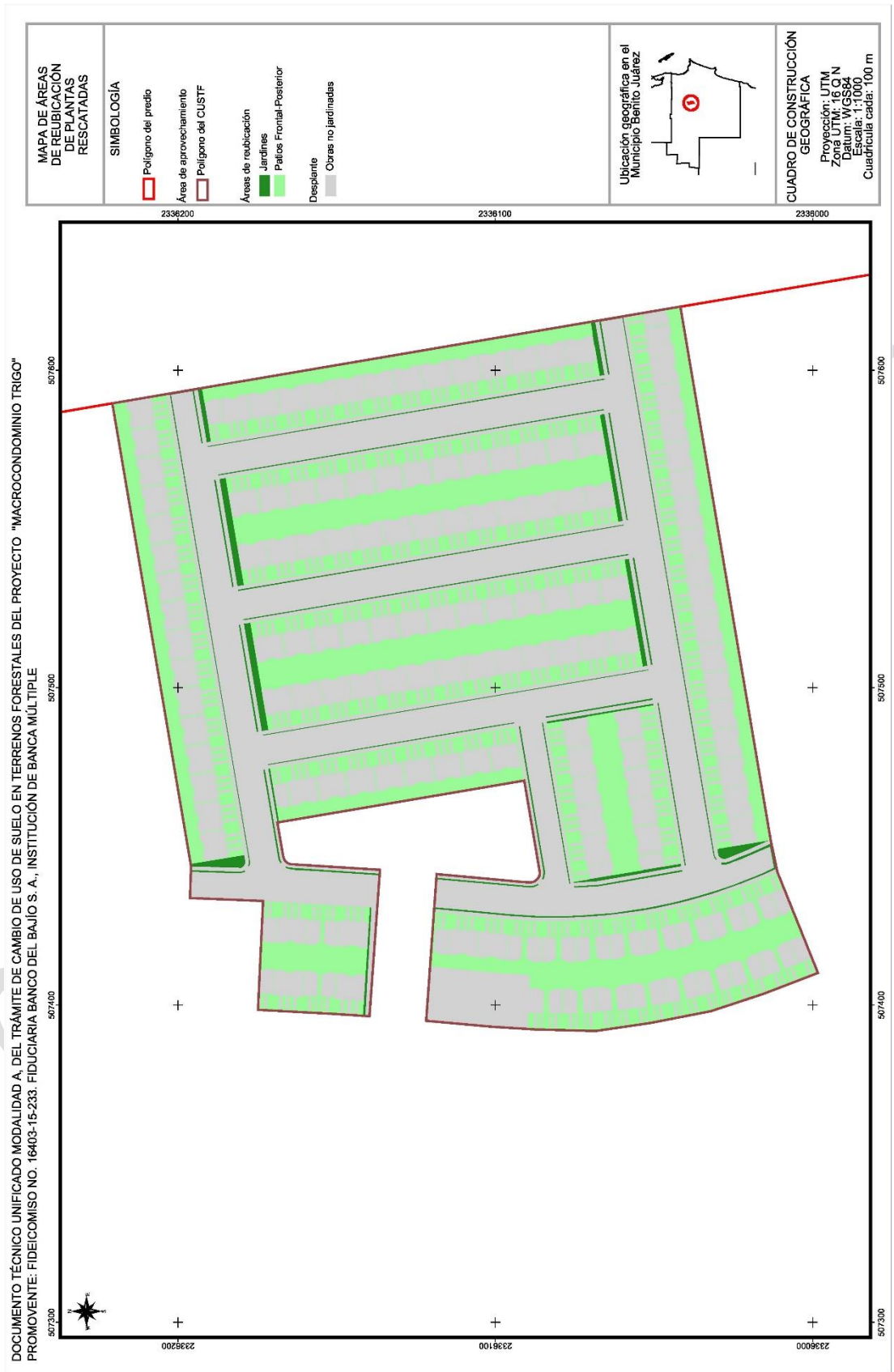
## VII. SITIO DE REUBICACIÓN

Como sitio de reubicación de la flora que será rescatada, se proponen los 13,570.34 m<sup>2</sup> (1.357 hectáreas) de áreas verdes ajardinadas que conformarán el proyecto (ver plano de la página siguiente).

## VIII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El rescate y reubicación de la vegetación se pretende ejecutar en un lapso de 24 meses considerando que el desmonte será gradual. El rescate se realizará en forma previa a la realización de cualquier actividad proyectada, tal como se indica en la siguiente tabla:

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES												
ACTIVIDADES	BIMESTRES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Delimitación de la superficie de aprovechamiento												
Identificación de los ejemplares a ser rescatados												
Recolección de las plantas (método de banqueo)												
Recolección de material de propagación												
Traslado de los ejemplares rescatados al vivero												
Mantenimiento de las plantas en vivero												
Reubicación de las plantas rescatadas												





## **ANEXO 3**

### **PROGRAMA DE RESCATE DE FAUNA SILVESTRE**

#### **I. JUSTIFICACIÓN**

Este programa tiene la finalidad de dar a conocer los métodos y técnicas que se aplicarán durante el rescate de la fauna silvestre que incida en el área de aprovechamiento del proyecto; y se elabora como una medida preventiva para evitar que el desarrollo del proyecto afecte a la fauna asociada al sistema ambiental; en cumplimiento de lo señalado en el criterio CG-13, es cual se cita textualmente como sigue:

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

#### **II. OBJETIVO DEL PROGRAMA**

Llevar a cabo el rescate de la fauna silvestre que incida en las áreas de aprovechamiento del proyecto, a través de métodos estandarizados de manejo y contención de organismos vertebrados, con la finalidad de prevenir afectaciones directas a este recurso por el cambio de uso del suelo.

#### **III. ALCANCE DEL PROGRAMA**

Rescatar el 100 % de los individuos de fauna silvestre que pudieran verse afectados con el cambio de uso del suelo, a fin de garantizar su permanencia en el sistema ambiental, con particular énfasis en las especies de lento desplazamiento.

#### **IV. PRINCIPIOS BÁSICOS SOBRE EL RESCATE DE FAUNA SILVESTRE**

La importancia de la fauna silvestre va ligada directamente con la conservación de la misma. Al mantener la diversidad de fauna silvestre, mantenemos la biodiversidad, la cual es de vital importancia para los ecosistemas que sostienen.

Para la conservación de la fauna silvestre, es necesario aplicar estrategias de manejo dirigidas a las áreas donde habitan. Cabe aclarar que el manejo es un concepto ligado a la gestión y tiene como objetivos aumentar poblaciones de fauna, mantener sus poblaciones, disminuir esas poblaciones, o dejarlas únicamente para conservación; que para el caso particular del proyecto, el manejo sólo estará ligado a mantener sus poblaciones y conservarlas a nivel de especie.

Un aspecto importante a considerar durante el rescate, es el movimiento de la fauna desde una población local a otra determinada, lo que se llama dinámica de metapoblaciones. Una metapoblación es un conjunto de poblaciones locales que interactúan entre sí a través del movimiento de individuos. La ecología de metapoblaciones presume, de forma simplificada, que el hábitat adecuado para una especie de interés se manifiesta como una red de parches o hábitats separados entre sí, los cuales varían en tamaño, grado de aislamiento y calidad.

Otro aspecto considerable, es conocer el grado de movimiento de las especies entre parches, ya que estos pueden cubrir kilómetros en especies de gran capacidad de movimiento o bien unos pocos metros entre organismos con movilidad limitada. En algunos casos, los parches pueden estar conectados por corredores biológicos, los cuales pueden ser parches alargados, cursos de agua o incluso caminos y carreteras.

Una metapoblación incluye también parches parcialmente no ocupados por individuos de una especie focal, por lo que, en un escenario ideal, el rescate y la relocalización de especies deberá ser realizado en aquellos parches no ocupados o parcialmente ocupados que presentan las condiciones de hábitat que requiere la especie de interés. Sin embargo, para que una recolocación sea exitosa, es necesario conocer la existencia

de potenciales competidores y/o depredadores que podrían limitar su establecimiento.

Con base en las consideraciones expuestas anteriormente y dada la naturaleza del proceso de rescate y relocalización de especies, se ha propuesto entonces, un modelo conceptual que incorpora los aspectos ecológicos más relevantes derivado del marco de metapoblaciones. Este modelo implica el traslado de individuos desde un parche en donde su hábitat será destruido (Parche A), hacia un lugar que presenta un hábitat de condiciones similares y donde eventualmente puede existir otra población de la misma especie (Parche B).

Para efectos del rescate y relocalización de especies, es posible asumir que la afectación del hábitat por el desarrollo del proyecto, detonará la necesidad de movilizar individuos desde el parche degradado hacia uno con atributos ambientales mejor conservados; de tal manera que para cumplir con los objetivos planteados aplicando el modelo conceptual ya descrito, se aplicarán métodos y técnicas de rescate pasivas principalmente, y en algunos casos se aplicarán métodos activos; del mismo modo, se considerará la ejecución de medidas de tipo ambiental dando un enfoque directo a la conservación de su hábitat.

## **V. METODOLOGÍA GENERAL**

El plan de acción de éste programa, incluyó como primera actividad el reconocimiento del área en el que será aplicado el rescate, para lo cual se realizó un exhaustivo estudio con la finalidad de identificar los puntos específicos donde se concentrarán las acciones de rescate, y de aquellas áreas donde la fauna mostró mayor actividad. Esta actividad también tuvo la finalidad de maximizar la eficiencia del rescate, disminuyendo el tiempo de traslado entre parches y reduciendo el esfuerzo en zonas con baja densidad poblacional; de igual manera, se tuvo la oportunidad de identificar los parches donde serán reubicados los individuos (en caso de ser necesario) de acuerdo con el modelo propuesto.

La segunda actividad a realizar consistió en determinar los métodos específicos (activos y pasivos) que serán aplicados durante el rescate, por cada grupo faunístico; así como las medidas de protección *in situ* que se aplicarán sobre el hábitat de la fauna y que se describen a continuación.

## VI. MEDIDAS DE PROTECCIÓN PARA LA FAUNA SILVESTRE

**UNO.** Previo al inicio de cualquier actividad se realizará la búsqueda de nidos o madrigueras en la superficie de aprovechamiento, y en caso de un resultado positivo, el nido o la madriguera será marcado con estacas y cinta precautoria; y posteriormente será georreferenciado y registrado en bitácora.

**DOS.** Toda madriguera o nido registrado, permanecerá bajo observación durante un lapso de 48 horas, con la finalidad de determinar si se trata de un refugio activo o en estado de abandono.

**TRES.** Si la madriguera o el nido resulta estar activo, se procederá a la aplicación de las técnicas de rescate que se proponen en el VIII.2 del presente documento.

**CUATRO.** Se colocará cinta precautoria con la leyenda "PROHIBIDO EL PASO" en forma perimetral a las áreas que serán conservadas en estado natural y que servirán para el resguardo o reubicación de la fauna rescatada durante la realización de las obras.

**CINCO.** Se establecerá en el contrato de cualquier persona que labore en la ejecución del proyecto, las siguientes cláusulas:

- ❶ Queda estrictamente prohibida la extracción, captura, caza, comercialización, alimentación y en general cualquier actividad que ocasione un daño directo o indirecto sobre cualquier ejemplar de fauna silvestre, esté o no dentro del área de aprovechamiento.

- ❶ Cualquier persona que sea sorprendida causando daños a la fauna silvestre, ya sea al interior del predio o en sus inmediaciones, será amonestada verbalmente y por escrito; y en caso de reincidencia será suspendido del cargo que le fuera encomendado.

**SEIS.** Los residuos orgánicos que se generen, principalmente restos de comida, serán almacenados en los contenedores que se instalarán para tal fin, con la finalidad de evitar que dichos residuos resulten un atractivo para la fauna silvestre, reduciendo así, su probabilidad de incidencia dentro de la superficie de aprovechamiento.

**SIETE.** Se elaborará un tríptico informativo dirigido a todo el personal de la obra en donde se describirán todas y cada una de las medidas aquí propuestas. Así mismo, en dicho documento se informará de las especies con mayor probabilidad de incidencia en el predio y su zona de influencia, a través de fichas técnicas complementadas con imágenes fotográficas.

## VII. MÉTODOS ESPECÍFICOS DE RESCATE

Las técnicas y métodos que se proponen a continuación, están basadas en estudios previos y en la experiencia que se tiene sobre el manejo de vida silvestre; y sólo serán ejecutadas en caso de que algún ejemplar se encuentre en riesgo de ser afectado por el desarrollo del proyecto.

### VII.1. Métodos pasivos

Es importante mencionar que se dará prioridad a la aplicación de estos métodos durante el desarrollo del proyecto, considerando que los mismos tienen un objetivo en común: ***evitar el contacto directo con el ejemplar reduciendo el riesgo de daño por estrés o contacto físico.***

#### VII.1.1. Método de ahuyentamiento sonoro



**Descripción del método:** Consiste básicamente en la emisión de sonidos de frecuencia, ritmo, duración e intensidad variada, como silbidos, gritos y ruidos vocalizados, que tienen por objeto provocar un estado de alerta en el animal, motivándolo a desplazarse fuera de su zona de confort.

**Ventajas:** Muy efectiva, no implica costos ni daño físico al ejemplar; y desde luego, es práctico y puede ser aplicado por cualquier persona con capacidad de habla.

**Desventajas:** Requiere del conocimiento y la experiencia previa para aplicar el sonido correcto según la especie; debe aplicarse a una distancia prudente de tal manera que el sonido emitido pueda llegar al campo auditivo del animal. Es ineficiente para especies que carecen del sentido auditivo o que perciben ondas sonoras de baja frecuencia.

**Aplicación por grupo faunístico:** Aves, reptiles y mamíferos.

### VII.1.2. Método de acarreo en grupo

**Descripción del método:** Se basa en sorprender al individuo y acorralarlo entre tres o más personas, obstaculizándole todas las rutas de escape y direccionándolo hacia la zona de reubicación.

**Ventajas:** Muy efectiva y no implica costo alguno; y desde luego, es práctico y puede ser aplicado por cualquier persona con capacidad motriz.

**Desventajas:** Requiere de coordinación en grupo y gran capacidad de movimiento. Provoca estrés temporal en el individuo; y no resulta efectiva sobre especies adaptadas a la presencia humana o a las condiciones urbanas del medio. Puede ocasionar daños al ejemplar por aplastamiento o lesión durante su escape.

**Aplicación por grupo faunístico:** Reptiles y mamíferos.

### VII.1.3. Método de espera pasiva

**Descripción del método:** Consiste en esperar y dejar que el animal abandone el sitio por sus propios medios.

**Ventajas:** No implica costo alguno; no requiere de personal calificado, ni esfuerzo físico; no provoca estrés ni daño físico al ejemplar.

**Desventajas:** Poco efectiva, ya que el animal puede reconocer el sitio como una zona segura y en consecuencia permanecerá al interior del área de aprovechamiento. No se tiene control sobre el individuo ni sobre sus rutas de desplazamiento.

**Aplicación por grupo faunístico:** Aves, reptiles y mamíferos.

### VII.2. Métodos activos

Estos métodos sólo serán utilizados en casos extremos, cuando el ejemplar no pueda ser retirado del predio a través de los métodos pasivos descritos previamente, y sólo si representan un riesgo para el personal de la obra, o en su caso, cuando el desarrollo del proyecto ponga en riesgo la integridad física del animal. Es importante mencionar que para su aplicación se contratará el servicio de un profesional especializado.

#### VII.2.1. Método de trampeo

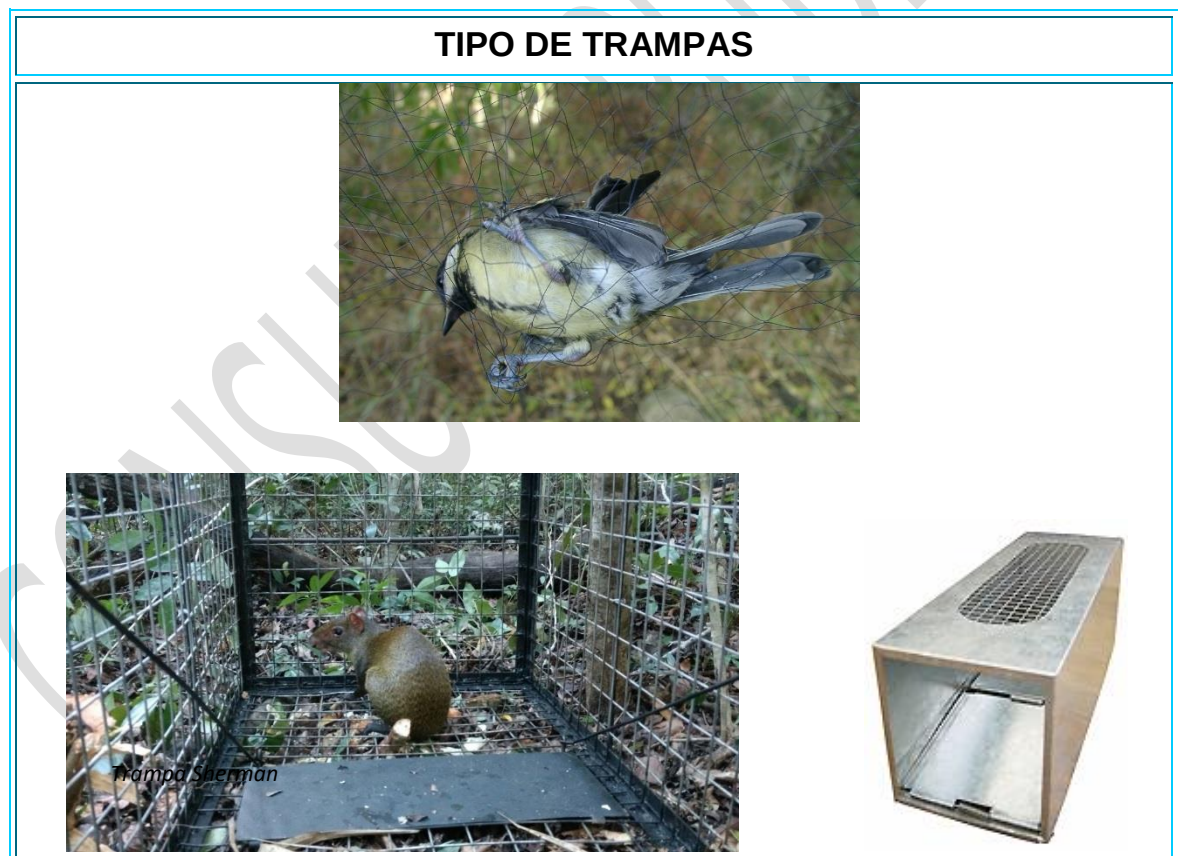
**Descripción del método:** Consiste en la colocación de trampas según el grupo faunístico; y tiene por objeto capturar al ejemplar para ser retirado del sitio.

**Ventajas:** Garantiza el retiro del ejemplar del área de aprovechamiento proyectada y puede ser aplicado por dos o menos personas.

**Desventajas:** Requiere de experiencia y conocimientos previos sobre el manejo y uso de las trampas según el grupo faunístico. Implica costos según la calidad de las trampas. Su aplicación deber ser realizada por un especialista en la materia. Ocasiona estrés prolongado en el animal y en casos extremos puede provocar su muerte. Demanda muchas horas hombre. El cebo utilizado en las trampas puede resultar un atrayente para fauna no deseada.

**Aplicación por grupo faunístico:** Aves, reptiles y mamíferos.

Algunas de las trampas que se utilizan comúnmente son las Sherman, Tomahawk y redes de niebla, como las que se muestran en las siguientes imágenes:



## VII.2.2. Método de captura directa

**Descripción del método:** Consiste en el uso de instrumentos y equipo de contención, cuyo objetivo principal es inmovilizar al animal para evitar que éste se dañe o que pueda causar una lesión al momento de ser manipulado.

**Ventajas:** Garantiza el retiro del ejemplar del área de aprovechamiento proyectada y puede ser aplicado por una sólo persona.

**Desventajas:** Requiere de experiencia y conocimientos previos sobre el manejo y uso de los instrumentos. Implica un costo medio según la calidad del equipo utilizado. Su aplicación deber ser realizada por un especialista en la materia. Ocasiona estrés prolongado en el animal. Demanda gran esfuerzo físico y capacidad técnica para manipular al ejemplar.

**Aplicación por grupo faunístico:** Reptiles y mamíferos.

Algunos de los instrumentos que se utilizan comúnmente son las pinzas, ganchos herpetológicos, redes y lazos con tope, según el grupo faunístico que se maneje. Algunos ejemplos se muestran en las imágenes siguientes:



## VIII. REQUERIMIENTO DE PERSONAL

Dada la superficie proyectada para el desplante del proyecto y considerando la baja diversidad de fauna en el predio, se requiere de 2 equipos de rescate conformados por un especialista y dos asistentes cada uno.

## IX. REQUERIMIENTO DE MATERIAL Y EQUIPO

En la siguiente tabla se presenta el listado de materiales y equipo que serán utilizados únicamente durante la aplicación de los métodos activos descritos en el apartado VIII.2; ya que los métodos pasivos no implican el uso de instrumento alguno.

EQUIPO NECESARIO	CANTIDAD
Trampa Sherman	10
Trampa Tomahawk	10
Red de niebla	3
Pinza herpetológica	10
Gancho herpetológico	10
Lazo con tope	10
Red	6
Costales de yute	50

## X. MANEJO DE LOS EJEMPLARES CAPTURADOS

Para evitar, o en su caso reducir el riesgo de daño para el ejemplar capturado con los métodos activos, se seguirán las siguientes reglas de operación:

**Regla 1.** La captura del animal deberá realizarse en las primeras horas de la mañana, a media tarde o en la noche, con la finalidad de evitar las altas temperaturas, ya que estas pueden ocasionar la deshidratación del ejemplar y en consecuencia su muerte.

**Regla 2.** Tras la aproximación al animal objeto de la captura, éste deberá ser inmovilizado con seguridad y rapidez.



**Regla 3.** Si durante las operaciones de aproximación hacia el animal se detecta que tiene alguna lesión de aparente gravedad, se procederá a retirarse a una distancia prudente y se descartará su captura

**Regla 4.** Si durante el manejo y contención del ejemplar se produce algún daño físico sobre el mismo, éste tendrá que ser trasladado a un hospital veterinario, desde donde, una vez recuperado de las heridas, se devolverá a su hábitat original.

**Regla 5.** Una vez capturado el ejemplar, éste deberá ser liberado de manera inmediata; sin embargo, en caso de que el ejemplar requiera estar bajo observación antes de ser liberado, éste no podrá permanecer en dicha condición por más de una hora.

**Regla 6.** El equipo utilizado en la captura deberá estar en óptimas condiciones de uso (libre de óxido, metales sueltos, enmendaduras y piezas dañadas, entre otros).

**Regla 7.** En ningún caso podrá utilizarse como mascota el ejemplar capturado.

**Regla 8.** Queda estrictamente prohibida la comercialización del ejemplar capturado.

## **XI. MANEJO DE LOS EJEMPLARES HASTA EL SITIO DE LIBERACIÓN**

Para asegurar el éxito en la liberación de los ejemplares capturados, se deberán acatar las siguientes reglas durante su traslado al sitio de liberación.

**Regla 1.** Deberá priorizarse la liberación del ejemplar en sitios sombreados, evitando en todo momento los espacios abiertos.

**Regla 2.** El sitio de liberación deberá presentar espacios que permitan al ejemplar refugiarse durante el proceso de liberación, con la finalidad de evitar posibles depredadores.

**Regla 3.** Durante el traslado al sitio de liberación, la jaula o bolsa de transporte, deberá estar cerrada con la finalidad de evitar el estrés del ejemplar por contacto físico o visual.

**Regla 4.** La jaula o bolsa de transporte deberá contar con entradas de aire suficientes para evitar la sofocación del ejemplar capturado.

**Regla 5.** No podrán trasladarse dos o más ejemplares al mismo tiempo, ya que esto podría ocasionar daños físicos a los ejemplares por hacinamiento.

**Regla 6.** No podrán liberarse dos o más ejemplares al mismo tiempo, ya que esto podría ocasionar competencia por el espacio, o en su caso, la depredación de algún individuo.

## XII. ESPECIES OBJETIVO

La identificación de las especies que serán objeto del rescate, se llevó a cabo a través del estudio de sitio realizado en la superficie de aprovechamiento (ver capítulo 5 del DTU-A), de tal manera que en las tablas siguientes sólo se presenta el listado taxonómico de dichas especies, bajo el supuesto de que pudieran ser afectadas con el desplante del proyecto.

AVES				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita
2	Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca
3	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara yucateca
4	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax inca</i>	Chara verde
5	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus gularis</i>	Bolsero común
6	Passeriformes	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate
7	Passeriformes	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle
8	Passeriformes	Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero
9	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryothorus ludovicianus</i>	Chivirín de carolina
10	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryothorus maculipectus</i>	Chivirín moteado
11	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario

AVES				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
12	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	X'takay
13	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical
14	Passeriformes	Vireonidae	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Vireón cejirrufo

REPTILES				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Squamata	Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	Basilisco
2	Squamata	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana rayada
3	Squamata	Polychridae	<i>Anolis tropidonotus</i>	Anolis pardo
4	Squamata	Teiidae	<i>Ameiva undulata</i>	Ameiva
5	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	Lagartija espinosa

MAMÍFEROS				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Carnivora	Canidae	<i>Felis catus</i>	Gato doméstico
2	Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Coatí
3	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache
4	Rodentia	Agoutidae	<i>Agouti paca</i>	Paca común
5	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus yucatanensis</i>	Ardilla gris

De acuerdo con los datos presentados en las tablas anteriores, el esfuerzo de rescate estará dirigido a 24 especies de fauna silvestre pertenecientes a tres grupos taxonómicos dentro del polígono de aprovechamiento, de los cuales, el grupo faunístico mejor representado son las aves con un total de 14 especies; seguido en orden de importancia está el grupo de los reptiles representados por 5 especies; y finalmente los mamíferos con 5. Se determinó la ausencia de anfibios.

### XIII. RESULTADOS ESPERADOS

Con la correcta aplicación del programa que se propone, aunado a que el desmonte será realizado por etapas, lo que permitirá anticipar la presencia de fauna en el sitio, se espera el 100 % de éxito en el rescate de las especies propuestas, en el supuesto de que pudieran verse afectadas con el desarrollo del proyecto; así mismo, con el cumplimiento de las reglas de operación planteadas se espera el 100 % de supervivencia de los ejemplares rescatados; sin embargo, dicho éxito sólo podrá ser

alcanzado siempre y cuando el programa sea aplicado por un especialista en la materia, de tal manera que se tiene contemplada la contratación de dicho personal durante la ejecución del proyecto.

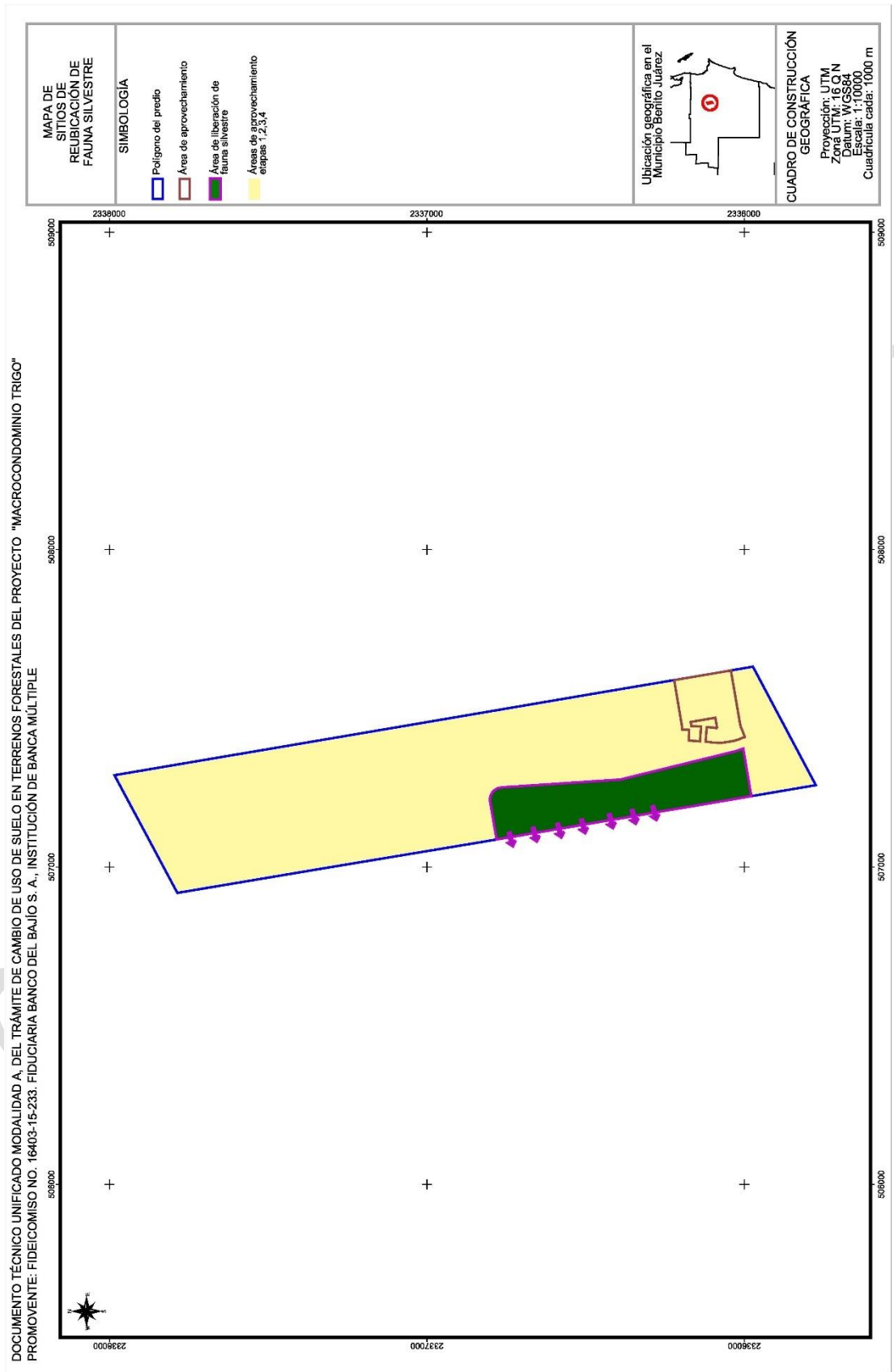
#### XIV. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El presente programa se pretende ejecutar en un lapso de 2 años que es el plazo considerado para la ejecución del cambio de uso de suelo, iniciando de manera previa a la realización de cualquier obra o actividad proyectada, en apego a los tiempos establecidos para el desarrollo del presente proyecto.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES													
<b>ETAPA DEL RESCATE:</b>	Previo al inicio y durante la ejecución del CUSTF												
ACTIVIDADES	(*)	BIMESTRES											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Monitoreo de la superficie de aprovechamiento													
Identificación de los ejemplares a rescatar													
Rescate													
Traslado al sitio de liberación													
Monitoreo de los ejemplares liberados													

#### XV. SITIO DE LIBERACIÓN

Como sitio de reubicación de la fauna que será rescatada, se proponen los 258,007.03 m<sup>2</sup> de Selva mediana subperennifolia que permanecerán sin intervención dentro del predio, ya que están destinados a reserva urbano para un aprovechamiento futuro, y presentan el mismo tipo de vegetación que la superficie que será afectada con el CUSTF, y dado que su uso está programado a largo plazo, lo que permitirá que la fauna se refugie temporalmente, durante el tiempo suficiente para adaptarse a su nuevo hábitat.





## **ANEXO 4**

### **PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS**

#### **I. OBJETIVOS DEL PROGRAMA**

1. Cumplir con lo requerido por el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, a través del establecimiento de metodologías y procesos específicos para un adecuado manejo de los residuos que se generen durante el desarrollo del proyecto.
2. Evitar la generación de impactos ambientales relacionados con la producción de residuos durante la ejecución del proyecto.
3. Prevenir y disminuir la generación de residuos, adoptando medidas de separación, reutilización, reciclaje y fomentando la recolección selectiva y otras formas de aprovechamiento.

#### **II. JUSTIFICACIÓN**

El presente programa se constituye como una medida preventiva para los impactos ambientales que generará el proyecto, cuya fuente sean los residuos que se produzcan durante la ejecución del mismo; ya que establece métodos y procesos que permitirán prevenir que dichos impactos se manifiesten, reforzando la viabilidad ambiental del proyecto.

#### **III. RESIDUOS Y SU CLASIFICACIÓN**

Durante el desarrollo del proyecto, se espera generar diversos residuos principalmente de tipo sólido; sin embargo, también se espera generar cierto tipo de residuos líquidos, y residuos considerados de manejo especial.

De manera general y para fines del presente programa, los residuos que generará el proyecto, se clasificarán en las categorías que se describen a continuación:

**Residuos sólidos urbanos.**- Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados como residuos de otra índole.

Para fines del presente programa, estos residuos estarán clasificados en dos grupos, a saber:

- ° **Residuos orgánicos:** Todo residuo sólido biodegradable, proveniente de la preparación y consumo de alimentos, así como otros residuos sólidos susceptibles de ser utilizados como insumo en la producción de composta.
- ° **Residuos inorgánicos:** Todo residuo que no tenga características de ser orgánico y que pueda ser susceptible de reutilización y reciclaje, tales como vidrio, papel, cartón plástico, metales no peligrosos y demás, no considerados como de manejo especial, y que provengan de actividades de limpieza o domiciliarias.

**Residuos líquidos.**- En este rubro se incluyen las aguas residuales que se originarán por el uso de los sanitarios móviles durante la preparación del sitio y construcción del proyecto.

**Residuos de manejo especial.**- Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

Para el presente estudio, estos residuos se clasificaron en 4 grupos, a saber:

- **Residuos sanitarios:** Son aquellos materiales que se desechan al ser utilizados en la higiene personal, que por sus características limiten su reutilización.
- **Residuos vegetales.** Estos se producirán a causa del desmonte del terreno, en general estarán integrados por ramas, troncos, raíces, hojas, etc.
- **Residuos de despalme.** Estarán integrados por la capa de piedras y troncos que serán removidos por el despalme del terreno.

**Emisiones a la atmósfera.** Durante la etapa de preparación del sitio, se prevé la generación de polvo, cuyas partículas más diminutas podrían ser esparcidas por el viento. Así como gases durante el funcionamiento de la maquinaria que se utilizará durante el desmonte y despalme, y gases a la atmósfera durante el funcionamiento de vehículos particulares y públicos durante la operación de las obras.

#### IV. RESIDUOS QUE SE ESPERA GENERAR EN CADA ETAPA DEL PROYECTO

A continuación, se presenta un listado de los posibles residuos que se generarán durante el cambio de uso de suelo:

**Residuos sólidos urbanos.** La permanencia de trabajadores en el área, favorecerá la generación de residuos orgánicos e inorgánicos, tales como residuos de comida y envases diversos, mismos que se enlistan a continuación:

- Restos de alimentos perecederos procesados (orgánicos).
- Restos de frutas, verduras y legumbres (orgánicos).
- Bolsas, vasos, envases y cubiertos desechables de plástico (inorgánicos).

**Residuos líquidos.** En este rubro sólo se incluyen las aguas residuales que se originarán por el uso de los sanitarios móviles.

**Residuos de manejo especial.** En esta etapa se producirán residuos de manejo especial, particularmente durante las actividades de desmonte y despalme, y cualquier otra actividad relacionada con la remoción de vegetación y el movimiento de tierras; los cuales se enlistan a continuación:

- Residuos sanitarios: papel sanitario usado.
- Residuos vegetales: ramas, troncos, raíces y hojas aéreas.
- Residuos de despalme: piedra suelta y restos vegetales en subsuelo.

**Emisiones a la atmósfera.-** Durante la etapa de preparación del sitio, se prevé la generación de polvo, cuyas partículas más diminutas podrían ser esparcidas por el viento. Así como gases durante el funcionamiento de la maquinaria que se utilizará durante el desmonte y despalme.

## V. PROCESO DE RECOLECCIÓN Y TRASLADO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Todo aquel residuo de tipo sólido urbano que se genere durante el desarrollo del proyecto, independientemente de la etapa en la que se encuentre, será recolectado de acuerdo con las siguientes especificaciones técnicas:

1. Identificar y separar los residuos sólidos de acuerdo con su naturaleza, antes de ser retirados del sitio donde fueron originados, de acuerdo con las siguientes categorías:

- ❖ Residuos orgánicos.
- ❖ Residuos inorgánicos.

2. Retirar del sitio los residuos sólidos previamente clasificados, con el uso de recipientes con cierre hermético, para evitar que estos sean dispersados por el viento y otros factores durante su traslado.
3. El traslado de estos residuos deberá realizarse en forma manual o con el uso de herramientas manuales (carretillas). El tiempo de traslado deberá ser el mínimo requerido de acuerdo con las distancias que se tengan desde la fuente generadora hasta el sitio de disposición temporal.
4. Los recipientes que se utilicen para el traslado de los residuos, serán llenados hasta las 3/4 partes de su capacidad, con la finalidad de evitar derrames accidentales por rebosamiento.

## **VI. PROCESO DE RECOLECCIÓN Y TRASLADO DE RESIDUOS LÍQUIDOS**

Se prevé que los únicos residuos líquidos que generará el proyecto (no de manejo especial ni peligroso), son las aguas residuales en las distintas etapas de desarrollo. En el caso particular de la etapa de cambio de uso del suelo, las aguas residuales serán colectadas dentro de los sanitarios móviles, mediante su uso directo. En cuanto al traslado este correrá a cargo de la empresa arrendadora de los sanitarios móviles, lo cual quedará debidamente establecido en el contrato que celebren las partes interesadas.

## **VII. PROCESO DE RECOLECCIÓN Y TRASLADO DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL**

En la etapa de preparación del sitio y construcción, los residuos de manejo especial que se generen, serán recolectados en forma manual, o con el uso de trascabos, retroexcavadoras o palas mecánicas, dependiendo de la cantidad y el volumen que se genere. Posteriormente, serán trasladados al sitio de almacenamiento temporal a



través de camiones de volteo y camiones de carga de 3 toneladas, para lo cual se tomarán las siguientes precauciones:

1. Los residuos a recolectar deberán estar separados de acuerdo con su naturaleza (rocas, material de relleno sobrante, residuos vegetales, etc.), nunca deberán mezclarse.
2. La maquinaria que se utilice en esta fase del proyecto (vagonetas, retroexcavadoras, tractores, compresores) y todo vehículo que se utilice para transportar estos residuos, debe estar en buen estado de conservación, sin fugas de aceites ni de combustibles, con el sistema de evacuación de gases funcionando adecuadamente, de tal manera que el ruido sea el mínimo; además, deberá contar según corresponda, con los permisos de circulación y la revisión técnica vehicular, lo que deberá ser verificado y controlado por la supervisión del proyecto.
3. Los vehículos destinados para tal fin deberán tener involucrados a su carrocería los contenedores o platoes apropiados, a fin de que la carga depositada en ellos quede contenida en su totalidad, de manera que se evite el derrame, pérdida del material o el escurrimiento de material húmedo durante el transporte. Por lo tanto, el contenedor o platoon debe estar constituido por una estructura continua que en su contorno no contenga roturas, perforaciones, ranuras o espacios. Los contenedores o platoes empleados para este tipo de carga deben estar en perfecto estado de mantenimiento.
4. La carga debe ser acomodada de tal forma que su volumen esté a ras del platoon o contenedor, es decir, a ras de los bordes superiores más bajos del platoon o contenedor. Además, las puertas de descargue de los vehículos que cuenten con ellas, deben permanecer adecuadamente aseguradas y herméticamente cerradas durante el transporte.

5. No se debería modificar el diseño original de los contenedores o platoes de los vehículos para aumentar su capacidad de carga en volumen o en peso, en relación con la capacidad de carga del chasis. Se debe cubrir la carga transportada con el fin de evitar su dispersión o emisiones fugitivas. La cobertura debe ser de material resistente, para evitar que se rompa o se rasgue y debe estar sujeta firmemente a las paredes exteriores del contenedor o platoon de manera que caiga sobre este por lo menos 30 cm a partir del borde superior del contenedor o platoon. Los vehículos mezcladores de concreto y otros elementos que tengan alto contenido de humedad deben tener los dispositivos de seguridad necesarios para evitar el derrame del material de mezcla durante el transporte.
6. Si, además de cumplir con todas las medidas a que se refieren los párrafos anteriores, hay escape, pérdida o derrame de algún material o elemento de los vehículos en áreas de espacio público, este debe ser recogido inmediatamente por el transportador, para lo cual es necesario que cuente con el equipo necesario.
7. El contenedor o platoon debe estar en buen estado de mantenimiento, para que no haya lugar a derrames, pérdida o escurrimiento de material húmedo durante el transporte. Las compuertas de descargue tienen que estar herméticamente cerradas durante el transporte.
8. Las salidas de los vehículos de transporte del sitio de las obras y del sitio de disposición final, así como las calles aledañas, deben rotularse con "SALIDA DE EQUIPO PESADO".
9. Es de gran importancia que se definan con anterioridad las rutas por utilizar para el desplazamiento del material en los camiones transportadores, así como las horas de menor tránsito, ya que normalmente, estos camiones, por ir cargados de escombros, deben desplazarse a velocidades mínimas, lo que puede causar impactos en el tránsito vehicular.

## VIII. ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Todos los días se realizarán labores de limpieza dentro de la zona de aprovechamiento con la finalidad de mantenerla en óptimas condiciones de higiene; se consumirán alimentos y bebidas; y se realizarán trabajos diversos en determinados períodos o cuando así se requiera; aunque de manera general, en las distintas etapas del proyecto, se producirán residuos sólidos urbanos. De esta manera, para tener un adecuado manejo de dichos residuos, se instalarán contenedores de basura para cada tipo de residuos que se generen, los cuales estarán ubicados estratégicamente con la finalidad de que los trabajadores encargados de ejecutar el proyecto, puedan usar dichos contenedores, promoviendo así la separación de la basura para un posible reciclaje de la misma.

La basura quedará contenida en bolsas colocadas al interior de cada contenedor para facilitar su manejo. En la siguiente imagen se muestran algunos ejemplos de estos contenedores que se pretende utilizar, los cuales tendrán la característica de ser herméticos al cerrarse, para evitar la proliferación de fauna nociva.



Los residuos sólidos urbanos quedarán acopiados en los almacenes temporales que se instalarán dentro del predio en las etapas de preparación del sitio y construcción.

## **IX. ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL**

A medida que se vayan generando, se debe disminuir al máximo el tiempo que estos permanecen dentro del área del proyecto.

Se busca que el almacenamiento del material no exceda de 36 horas después de la finalización de la obra o actividad. Los sitios, instalaciones, construcciones y fuentes de material deben contar, dentro de los límites del inmueble privado, con áreas o patios donde se efectúe el cargue, descargue y almacenamiento de este tipo de materiales y elementos, así como con sistemas de lavado para las llantas de los vehículos de carga, de tal manera que no arrastren material fuera de esos límites, con el fin de evitar el daño al espacio público. Se deben definir áreas específicas y correctamente demarcadas, señalizadas y optimizadas al máximo en cuanto a su uso, con el fin de reducir las áreas afectadas. Se debe evitar la excesiva acumulación de estos.

Cuando se trata de zonas con distancias y tramos muy largos, como en el caso de instalación de ductos y tuberías, los materiales se deben disponer a lo largo de la obra en la medida en que se vayan requiriendo y evitar la acumulación de dichos materiales por largos periodos. En los sitios seleccionados como lugares de almacenamiento temporal, tanto para obras públicas como privadas, no deben presentarse dispersiones o emisiones al aire de materiales; no deben mezclarse los materiales a que se hace referencia con otro tipo de residuos sólidos, líquidos o gaseosos; y cuando los materiales almacenados son susceptibles de producir emisiones atmosféricas, ya sean o no fugitivas, deben cubrirse en su totalidad o almacenarse en recintos cerrados.

## **X. DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

Desde el almacén temporal serán trasladados a donde la autoridad municipal lo determine.

## **XI. DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS LÍQUIDOS**

El manejo y disposición final de los residuos líquidos que se generen en los sanitarios móviles, correrá a cargo de la empresa arrendadora, lo cual quedará debidamente establecido en el contrato que se celebre entre las partes interesadas.

## **XII. DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL**

Los residuos de desmonte serán triturados y se utilizarán para la generación de composta para el enriquecimiento de las áreas verdes del proyecto.

Los residuos de despalme, principalmente la tierra vegetal (sustrato con materia orgánica), serán acopiados temporalmente dentro del vivero provisional, para ser utilizado en las labores de rescate y reubicación de la flora silvestre.

## **XIII. DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS PELIGROSOS**

Los residuos peligrosos generados serán entregados a empresas privadas que cuenten con los permisos correspondientes, quienes se encargarán de su retiro del predio y posterior disposición final.

## **XIV. ACCIONES TENDIENTES A LA MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

En los siguientes numerales se indican las acciones que se tomarán para minimizar la generación de residuos sólidos urbanos durante el desarrollo del proyecto:

1. Los alimentos serán consumidos fuera de las zonas que se mantendrán con vegetación natural.
2. Al finalizar el horario de comida, todos los residuos generados serán separados y clasificados para su almacenamiento temporal en contenedores específicos.



3. Se evitará la compra de bebidas embotelladas cuyo contenido sea menor a 2 litros.
4. Se evitará el consumo de comida "chatarra" como frituras, botanas, galletas, etc.
5. Se promoverá el uso de embaces o recipientes que sean susceptibles de reutilizarse, con la finalidad de evitar la compra de recipientes desechables.
6. Los alimentos serán trasladados al área de comida a través de bolsas reutilizables, evitando en todo momento el uso de bolsas desechables.
7. Se evitará en todo momento el uso de vasos, platos o cubiertos desechables.
8. El agua para beber será proporcionada a través de garrafones de 20 litros, y servida en vasos de plástico o vidrio reutilizables, con la finalidad de evitar la compra de agua embotellada en presentaciones menores.

## **XV. ACCIONES TENDIENTES A LA MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS LÍQUIDOS**

Es importante aclarar en este punto que las aguas residuales que se espera generar provienen de las necesidades fisiológicas de los trabajadores, por lo que no es posible controlar el volumen que se espera generar.

## **XVI. ACCIONES TENDIENTES A LA MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL**

- Disponer de los equipos y herramientas adecuadas para cada trabajo o actividad, pues esto disminuye la producción de residuos.
- Utilizar material normalizado y en las dimensiones ajustadas a las líneas arquitectónicas, ya que se reduce la producción de retazos o retales.

- Organizar adecuadamente los sitios de trabajo en relación con sus condiciones físicas: acceso, iluminación y ventilación, para de esta forma evitar accidentes e impedir la generación de desperdicios.
- Ubicar los materiales al alcance del trabajador, para mejorar el rendimiento de la labor y disminuir pérdidas de material por accidente o error.
- Organizar el suministro de materiales, preferiblemente de forma mecanizada, para abastecer eficientemente todos los puestos de trabajo, mediante caminos expeditos y ventilados que eviten pérdidas de material y producción de desperdicios.
- Dotar a los trabajadores de elementos adecuados para el manejo de los materiales, con el fin de que no se produzcan pérdidas en su manipulación.
- Descargar de forma ordenada y apilar los materiales y elementos correctamente.
- Coordinar los suministros y transportes con el ritmo de ejecución de la obra. No mantener niveles de "stock" muy altos en la obra, ya que con el tiempo producirán material inservible o desechable.

## XVII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

A continuación, se presenta una propuesta de trabajo que abarca un período de 7 días (una semana), el cual será replicado durante todo el proceso de cambio de uso del suelo.

ACTIVIDADES	DÍAS (SEMANAL)						
	1	2	3	4	5	6	7
Limpieza del sitio	X	X	X	X	X	X	X
Recolección de residuos	X	X	X	X	X	X	X
Almacenamiento temporal de residuos		X	X		X	X	
Supervisión de las áreas de trabajo	X		X		X		X
Disposición final de residuos*	X			X			X

**CAPÍTULO 13****DATOS DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO DE LA PERSONA QUE HAYA FORMULADO EL ESTUDIO Y, EN SU CASO, DEL RESPONSABLE DE DIRIGIR LA EJECUCIÓN****13.1. RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL DTU-A****13.1.1. Nombre del responsable técnico del estudio****13.1.2. Registro Federal de Contribuyentes****13.1.3. C. U. R. P.****13.1.4. Cédula profesional****13.1.5. Dirección del responsable técnico del estudio****13.1.6. Datos de inscripción en el Registro Nacional Forestal**

## **13.2. RESPONSABLE DE DIRIGIR LA EJECUCIÓN DEL CUSTF**

### **13.2.1. Nombre del responsable de dirigir la ejecución del CUSTF**

### **13.2.2. Registro Federal de Contribuyentes**

### **13.2.3. C. U. R. P.**

### **13.2.4. Cédula profesional**

### **13.2.5. Dirección del responsable de dirigir la ejecución del CUSTF**

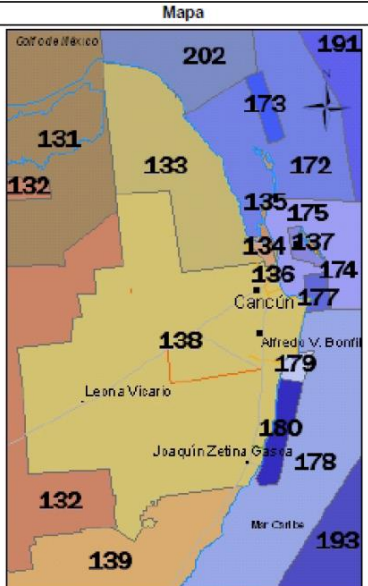
### **13.2.6. Datos de inscripción en el Registro Nacional Forestal**

## APLICACIÓN DE LOS CRITERIOS ESTABLECIDOS EN LOS PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO EN SUS DIFERENTES CATEGORÍAS

### 14.1. PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO

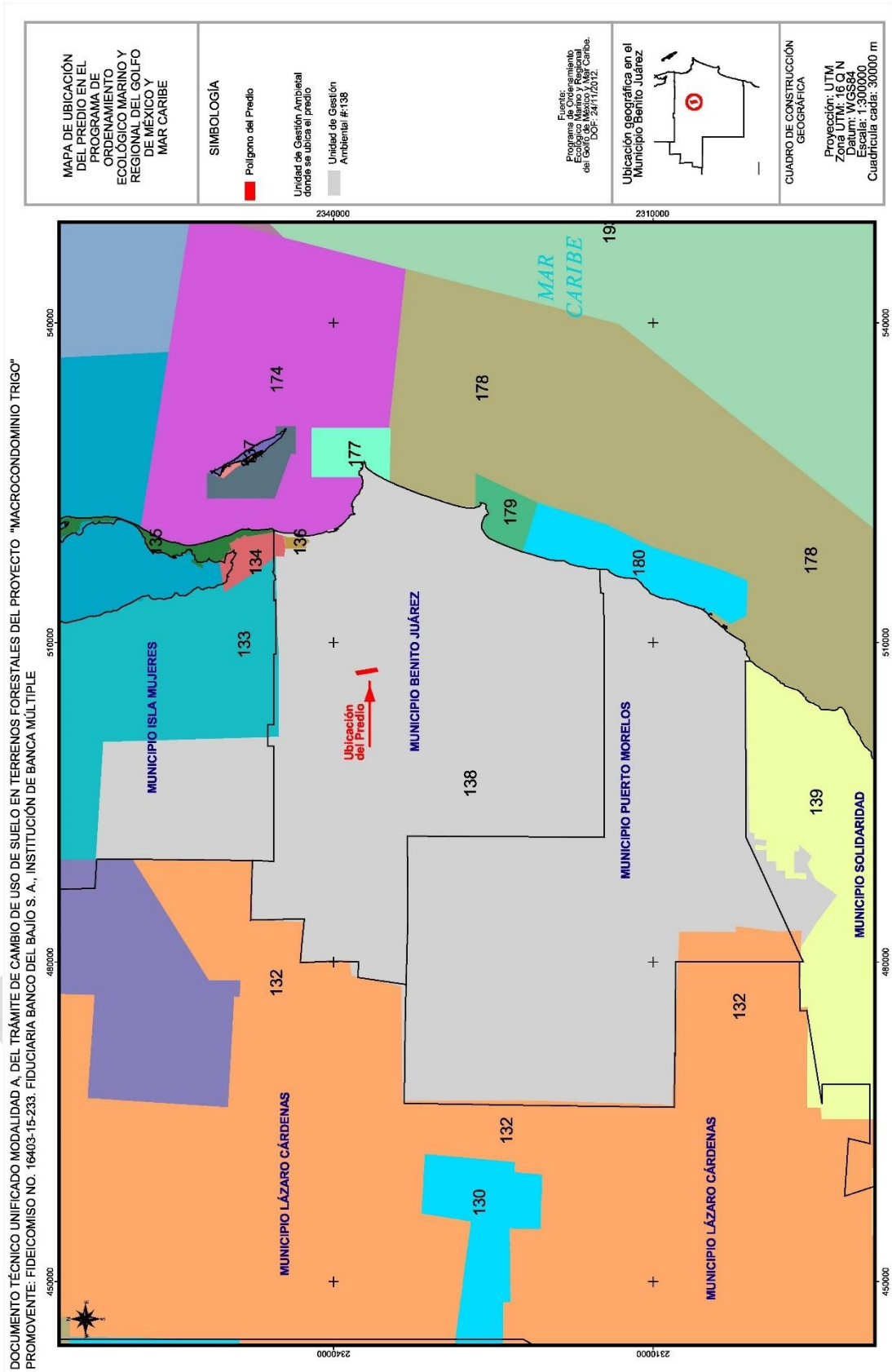
#### 14.1.1. Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe

En relación a este Ordenamiento Ecológico Marino y Regional (**POEMyRGMyc**), publicado el 24 de noviembre del 2012 en el Diario Oficial de la Federación, se determina que el terreno forestal en estudio se ubica dentro de la Unidad de Gestión Ambiental **Regional 138** denominada **Benito Juárez**, como se muestra en el plano de la página siguiente.

Tipo de UGA	Regional	Mapa
Nombre:	Benito Juárez	
Municipio:	Benito Juárez	
Estado:	Quintana Roo	
Población:	573,325 Habitantes	
Superficie:	225,770.386 Ha.	
Subregión:	Aplicar criterios de Zona Costera Inmediata Mar Caribe	
Islas:		
Puerto Turístico	Presente	
Puerto Comercial	Presente	
Puerto Pesquero	Presente	
Nota:		

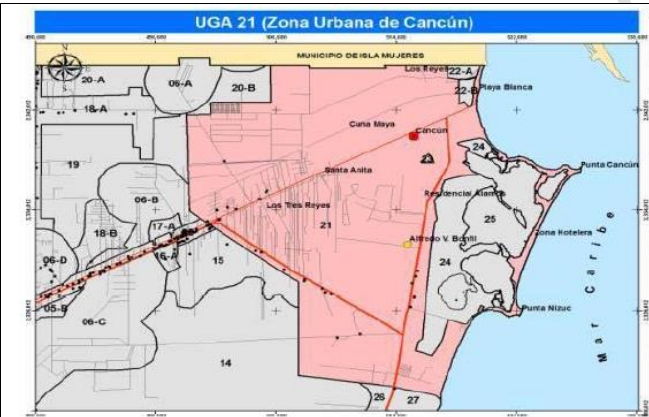
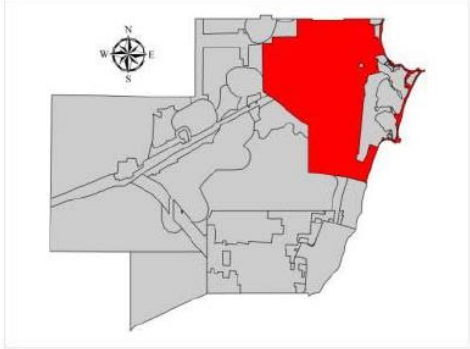
En relación a lo anterior, es importante mencionar que el **POEMyRGMyc** sólo da a conocer la parte Regional del Programa sin regularla, por lo que recae en los Estados y Municipios la ordenación de sus territorios de manera regional; por lo tanto, la UGA 138 Benito Juárez, por tratarse de una UGA Regional, sólo se considera de observancia.





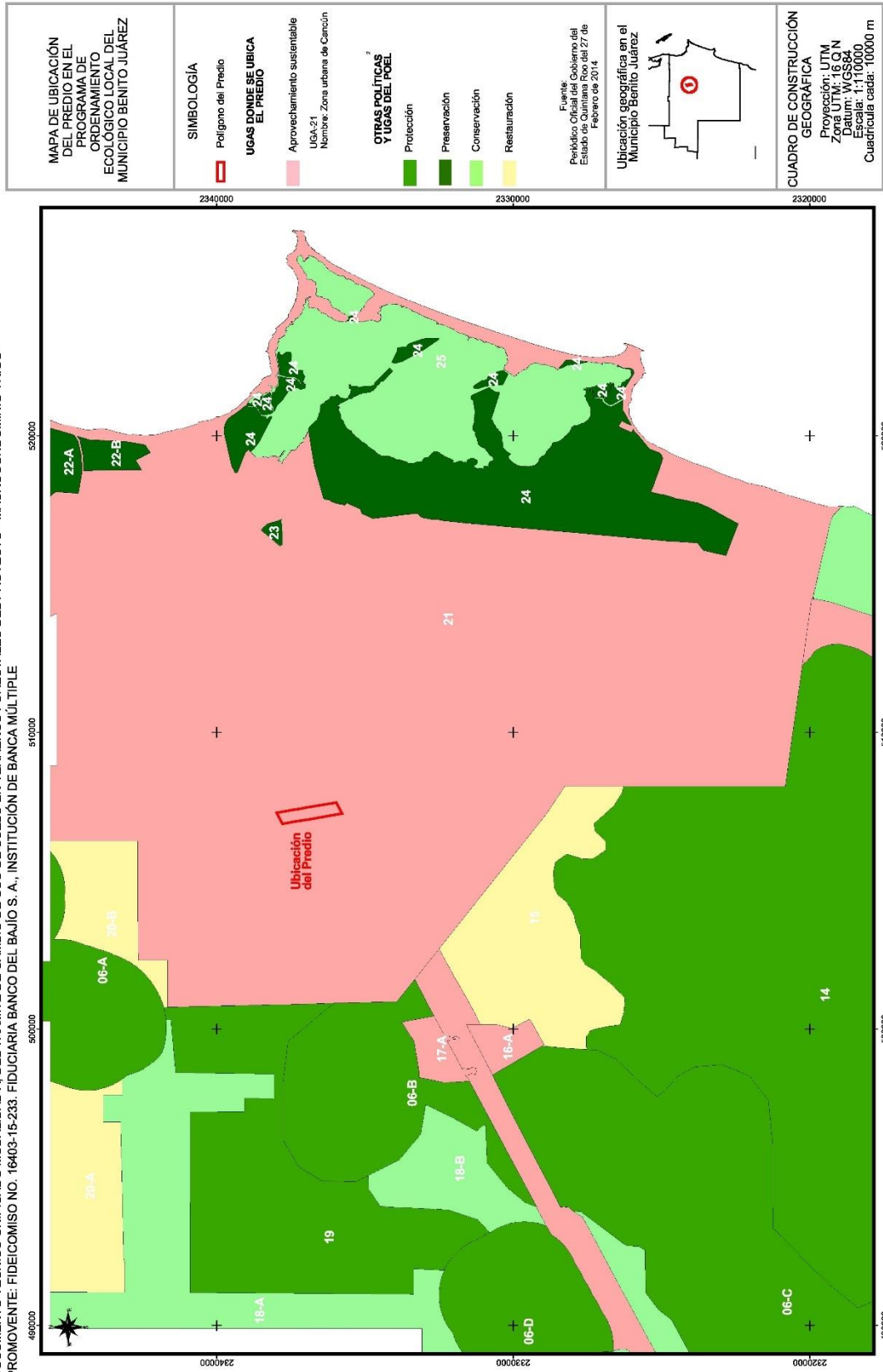
## 14.1.2. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez

De acuerdo con la cartografía del Decreto mediante el cual se modifica el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo (POEL-BJ), publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo, el 27 de febrero del 2014; el predio del proyecto que se somete a evaluación, se ubica dentro de los límites de la UGA 21 "Zona urbana de Cancún", cuyos lineamientos se citan a continuación (ver plano de la página 385).

UGA 21 (Zona Urbana de Cancún)																									
																									
<b>Superficie:</b> 34,937.17ha	<b>Política Ambiental:</b> Aprovechamiento Sustentable																								
<b>Crterios de Delimitación:</b> Esta UGA se delimitó con base en la poligonal del Centro de Población establecida en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable del Municipio de Benito Juárez (PMDUSBJ), el cual ha sido aprobado por el H. Cabildo Municipal y publicado en la Gaceta Municipal el 26 de diciembre de 2012 y en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 8 de marzo de 2013.																									
<b>Condiciones de la Vegetación y Uso de Suelo:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>CLAVE</th> <th>CONDICIONES DE LA VEGETACION</th> <th>HECTAREAS</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ZU</td> <td>Zona Urbana</td> <td>10,622.07</td> <td>30.40</td> </tr> <tr> <td>VS2</td> <td>Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia en recuperación</td> <td>9,666.56</td> <td>27.67</td> </tr> <tr> <td>VSa</td> <td>Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Mediana Subperennifolia</td> <td>5,241.10</td> <td>15.00</td> </tr> <tr> <td>VSA</td> <td>Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia en buen estado</td> <td>2,647.59</td> <td>7.58</td> </tr> <tr> <td>SV</td> <td>Sin Vegetación Aparente</td> <td>2,302.20</td> <td>6.59</td> </tr> </tbody> </table>		CLAVE	CONDICIONES DE LA VEGETACION	HECTAREAS	%	ZU	Zona Urbana	10,622.07	30.40	VS2	Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia en recuperación	9,666.56	27.67	VSa	Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Mediana Subperennifolia	5,241.10	15.00	VSA	Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia en buen estado	2,647.59	7.58	SV	Sin Vegetación Aparente	2,302.20	6.59
CLAVE	CONDICIONES DE LA VEGETACION	HECTAREAS	%																						
ZU	Zona Urbana	10,622.07	30.40																						
VS2	Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia en recuperación	9,666.56	27.67																						
VSa	Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Mediana Subperennifolia	5,241.10	15.00																						
VSA	Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia en buen estado	2,647.59	7.58																						
SV	Sin Vegetación Aparente	2,302.20	6.59																						

AH	Asentamiento Humano	2,108.27	6.03
Ma	Manglar	1,023.16	2.93
SBS	Selva Baja Subcaducifolia	693.00	1.98
GR	Mangle Chaparro y gramínoideas	363.84	1.04
CA	Cuerpo de Agua	156.52	0.45
TU	Tular	76.68	0.22
MT	Matorral Costero	36.18	0.10
<b>TOTAL</b>		<b>34,937.17</b>	<b>100</b>
<b>% de UGA que posee vegetación en buen estado de conservación:</b>		<b>Superficie de la UGA con importancia para la recarga de acuíferos:</b>	
10.92 %		56.54 %	
<b>Objetivo de la UGA:</b>			
Regular el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en las zonas de reserva para el crecimiento urbano, dentro de los límites del centro de población, con el fin de mantener los ecosistemas relevantes y en el mejor estado posible, así como los bienes y servicios ambientales que provee la zona, previo al desarrollo urbano futuro.			
<b>Problemática General:</b>			
Presión de los recursos naturales por incremento de asentamientos irregulares; Expansión de la mancha urbana fuera de los centros de población; Presión y riesgo de contaminación al acuífero por la expansión urbana y falta de servicios básicos; Incremento en la incidencia y de Incendios Forestales; Carencia de servicios de recolección y disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos; Incompatibilidad entre instrumentos de planeación urbana y ambiental; Necesidades de infraestructura en zonas urbanas de Cancún; Cambios de Uso de Suelo no autorizados.			
<b>Poblados o sitios importantes en esta UGA (habitantes):</b>			
Según INEGI (2010), esta UGA cuenta con 29 localidades, siendo las dos principales Cancún y Alfredo V. Bonfil. La población total de la UGA es de 643,577 habitantes, aunque fuentes paralelas indican que la población total de la ciudad es de poco más de 800,000 habitantes. La red carretera abarca un total de 462.52 km, en su mayoría de caminos pavimentados.			
<b>Lineamientos Ecológicos:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Se contiene el crecimiento urbano dentro de los límites del centro de población, propiciando una ocupación compacta y eficiente del suelo urbano de tal manera que las reservas de crecimiento se ocupen hasta obtener niveles de saturación mayores al 70% de acuerdo a los plazos establecidos en el programa de desarrollo urbano de la ciudad de Cancún, para disminuir la tasa de deterioro de los recursos naturales.</li> <li>· Las autoridades competentes deben propiciar que el crecimiento urbano sea ordenado y compacto y estableciendo al menos 12 m<sup>2</sup> de áreas verdes accesibles por habitante, acorde a la normatividad vigente en la materia.</li> <li>· Las autoridades competentes deben propiciar el tratamiento del 100 % de las aguas residuales domésticas, así como la gestión integral de la totalidad de los residuos sólidos generados en esta localidad.</li> </ul>			
<b>Recursos y Procesos Prioritarios:</b> Suelo, Cobertura vegetal			
<b>Parámetros de aprovechamiento:</b> Sujeto a lo establecido en su Programa de Desarrollo Urbano vigente.			
<b>Usos Compatibles:</b> Los que se establezcan en su Programa de Desarrollo Urbano Vigente.			
<b>Usos Incompatibles:</b> Los que se establezcan en su Programa de Desarrollo Urbano Vigente.			

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD A. DEL TRÁMITE DE CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO "MACROCONDominio TRIGO" PROMOVIENTE: FIDECOMISO NO. 16403-15-233. FIDUCIARIA BANCO DEL BAJÍO S. A., INSTITUCIÓN DE BANCA MÚLTIPLE



Como se puede apreciar en el plano de la página que antecede, el predio del proyecto se ubica dentro de los límites de la UGA 21 del POEL-BJ.

Considerando lo anterior, a continuación se presenta un análisis de los lineamientos aplicables a la UGA 21 "Zona urbana de Cancún", en relación al proyecto propuesto, a fin de demostrar que no se contraviene lo establecido en este instrumento de planeación con el cambio de uso de suelo a realizar.

### **A. Criterios de regulación ecológica de aplicación general (CG)**

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

**Análisis:** En el caso del manejo de la vegetación que será rescatada durante el cambio de uso del suelo (manejo en vivero), y en caso de que se requiera, sólo se utilizarán productos que afecten específicamente la plaga o enfermedad que se desea controlar, así como los fertilizantes que sean preferentemente orgánicos y que estén publicados en el catálogo vigente por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Substancias Tóxicas (CICOPLAFEST).

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

**Análisis:** No se requiere el uso de agroquímicos para llevar a cabo las distintas etapas de cambio de uso del suelo, ni la realización de actividades agrícolas relacionadas con el uso de dichas sustancias.



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

**Análisis:** Conforme al plano de vegetación presentado en el capítulo 5 del presente estudio, al interior de las áreas de aprovechamiento proyectadas, no se identificaron áreas sin vegetación aparente.

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

**Análisis:** La construcción del drenaje pluvial y sanitario, no forma parte del cambio de uso de suelo que se somete a evaluación, pues este sólo implica la remoción de vegetación forestal. La etapa constructiva será sometida a evaluación ante el INIRA, quien es la autoridad competente en la materia; y será quien determine el grado de cumplimiento de este criterio, según la propuesta de drenaje sanitario y pluvial que el promovente realice, acatando lo señalado en este lineamiento.

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

**Análisis:** El predio del proyecto tiene una superficie total de 817398.44 m<sup>2</sup>, por lo tanto, le corresponde destinar el 40% de su superficie como área permeable, conforme a lo establecido en el artículo 132 de la LEEPAQROO.

Actualmente se tiene autorizada la etapa 1 del plan maestro, así como las etapas 2, 3 y 4; en tanto que se encuentra en evaluación este proyecto que corresponde a la Etapa 6. En la siguiente tabla se desglosan las áreas permeables de las etapas autorizadas; y

las que se proponen en el presente proyecto, a fin de demostrar que el predio aun mantiene una superficie permeable superior al 40% requerido:

ETAPAS	SUPERFICIE PERMEABLE (m <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
1	143,535.42	17.56
2	23040.1119	2.82
3	13876.4593	1.70
4	47314.7716	5.79
6	13,570.34	1.66
Macrocondominio Trigo		
Reserva urbana	244,436.70	29.90
<b>Total</b>	<b>485773.8028</b>	<b>59.43</b>

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

**Análisis:** En toda la superficie solicitada para el cambio de uso del suelo, se presenta vegetación de Selva mediana subperennifolia en estado secundario de desarrollo, es decir, se trata de vegetación secundaria, por lo tanto, el desplante del proyecto sólo afectará este tipo de comunidad vegetal y, por ende, se da cumplimiento al presente criterio. Como puede apreciarse en el plano de la página siguiente, el predio se encuentra inmerso dentro de una zona netamente urbana, en pleno desarrollo urbano, de tal modo que la vegetación que se desarrolla en su interior, terminará por aislarse y perderá su conectividad ecosistémica con los predios adyacentes. Así mismo, se observa la etapa 1 previamente autorizada, en proceso de desarrollo, lo que ha ocasionado la fragmentación de la vegetación.

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

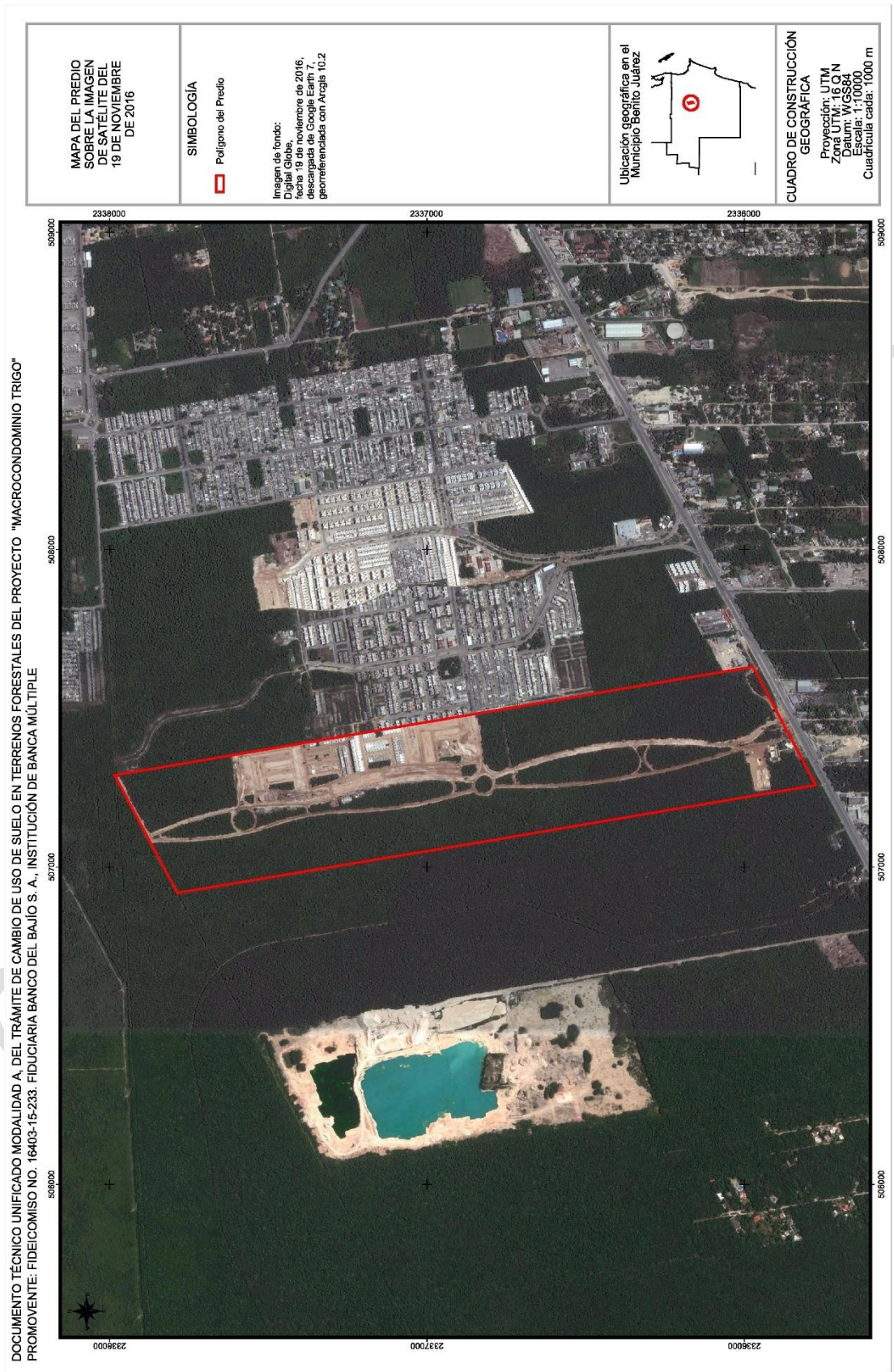
**Análisis:** El proceso de cambio de uso de suelo que se somete a evaluación a través del presente estudio, no implica la construcción de caminos, bardas o construcciones que interrumpan la conectividad ecosistémica. La etapa constructiva del proyecto se someterá a evaluación ante el INIRA quien es la autoridad competente en la materia. Como puede apreciarse en el plano de la página siguiente, el predio se encuentra inmerso dentro de una zona netamente urbana, en pleno desarrollo urbano, de tal modo que la vegetación que se desarrolla en su interior, terminará por aislarse y perderá su conectividad ecosistémica con los predios adyacentes.

**CG-08.-** *Los humedales, rejolladas inundables, petenes, cenotes, cuerpos de agua superficiales, presentes en los predios deberán ser incorporados a las áreas de conservación.*

**Análisis:** El proyecto se realizará en un predio donde no existen humedales, rejolladas inundables, petenes, cenotes, ni cuerpos de agua superficiales.

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

**Análisis:** La UGA 21 "Zona urbana de Cancún", se distingue por ser una unidad de gestión ambiental urbana; por lo tanto, el proyecto queda exceptuado de la aplicación del presente criterio.





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

**Análisis:** La construcción de caminos y vialidades, y las redes de distribución de servicios básicos necesarios para la operación del fraccionamiento habitacional que tendrá origen al término del CUSTF, corresponden a la etapa constructiva del proyecto, la cual se someterá a evaluación ante el INIRA quien es la autoridad competente en la materia. La construcción de estas obras está permitida, ya que se relacionan con el uso habitacional, un uso compatible con la UGA 21.

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

**Análisis:** No existe un porcentaje de desmonte asignado a la UGA 21 en la que se circunscribe el proyecto.

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

**Análisis:** Tanto en el POEL de Benito Juárez, como en el PDU de Cancún, no se indican porcentajes de desmonte para la UGA 21.

**CG-13.-** *En la superficie de aprovechamiento autorizada previo al desarrollo de cualquier obra o actividad, se deberá de ejecutar un programa de rescate de flora y fauna.*

**Análisis:** Se llevará a cabo el rescate de flora ya fauna silvestre, conforme a los programas anexos al presente estudio.

**CG-14.-** *En los predios donde no exista cobertura arbórea, o en el caso que exista una superficie mayor desmontada a la señalada para la unidad de gestión ambiental, ya sea por causas naturales y/o usos*



*previos, el proyecto sólo podrá ocupar la superficie máxima de aprovechamiento que se indica para la unidad de gestión ambiental y la actividad compatible que pretenda desarrollarse.*

**Análisis:** No existe una superficie máxima de aprovechamiento establecida para la UGA 21, por lo que este criterio no es vinculante con el proyecto.

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

**Análisis:** De acuerdo con el inventario forestal realizado al interior de la superficie de aprovechamiento, no se registró la existencia de especies consideradas como exóticas según la CONABIO.

**CG-16.-** *La introducción y manejo de palma de coco (*Cocus nucifera*) debe restringirse a las variedades que sean resistentes a la enfermedad conocida como "amarillamiento letal del cocotero".*

**Análisis:** El proyecto no contempla actividades relacionadas con la introducción y manejo de palma de coco (*Cocos nucifera*); por lo que este criterio no es vinculante.

**CG-17.-** *Sólo se permite el manejo de especies exóticas cuando:*

- 1. La especie no esté catalogada como especie invasora por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y/o La SAGARPA.*
- 2. La actividad no se proyecte en cuerpos naturales de agua,*
- 3. El manejo de fauna, en caso de utilizar encierros, se debe realizar el tratamiento secundario por medio de biodigestores autorizados por la autoridad competente en la materia de aquellas aguas provenientes de la limpieza de los sitios de confinamiento.*
- 4. Se garantice el confinamiento de los ejemplares y se impida su dispersión o distribución al medio natural.*
- 5. Deberán estar dentro de una Unidad de Manejo Ambiental o PIMVS.*

**Análisis:** El proyecto no contempla actividades relacionadas con el manejo de especies exóticas; por lo que el presente criterio no es vinculante.

**CG-18.-** *No se permite la acuicultura en cuerpos de agua en condiciones naturales, ni en cuerpos de agua superficiales con riesgo de afectación a especies nativas.*

**Análisis:** El proyecto no contempla actividades relacionadas con la acuicultura; por lo tanto, este criterio no es vinculante.

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

**Análisis:** Durante el cambio de uso de suelo se contará con vigilancia y acceso controlado al predio, las 24 horas del día.

**CG-20.-** *Los cenotes, rejolladas inundables y cuerpos de agua deberán mantener inalterada su estructura geológica y mantener el estrato arbóreo, asegurando que la superficie establecida para su uso garantice el mantenimiento de las condiciones ecológicas de dichos ecosistemas.*

**Análisis:** No se identificaron cenotes, rejolladas inundables, ni cuerpos de agua al interior del predio forestal que será aprovechado con el desarrollo del proyecto.

**CG-21.-** *Donde se encuentren vestigios arqueológicos, deberá reportarse dicha presencia al Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y contar con su correspondiente autorización para la construcción de la obra o realización de actividades.*

**Análisis:** No se registró la existencia de vestigios arqueológicos al interior del predio del proyecto; por lo que el presente criterio no resulta vinculante.

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

**Análisis:** El cambio de uso del suelo no se pretende realizar sobre derechos de vía de tendidos de energía eléctrica de ningún tipo; por lo tanto, el contenido del presente no es vinculante al proyecto.

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

**Análisis:** La instalación de infraestructura de conducción de energía eléctrica de baja tensión y de comunicación, será subterránea; sin embargo, estas obras corresponden a la etapa constructiva que será sometida a evaluación ante el INIRA, quien es la autoridad competente en la materia.

**CG-24.-** *Los taludes de los caminos y carreteras deberán ser reforestados con plantas nativas de cobertura y herbáceas que limiten los procesos de erosión.*

**Análisis:** El cambio de uso de suelo propuesto, no implica la construcción de caminos ni carreteras. El proyecto sólo contempla la construcción de vialidades, sin embargo, se trata de obras a realizar en la etapa constructiva que será sometida a evaluación ante el INIRA, quien es la autoridad competente en la materia.

**CG-25.-** *En ningún caso la estructura o cimentación deberán interrumpir la hidrodinámica natural superficial y/o subterránea.*

**Análisis:** El cambio de uso de suelo propuesto, no implica la construcción de estructuras o cimentaciones. Estas obras corresponden a la etapa constructiva que será sometida a evaluación ante el INIRA, quien es la autoridad competente en la materia.

**CG-26.-** *De acuerdo con lo que establece el Reglamento Municipal de Construcción, los campamentos de construcción o de apoyo y todas las obras en general deben:*

*A. Contar con al menos una letrina por cada 20 trabajadores.*

*B. Áreas específicas y delimitadas para la pernocta y/o para la elaboración y consumo de alimentos, con condiciones higiénicas adecuadas (ventilación, miriñaques, piso de cemento, correcta iluminación, lavamanos, entre otros).*

*C. Establecer las medidas necesarias para el almacenamiento, retiro, transporte disposición final de los residuos sólidos generados.*

*D. Establecer medidas para el correcto manejo, almacenamiento, retiro, transporte y disposición final de los residuos peligrosos.*

**Análisis:** El proyecto no requiere la instalación de campamentos de construcción o de apoyo, ya que para llevar a cabo el cambio de uso de suelo sólo se contratará gente que radique en la localidad de Cancún, por lo que no se requiere la pernocta de los trabajadores en el sitio. Se instalará un sanitario por cada 15 trabajadores. Se destinará un área temporal específica para el consumo de alimentos, la cual contará con techo de lámina de cartón y madera, con lava manos y piso de cemento, que al final del proyecto será desmantelado. Se aplicará un plan de manejo de residuos que incluye acciones de manejo para los residuos sólidos urbanos que se generen en estas áreas (se anexa el programa al presente estudio).

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

**Análisis:** El presente criterio no es vinculante al proyecto, toda vez que no se llevarán a cabo actividades relacionadas con el diseño y construcción de sitios de disposición final de Residuos Sólidos Urbanos.

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

**Análisis:** Se acatará lo establecido en este criterio, de tal modo que los materiales derivados del proceso de cambio de uso del suelo, se dispondrán en sitios autorizados por las autoridades municipales, por lo que se realizarán los trámites y gestiones correspondientes, cuando así se requiera.

*CG-29.- La disposición final de residuos sólidos únicamente podrá realizarse en los sitios previamente aprobados para tal fin.*

**Análisis:** Los residuos sólidos urbanos que se generen durante el desarrollo del proyecto, serán trasladados al relleno sanitario de la ciudad de Cancún.

*CG-30.- Los desechos biológico infecciosos no podrán disponerse en el relleno sanitario y/o en depósitos temporales de servicio municipal.*

**Análisis:** El proyecto no generará desechos biológico infecciosos en ninguna de sus etapas de desarrollo, por lo que el presente criterio sólo se considera de carácter informativo.

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

**Análisis:** El presente criterio solo se considera de carácter informativo, ya que no es congruente con la naturaleza del proyecto, toda vez que no se pretende llevar a cabo alguna actividad relacionada con sitios de disposición final de Residuos Sólidos Urbanos.

*CG-32.- Se prohíbe la quema de basura, así como su entierro o disposición a cielo abierto.*

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



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

**Análisis:** Se contará con un área específica para el acopio temporal de los residuos sólidos, el cual se ubicará en la entrada al lote, en su colindancia con la Avenida José López Portillo, toda vez que se pretende utilizar el servicio municipal de colecta.

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

**Análisis:** Todo el material que se pretende utilizar para el desarrollo del proyecto, será adquirido de fuentes y/o bancos de material autorizados, tal como lo señala este criterio. Esto podrá ser comprobado con las facturas que emita el establecimiento.

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

**Análisis:** Este criterio permite la remoción del suelo, subsuelo y las rocas para nivelar el terreno, por lo tanto, las actividades a realizar durante el despalme que se propone con el cambio de uso del suelo, no contravienen lo establecido en este criterio. Las cimentaciones corresponden a la etapa constructiva del proyecto, misma que será sometida a evaluación ante el INIRA, quien es la autoridad competente en la materia.

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

**Análisis:** El presente criterio no es vinculante con el proyecto, toda vez que no se pretenden realizar actividades agrícolas, pecuarias o forestales.

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

**Análisis:** Se contempla la recuperación o rescate de la tierra vegetal (sustrato con materia orgánica), dentro de la superficie de aprovechamiento, la cual será retirada del sitio y acopiada temporalmente en el vivero provisional. Previo a su almacenamiento se cribará para retirar residuos vegetales y pétreos. El suelo rescatado se utilizará para las labores de rescate de vegetación y para los trabajos de jardinería.

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

**Análisis:** El terreno forestal en estudio, estará destinado a la construcción y operación de un fraccionamiento habitacional, el cual no contempla la construcción de hoteles, residencias campestres, cabañas rurales y/o cabañas ecoturísticas.

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

**Análisis:** El presente estudio se somete a evaluación ante esta autoridad, con el objeto de obtener la autorización para llevar a cabo el cambio de uso del suelo en terrenos forestales.

## B. Análisis de los criterios de regulación ecológica de carácter específico

Los criterios específicos aplicables a la UGA 21, son los que se enlistan en el siguiente cuadro:

Recursos y procesos prioritarios	Clave	Criterios de Regulación Ecológica											
Agua	URB	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
		13	14	15	16	17							
Suelo y subsuelo		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
Flora y fauna		30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
Paisaje		43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
		55	56	57	58	59							

A continuación, se presenta un análisis de estos criterios en relación al cambio de uso de uso de suelo que se propone a través del presente estudio.

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

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

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

**Análisis:** La zona donde se ubica el predio del proyecto, se encuentra totalmente urbanizada, pues ya cuenta con los servicios básicos que incluyen drenaje sanitario, de tal modo que es factible la conexión del drenaje sanitario del proyecto.

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

**Análisis:** El presente criterio solo se considerará de carácter informativo, ya que no es congruente con la naturaleza del proyecto, toda vez que no tiene relación con sistemas de producción agrícola.

**URB-05.-** *En el caso de los campos de golf o usos de suelo similares que requieran la aplicación de riegos con agroquímicos y/o aguas residuales tratadas, deberán contar con la infraestructura necesaria para optimización y reciclaje del agua. Evitando en toda la contaminación al suelo, cuerpos de agua, y mantos freáticos.*

**Análisis:** El presente criterio solo se considerará de carácter informativo, ya que no es congruente con la naturaleza del proyecto, toda vez que no tiene relación con campos de golf.

**URB-06.-** *Los proyectos de campos deportivos y/o de golf, así como las áreas jardinadas de los desarrollos turísticos deberán minimizar el uso de fertilizantes y/o pesticidas químicos para evitar riesgos de contaminación.*

**Análisis:** El presente criterio solo se considerará de carácter informativo, ya que no es congruente con la naturaleza del proyecto, toda vez que no contempla la construcción de campos deportivos, de golf o áreas ajardinadas en desarrollos turísticos.

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

**Análisis:** La zona donde se ubica el predio del proyecto, se encuentra totalmente urbanizada, pues ya cuenta con los servicios básicos que incluyen drenaje sanitario, de tal modo que es factible la conexión del drenaje sanitario del proyecto.

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

**Análisis:** En las áreas ajardinadas del proyecto se mantendrán en pie los ejemplares arbóreos con DAP mayor a 35 cm, y que no pongan en riesgo el bienestar de los habitantes del fraccionamiento; así mismo, se llevará a cabo el sembrado de ejemplares arbustivos provenientes del rescate de vegetación, por lo que se asegura que se agregarán elementos nativos.

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

**Análisis:** La creación de parques y espacios recreativos forman parte de la etapa constructiva del proyecto, misma que será sometida a evaluación ante el INIRA, quien es la autoridad competente en la materia. El cambio de uso de suelo que se somete a evaluación a través de este estudio, sólo contempla la remoción de vegetación forestal y el despalme del terreno, no incluye ninguna actividad constructiva.

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

**Análisis:** No se registraron cenotes, rejolladas inundables, ni cuerpos de agua al interior del terreno forestal en estudio.



**URB-11.-** *Para el ahorro del recurso agua, las nuevas construcciones deberán implementar tecnologías que aseguren el ahorro y uso eficiente del agua.*

**Análisis:** El cambio de uso de suelo que se somete a evaluación a través de este estudio, sólo contempla la remoción de vegetación forestal y el despalme del terreno, no incluye ninguna actividad constructiva.

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

**Análisis:** El proyecto no requiere la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales, pues la zona cuenta con el servicio de drenaje sanitario.

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

**Análisis:** El cambio de uso de suelo que se somete a evaluación a través de este estudio, sólo contempla la remoción de vegetación forestal y el despalme del terreno, no incluye ninguna actividad constructiva. La construcción y diseño del drenaje pluvial corresponde a la etapa constructiva que será sometida a evaluación ante el INIRA, quien es la autoridad competente en la materia.

**URB-14.-** *Los crematorios deberán realizar un monitoreo y control de sus emisiones a la atmósfera.*

**URB-15.-** *Los cementerios deberán impermeabilizar paredes y pisos de las fosas, con el fin de evitar contaminación del suelo, subsuelo y manto freático.*

**Análisis:** El terreno forestal en estudio no estará destinado a la construcción de crematorios ni cementerios.

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

**Análisis:** El predio del proyecto no se ubica dentro de las zonas identificadas como boca de tormenta dentro del Municipio de Benito Juárez.

**URB-17.-** *Serán susceptible de aprovechamiento los recursos biológicos forestales, tales como semilla, que generen los árboles urbanos, con fines de propagación por parte de particulares, mediante la autorización de colecta de recursos biológicos forestales.*

**Análisis:** Durante el rescate de vegetación se contempla la recolección de semillas para la propagación de las especies nativas que serán afectadas con el cambio de uso del suelo propuesto; conforme al programa de rescate que se anexa a este estudio.

**URB-18.-** *Adicional a los sitios de disposición final autorizados de RSU, se debe contar con un área de acopio y retención de Residuos Especiales, en caso de contingencia, a fin de evitar que se introduzcan en la (s) celda (s).*

**Análisis:** Este criterio sólo se considera de carácter informativo, ya que el proyecto no contempla la construcción de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos ni de manejo especial.

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

**Análisis:** El presente criterio solo se considerará de carácter informativo, ya que no es congruente con las características del predio del proyecto, toda vez que no se contempla la explotación de bancos de materiales.

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

**Análisis:** No se registraron cenotes, rejolladas, cuevas ni cavernas al interior del predio del proyecto.

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

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

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

**Análisis:** Estos criterios solo se consideran de carácter informativo, ya que no son congruentes con las características del predio del proyecto, toda vez que no tiene relación alguna con bancos de materiales.

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

**Análisis:** Se ejecutará un plan de manejo de residuos, el cual se anexa al presente estudio, mismo que incluye acciones para el manejo, almacenamiento temporal y disposición final de los distintos residuos que se generen durante el desarrollo del

proyecto en sus distintas etapas, incluyendo aquellos que se consideren de manejo especial y los sólidos urbanos.

**URB-25.-** *Para el caso de fraccionamientos habitacionales, el fraccionador deberá construir a su cargo y entregar al Ayuntamiento por cada 1000 viviendas previstas en el proyecto de fraccionamiento, parque o parques públicos recreativos, con sus correspondientes áreas jardinadas y arboladas, con una superficie mínima de 5,000 metros cuadrados, mismos que podrán ser relacionados a las áreas de donación establecidas en la legislación vigente en la materia.*

**Análisis:** El análisis de estos lineamientos le corresponde al INIRA, ya que forman parte de la etapa constructiva del proyecto, misma que no se somete a evaluación.

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

**Análisis:** La creación de áreas verdes corresponde a la etapa constructiva del proyecto que será sometida a evaluación ante el INIRA, quien es la autoridad competente en la materia; y será dicha instancia de gobierno quien se pronuncie al respecto de este criterio, conforme al plan maestro del proyecto que se presente para su evaluación.

**URB-27.-** *La superficie ocupada por equipamiento en las áreas verdes no deberá exceder de un 30% del total de la superficie de cada una de ellas.*

**Análisis:** El equipamiento corresponde a la etapa constructiva del proyecto que será sometida a evaluación ante el INIRA, quien es la autoridad competente en la materia; y será dicha instancia de gobierno quien se pronuncie al respecto de este criterio, conforme al plan maestro del proyecto que se presente para su evaluación.

**URB-28.-** *Para evitar las afectaciones por inundaciones, se prohíbe el establecimiento de fraccionamientos habitacionales así como infraestructura urbana dentro del espacio excavado de las*

*sascaberas en desuso y en zonas donde los estudios indiquen que existe riesgo de inundación (de acuerdo al Atlas de riesgos del municipio oy/ del estado).*

**Análisis:** El predio del proyecto no corresponde a un espacio excavado de sascaberas en desuso, por lo que este criterio no es vinculante.

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

**Análisis:** Se acatará lo establecido en este criterio, cuando se someta a evaluación ante el INIRA la etapa constructiva del proyecto, pues se trata de la autoridad competente en la materia.

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

**Análisis:** No se registraron zonas inundables al interior del predio del proyecto, por lo que este criterio no es vinculante.

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

**Análisis:** El predio colinda con fraccionamientos habitacionales actualmente en operación, los cuales no corresponden a áreas destinadas a la conservación de la biodiversidad o del agua. En los programas de rescate de flora y fauna se indican los sitios propuestos para la reubicación de los individuos rescatados.



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

**Análisis:** Durante el desmonte se respetará el 50% de la superficie de los espacios ajardinados del proyecto, que sean del orden público, con el objeto de que mantengan su vegetación natural y se mantengan los árboles nativos con DAP mayores a 15 cm, en buen estado fitosanitario y que no representen riesgo de accidentes para los usuarios.

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

**Análisis:** El predio del proyecto no colinda con zonas industriales ni centrales de abasto.

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

**Análisis:** En el programa de rescate de fauna silvestre que se anexa al presente estudio, se indica el sitio de liberación de los ejemplares rescatados, conforme a lo requerido en este criterio.

**URB-35.-** *No se permite introducir o liberar fauna exótica en parques y/o áreas de reservas urbanas.*

**Análisis:** El proyecto no contempla introducir o liberar fauna exótica, por lo tanto solo se considerará el presente criterio como de carácter informativo.

**URB-36.-** *Las áreas con presencia de ecosistemas de manglar dentro de los centros de población deberán ser consideradas como Áreas de Preservación Ecológica para garantizar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales que proveen por lo que no podrán ser modificadas, con el fin de*

*proporcionar una mejor calidad de vida para los habitantes del municipio; con excepción de aquellas que cuenten previamente con un plan de manejo autorizado por la autoridad ambiental competente.*

**Análisis:** El presente criterio solo se considerará de carácter informativo, ya que el predio no cuenta con la presencia de ecosistemas de manglar.

**URB-37.-** *Para minimizar los impactos ambientales y el efecto de borde sobre los ecosistemas adyacentes a los centros urbanos, la ocupación de nuevas reservas territoriales para el desarrollo urbano, sólo podrá realizarse cuando se haya ocupado el 85% del territorio de la etapa de desarrollo urbano previa.*

**Análisis:** El sitio del proyecto no se ubica dentro de reservas territoriales para el desarrollo urbano, por lo que el contenido del este criterio no le resulta aplicable.

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

**Análisis:** La creación de estacionamientos corresponde a la etapa constructiva del proyecto que será sometida a evaluación ante el INIRA, quien es la autoridad competente en la materia; y será dicha instancia de gobierno quien se pronuncie al respecto de este criterio, conforme al plan maestro del proyecto que se presente para su evaluación.

**URB-39.-** *Los predios colindantes con los humedales deberán tener áreas de vegetación, preferentemente nativa, que permitan el tránsito de la vida silvestre hacia otros manchones de vegetación.*

*Los predios colindantes en el Sur del área natural protegida Manglares de Nichupté (ANPLN) deberán mantener su cubierta vegetal para favorecer el tránsito de fauna. Se deberán realizar obras que permitan la comunicación de la fauna entre el ANPLN el área de vegetación nativa con la que colinda en su límite Sur, para tal efecto se deberán realizar las obras necesarias en la carretera que las divide para que la fauna pueda transitar entre ambos terrenos, sin que pueda ser atropellada.*

**Análisis:** El predio del proyecto no colinda con humedales costeros, ni con el Sur del área natural protegida Manglares de Nichupté.

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

**Análisis:** El presente criterio solo se considera de carácter informativo, ya que no es congruente con la ubicación del predio del proyecto, toda vez que no se encuentra en un área colindante con alguna ANP.

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

**Análisis:** El predio del proyecto no colinda con ANPs ni parques municipales, por lo que este criterio sólo se considera de carácter informativo.

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

**Análisis:** El sitio del proyecto y sus colindancias no se encuentran registrados como zonas de distribución, alimentación, pernocta o reproducción de mono araña, pues se trata de una zona netamente urbanizada.

**URB-43.-** *Las áreas verdes y en las áreas urbanas de conservación, deberán contar con el equipamiento adecuado para evitar la contaminación por residuos sólidos, ruido, aguas residuales y fecalimosos al aire libre.*

**Análisis:** El equipamiento corresponde a la etapa constructiva del proyecto que será sometida a evaluación ante el INIRA, quien es la autoridad competente en la materia;

y será dicha instancia de gobierno quien se pronuncie al respecto de este criterio, conforme al plan maestro del proyecto que se presente para su evaluación.

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

**Análisis:** Corresponde a las autoridades competentes el cumplimiento del presente criterio.

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

**Análisis:** Durante las labores de reforestación y jardinería del proyecto (en su etapa constructiva), se utilizarán preferentemente especies nativas provenientes del rescate de vegetación, a fin de dar cumplimiento a este criterio.

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

**Análisis:** El presente criterio solo se considera de carácter informativo, ya que no es congruente con la naturaleza del proyecto, toda vez que no se trata de alguna actividad relacionada con la industria concretera o similar.

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

**Análisis:** Corresponde a las autoridades competentes el cumplimiento del presente criterio. El predio del proyecto no colinda con Zona Federal Marítimo Terrestre.

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

**Análisis:** Durante el desmonte y despalme del terreno, se mantendrá en pie la vegetación arbórea y palmas de la vegetación original que por diseño del proyecto coincidan con las áreas destinadas a camellones, parques, áreas verdes, jardines, áreas de donación o áreas de equipamiento, conforme al plan maestro del proyecto.

**URB-49.-** *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.*

**Análisis:** El predio del proyecto no colinda con playas de ningún tipo.

**URB-50.-** *Las especies recomendadas para la reforestación de dunas son: plantas rastreras: Ipomea pes-caprae, Sesuvium portulacastrum, herbáceas: Ageratum littorale, Erythalis fruticosa y arbustos: Tournefortia gnaphalodes, Suriana maritima y Coccoloba uvífera y Palmas Thrinax radiata, Coccothrinax readii.*

**URB-51.-** *La selección de sitios para la rehabilitación de dunas y la creación infraestructura de retención de arena deberá tomar en cuenta los siguientes criterios:*

- *Que haya evidencia de la existencia de dunas en los últimos 20 años.*
- *Que los vientos prevalecientes soplen en dirección a las dunas.*
- *Que existan zonas de dunas pioneras (embrionarias) en la playa en la que la arena esté constantemente seca, para que constituya la fuente de aportación para la duna.*
- *Las cercas de retención deberán ser biodegradables, con una altura aproximada de 1.2 m y con 50% de porosidad y ubicadas en paralelo a la costa.*
- *Las dunas rehabilitadas deberán ser reforestadas.*

**URB-52.-** *En las playas de anidación de tortugas marinas se deben realizar las siguientes medidas precautorias:*



- Evitar la remoción de la vegetación nativa y la introducción de especies exóticas en el hábitat de anidación.
- Favorecer y propiciar la regeneración natural de la comunidad vegetal nativa y el mantenimiento de la dinámica de acumulación de arena del hábitat de anidación.
- Retirar de la playa, durante la temporada de anidación, cualquier objeto movable que tenga la capacidad de atrapar, enredar o impedir el paso de las tortugas anidadoras y sus crías.
- Eliminar, reorientar o modificar cualquier instalación o equipo que durante la noche genere una emisión o reflexión de luz hacia la playa de anidación o cause resplandor detrás de la vegetación costera, durante la época de anidación y emergencia de crías de tortuga marina.
- Orientar los tipos de iluminación que se instalen cerca de las playas de anidación, de tal forma que su flujo luminoso sea dirigido hacia abajo y fuera de la playa, usando alguna de las siguientes medidas para la mitigación del impacto:
  - Luminarias direccionales o provistas de mamparas o capuchas.
  - Focos de bajo voltaje (40 watts) o lámparas fluorescentes compactas de luminosidad equivalente.
  - Fuentes de luz de coloración amarilla o roja, tales como las lámparas de vapor de sodio de baja presión.
  - Tomar medidas para mantener fuera de la playa de anidación, durante la temporada de anidación, el tránsito vehicular y el de cualquier animal doméstico que pueda perturbar o lastimar a las hembras, nidadas y crías. Sólo pueden circular los vehículos destinados para tareas de monitoreo y los correspondientes para el manejo y protección de las tortugas marinas, sus nidadas y crías.

**URB-53.-** Las obras y actividades que son susceptibles de ser desarrolladas en las dunas costeras deberán evitar la afectación de zonas de anidación y de agregación de especies, en particular aquellas que formen parte del hábitat de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

**URB-54.-** En las dunas no se permite la instalación de tuberías de drenaje pluvial, la extracción de arena, ni ser utilizadas como depósitos de la arena o sedimentos que se extraen de los dragados que se realizan para mantener la profundidad en los canales de puertos, bocas de lagunas o lagunas costeras.

**URB-55.-** La construcción de infraestructura permanente o temporal debe quedar fuera de las dunas pioneras (embrionarias).

**URB-56.-** En las dunas primarias podrá haber construcciones de madera o material degradable y piloteadas (p.e. casas tipo palafito o andadores), detrás de la cara posterior del primer cordón y evitando la invasión sobre la corona o cresta de estas dunas.

El pilotaje deberá ser superficial (hincado a golpes), no cimentado y deberá permitir el crecimiento de la vegetación, el transporte de sedimentos y el paso de fauna, por lo que se recomienda que tenga al menos un metro de elevación respecto al nivel de la duna. Esta recomendación deberá revisarse en regiones donde hay fuerte incidencia de huracanes, ya que en estas áreas constituyen un sistema

*importante de protección, por lo que se recomienda, después de su valoración específica, dejar inalterada esta sección del sistema de dunas.*

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

**URB-58.-** *Se prohíbe la extracción de arena en predio ubicados sobre la franja litoral del municipio con cobertura de matorral costero.*

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

**Análisis:** el proyecto no será desplantado dentro de zonas con presencia de dunas costeras. El tipo de vegetación por afectar con el cambio de uso del suelo corresponde a Selva mediana subperennifolia. El predio no colinda con zonas de playa.

## 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>43</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.

<sup>43</sup> <http://www.fao.org/docrep/012/a1250s/a1250s19.pdf>

- ▶ **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).

## 15.1. VALORES DE USO DIRECTO (VUD)

### 15.1.1. Materias primas forestales maderables

Para la estimación de este 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 comercial (VC) que se obtendría de la superficie de CUSTF; así como el volumen que se obtendría de las ramas primarias para la producción de leña; y finalmente el volumen del estrato arbustivo para la producción de carbón. Así mismo, se consideraron los "**Precios de productos forestales maderables**" presentados en el reporte del cuarto trimestre octubre/diciembre de 2017<sup>44</sup>, emitido por la Comisión Nacional Forestal, tal como se describe a continuación:

#### A. Madera

En la siguiente tabla se presentan los cálculos obtenidos del volumen comercial que se obtendría en la superficie de cambio de uso de suelo con la remoción de la vegetación arbórea, los cuales se realizaron utilizando la siguiente ecuación:

$$VC = g * hfl * ff$$

Donde:

<sup>44</sup>[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/236399/Reporte\\_Trimestral\\_II\\_Abril\\_Junio\\_2017\\_SIPRE.pdf.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/236399/Reporte_Trimestral_II_Abril_Junio_2017_SIPRE.pdf.pdf)

**VC**= volumen comercial

**g**= área basal

**hfl**= altura del fuste limpio o altura comercial

**ff**= factor de forma (0.6 conforme a lo descrito en el capítulo 6)

<b>CÁLCULOS DE VOLUMEN COMERCIAL</b>		
<b>ESPECIES</b>	<b>VC/HA</b>	<b>VC/CUSTF</b>
<i>Acacia dolichostachya</i>	0.88	3.12
<i>Bursera simaruba</i>	2.21	7.79
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	0.04	0.14
<i>Ceiba pentandra</i>	0.23	0.83
<i>Coccoloba barbadensis</i>	0.35	1.23
<i>Coccoloba diversifolia</i>	0.16	0.56
<i>Dendropanax arboreus</i>	0.97	3.42
<i>Diospyros cuneata</i>	0.03	0.10
<i>Diphysa carthagenensis</i>	0.16	0.58
<i>Eugenia trikkii</i>	0.03	0.11
<i>Ficus cotinifolia</i>	0.15	0.53
<i>Ficus padifolia</i>	0.17	0.60
<i>Gliricidia sepium</i>	0.14	0.48
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.04	0.15
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	0.28	1.00
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	17.29	61.05
<i>Manilkara zapota</i>	1.27	4.48
<i>Metopium brownei</i>	17.46	61.65
<i>Nectandra coriacea</i>	0.09	0.33
<i>Piscidia piscipula</i>	1.23	4.33
<i>Pouteria campechiana</i>	0.09	0.32
<i>Sideroxylon salicifolium</i>	0.54	1.91
<i>Simarouba amara</i>	0.03	0.11
<i>Swartzia cubensis</i>	0.60	2.11
<i>Thevetia gaumeri</i>	0.03	0.10
<i>Thouinia paucidentata</i>	0.03	0.10
<i>Vitex gaumeri</i>	2.89	10.21
<b>Totales</b>	<b>47.39</b>	<b>167.36</b>

De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior, tenemos un volumen comercial de 167.36 m<sup>3</sup> que se obtendrían a partir de las materias primas forestales que derivarían del cambio de uso de suelo, es decir, el volumen del árbol considerando

sólo el fuste limpio o comercial de los árboles (no se consideran ramas, puntas o partes dañadas).

Una vez calculado el volumen comercial de las materias primas forestales, enseguida se presentan los precios de los productos forestales maderables, de acuerdo con la CONAFOR (2016), conforme a lo siguiente:

- 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	1,922.86
	LAB en aserradero	2,685.71
Predios	LAB en brecha	1,951.11

Precios Libre a Bordo en aserradero para madera aserrada por pie tabla

Largas dimensiones		Cortas dimensiones
Selecta	Millrun	
30.43	22.83	14.90

*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 (\$1,951.11 por m<sup>3</sup>), ya que esta se refiere a madera en rollo (Precio Libre a Bordo en brecha del metro cúbico en predios: corresponde al precio de la trocería en el predio puesta en la brecha para ser cargada



al camión); y dado que no se tiene la intención de transformar la madera en aserraderos.

Considerando todo lo antes mencionado, con un volumen comercial obtenido de 167.36 m<sup>3</sup> que se obtendrían de la superficie de CUSTF y un precio por metro cúbico Libre a Bordo para trocería obtenida en predio de \$1,951.11 por m<sup>3</sup>, entonces el valor económico de los recursos biológicos forestales para la obtención de madera, asciende a la cantidad de \$326,537.76 (son trescientos veintiséis mil, quinientos treinta y siete pesos 76/100 M. N.).

## B. Leña

Se considera que las materias primas forestales que pueden ser utilizadas para la producción de leña, provienen de las ramas gruesas, brazuelos y puntas de árboles adultos. Estos componentes de un árbol corresponden, en forma general, al 16% del volumen total del árbol<sup>45</sup>; sin embargo, considerando una cifra más exacta, se considerará como volumen de leña, la diferencia que resulta de restar el volumen comercial al Volumen Total Árbol del estrato arbóreo.

En la siguiente se presentan los valores de volumen para leña obtenidos conforme a la ecuación planteada.

<b>VOLUMEN DE LEÑA EN LA SUPERFICIE DE CUSTF (m<sup>3</sup>)</b>			
<b>ESPECIES</b>	<b>VOL. T. A.</b>	<b>VOL. COMERCIAL</b>	<b>VOL. LEÑA (VTA-VC)</b>
<i>Acacia dolichostachya</i>	13.00	3.12	9.88
<i>Bursera simaruba</i>	34.32	7.79	26.53
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	0.58	0.14	0.44
<i>Ceiba pentandra</i>	3.61	0.83	2.79
<i>Coccoloba barbadensis</i>	5.59	1.23	4.36
<i>Coccoloba diversifolia</i>	2.43	0.56	1.88
<i>Dendropanax arboreus</i>	14.71	3.42	11.29
<i>Diospyros cuneata</i>	0.53	0.10	0.43

<sup>45</sup> Energía, Agua, Medio ambiente, Territorialidad y Sostenibilidad de Xavier Elias Castells. ISBN 978-84-9969-124-4.

<b>VOLUMEN DE LEÑA EN LA SUPERFICIE DE CUSTF (m<sup>3</sup>)</b>			
<b>ESPECIES</b>	<b>VOL. T. A.</b>	<b>VOL. COMERCIAL</b>	<b>VOL. LEÑA (VTA-VC)</b>
<i>Diphysa carthagenensis</i>	2.74	0.58	2.15
<i>Eugenia trikii</i>	0.54	0.11	0.42
<i>Ficus cotinifolia</i>	1.81	0.53	1.29
<i>Ficus padifolia</i>	3.23	0.60	2.62
<i>Gliricidia sepium</i>	1.95	0.48	1.47
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.72	0.15	0.57
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	4.97	1.00	3.98
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	210.93	61.05	149.88
<i>Manilkara zapota</i>	14.20	4.48	9.73
<i>Metopium brownei</i>	253.81	61.65	192.16
<i>Nectandra coriacea</i>	1.58	0.33	1.25
<i>Piscidia piscipula</i>	18.09	4.33	13.76
<i>Pouteria campechiana</i>	1.36	0.32	1.04
<i>Sideroxylon salicifolium</i>	8.03	1.91	6.12
<i>Simarouba amara</i>	0.59	0.11	0.47
<i>Swartzia cubensis</i>	7.99	2.11	5.88
<i>Thevetia gaumeri</i>	0.53	0.10	0.43
<i>Thouinia paucidentata</i>	0.65	0.10	0.54
<i>Vitex gaumeri</i>	39.21	10.21	29.01
<b>TOTAL</b>	<b>647.71</b>	<b>167.36</b>	<b>480.35</b>

De acuerdo con los resultados presentados en la tabla anterior, y considerando que se estima que se obtendrían 480.35 m<sup>3</sup> como materias primas forestales para leña, y tomando en cuenta que, en el mercado local, el metro cúbico de leña cuesta alrededor de \$240.00 (son doscientos cuarenta pesos 00/100 M. N.), entonces el costo de los recursos biológicos forestales para la obtención de leña asciende a la cantidad de \$115,284.00 (son ciento quince mil, doscientos ochenta y cuatro pesos 00/100 M. N.).

### **C. Carbón**

Para estimar el valor económico de los recursos biológicos forestales por la producción de carbón, se tomó en consideración el volumen total árbol calculado para el estrato arbustivo, así como el valor económico del metro cúbico de carbón en el mercado local, el cual es de \$2.50 por kilogramo (son dos pesos con cincuenta centavos 00/100 M.N.) a pie de horno, considerando que un costal de 20 kilogramos se vende en \$50.00

(son cincuenta pesos 00/100 M.N.). Así mismo, se tomó en consideración que para fabricar una tonelada de carbón de leña se necesitan unos 6 m<sup>3</sup> de leña<sup>46</sup>.

A continuación, se presentan los resultados del cálculo de volumen de las materias primas forestales a nivel del estrato arbustivo.

<b>VOLUMEN TOTAL ÁRBOL-ESTRATO ARBUSTIVO</b>		
<b>ESPECIES</b>	<b>VTA/HA</b>	<b>VTA/CUSTF</b>
<i>Acacia cornigera</i>	0.62	2.18
<i>Ardisia escallonioides</i>	0.23	0.82
<i>Bursera simaruba</i>	7.38	26.05
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	0.29	1.03
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	0.08	0.29
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	0.27	0.95
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	0.58	2.04
<i>Coccoloba barbadensis</i>	2.04	7.22
<i>Coccoloba diversifolia</i>	1.28	4.52
<i>Coccoloba spicata</i>	0.11	0.38
<i>Cupania dentata</i>	0.97	3.43
<i>Dendropanax arboreus</i>	6.01	21.22
<i>Diospyros cuneata</i>	0.41	1.46
<i>Dipholis salicifolia</i>	0.32	1.13
<i>Diphyssa carthagenensis</i>	0.09	0.32
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	0.36	1.28
<i>Eugenia trikii</i>	0.00	0.00
<i>Ficus padifolia</i>	1.48	5.22
<i>Gliricidia sepium</i>	0.10	0.35
<i>Guettarda combsii</i>	0.33	1.17
<i>Gymnanthes lucida</i>	1.09	3.85
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.26	0.93
<i>Hampea trilobata</i>	1.62	5.72
<i>Laethia thamnia</i>	0.11	0.39
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	2.92	10.31
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0.31	1.08
<i>Matayba oppositifolia</i>	0.67	2.35
<i>Metopium brownei</i>	12.27	43.32

<sup>46</sup><http://www.fao.org/docrep/p2070s/p2070s04.htm>

<b>VOLUMEN TOTAL ÁRBOL-ESTRATO ARBUSTIVO</b>		
<b>ESPECIES</b>	<b>VTA/HA</b>	<b>VTA/CUSTF</b>
<i>Myrcianthes fragrans</i>	1.76	6.23
<i>Nectandra coriacea</i>	1.15	4.06
<i>Piscidia piscipula</i>	1.45	5.11
<i>Swartzia cubensis</i>	0.68	2.42
<i>Thevetia gaumeri</i>	1.80	6.37
<i>Thouinia paucidentata</i>	0.19	0.69
<i>Vitex gaumeri</i>	2.97	10.50
<i>Zuelania guidonia</i>	0.28	0.99
<b>TOTALES</b>	<b>52.49</b>	<b>185.38</b>

Como puede observarse en la tabla anterior, se calcula un volumen total árbol de 185.38 m<sup>3</sup> de materias primas forestales que pueden ser aprovechadas como carbón a nivel del estrato arbustivo, por lo tanto, considerando que para obtener una tonelada de carbón vegetal se requieren 6 m<sup>3</sup> de leña, entonces se puede obtener un total de 30.89 toneladas de carbón vegetal, con un costo de \$2,500.00 (son dos mil quinientos pesos 00/100 M.N.) por tonelada, por lo que el valor económico de los recursos biológicos forestales por la obtención de leña, asciende a la cantidad de \$77,241.66 (son setenta y siete mil, doscientos cuarenta y un pesos 66/100 M. N.).

#### **D. Costo total de las materias primas forestales maderables**

Considerando los valores calculados en los apartados que anteceden, correspondientes al valor de madera (\$326,537.76), leña (\$115,284.00) y carbón vegetal (\$77,241.66), se obtiene un monto total de \$519,063.42 (son quinientos diecinueve mil, sesenta y tres pesos 42/100 M. N.), que equivale al costo de las materias primas forestales maderables que derivarían del cambio de uso de suelo.

### **15.1.2. Materias primas forestales no maderables**

#### **A. Tierra vegetal**

En la estimación del costo de los recursos biológicos forestales del área sujeta a cambio de uso del suelo, también se consideró el valor de la tierra vegetal que se obtendría del despalle, el cual se calcula en el orden de los 1,000 m<sup>3</sup> por hectárea; considerando una capa de tierra vegetal (sustrato con materia orgánica) de 10 cm en promedio o 0.1 m dentro del predio (100 m x 100 m x 0.1 m). Por lo tanto, considerando que en el mercado local el costo de tierra por metro cúbico es de \$500.00 (son quinientos pesos M.N. 00/100), entonces el costo de la tierra vegetal que se obtendría de la superficie de CUSTF (3.531 ha x 1000 m<sup>3</sup>= 3531 m<sup>3</sup>), asciende a la cantidad de \$1'765,500.00 (son un millón, setecientos sesenta y cinco mil, quinientos pesos 00/100 M.N.).

## **B. Plantas**

Se estima que, en la superficie de cambio de uso de suelo, existe una cantidad aproximada de 84614 plántulas en calidad de regeneración (por extrapolación de los resultados obtenidos del muestreo en el estrato herbáceo), por lo tanto, si consideramos que el valor promedio de venta al mayoreo de una planta en vivero es de \$5.00 (son cinco pesos M.N. 00/100) por planta, entonces el costo de las plántulas en calidad de regeneración, asciende a la cantidad de \$423,070.00 (son cuatrocientos veintitrés mil, setenta pesos 00/100 M.N.).

## **C. Costo total de las materias primas forestales no maderables**

En conclusión, se tiene que el valor económico de los recursos biológicos forestales no maderables, considerando el valor económico de la tierra vegetal (\$1'765,500.00) y plantas en calidad de regeneración (\$423,070.00), asciende a la cantidad de \$2'188,570.00 (son dos millones, ciento ochenta y ocho mil quinientos setenta pesos 00/100 M. N.).

### **15.1.3. Conclusiones**

De acuerdo el valor de uso directo de las materias primas forestales maderables (\$519,063.42) y no maderables (\$2'188,570.00) que se obtendrían de la superficie de CUSTF, se alcanza un gran total de \$2'707,633.42 (son dos millones, setecientos siete mil, seiscientos treinta y tres pesos 42/100 M. N.).

## 15.2. VALORES DE USO INDIRECTO (VUI):

Para el cálculo de este 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.

### A. 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 caducifolio, tipo de ecosistema de mayor similitud con el que se ubica en el sitio del proyecto, pues se trata de una Selva subperennifolia.

<i>Bosque templado caducifolio</i>	<i>Bosque tropical caducifolio</i>	<i>Bosque templado</i>	<i>Bosque tropical siempreverde</i>
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 3.531 ha, 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 1,800 dólares por hectárea, ya que se trata de una selva subperennifolia (un bosque siempre verde sería una selva perennifolia), es decir, que las 3.531 ha de cambio de uso de suelo representan un valor de 6355.80 dólares por concepto de depósitos de carbono, los cuales a un tipo de cambio aproximado de \$18.00 pesos mexicanos, corresponden a \$114,404.04 (son ciento catorce mil, cuatrocientos cuatro pesos 04/100 M.N.).

## **B. Servicios ambientales hidrológicos**

Los montos que a continuación se presentan, se obtuvieron del Componente V. Servicios ambientales, de las REGLAS de Operación del Programa Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable 2018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 2017; según las cuales se puede llegar a pagar hasta \$1,100.00 pesos por hectárea por año. Por lo tanto, la superficie de cambio de uso de suelo solicitada (3.531 ha) podría obtener un monto anual por pago de servicios ambientales hidrológicos de \$3,884.10 pesos mexicanos, lo que en un plazo de 30 años que es el equivalente al tiempo de vida útil del proyecto, arroja un monto total de \$116,523.00 (son ciento dieciséis mil, quinientos veintitrés pesos 00/100 M.N.).

## **C. Protección de la biodiversidad**

El pago por el servicio ambiental por la conservación de la biodiversidad, según las REGLAS de Operación del Programa Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable 2018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 2017, puede ser hasta de \$700.00 pesos por hectárea por año. Por lo tanto, la superficie de cambio de uso de suelo solicitada (3.531 ha) podría obtener un monto anual por pago de servicios ambientales por la protección de la biodiversidad de \$2,471.70 pesos

mexicanos, lo que en un plazo de 30 años que es el equivalente al tiempo de vida útil del proyecto, arroja un monto total de \$74,151.00 (son setenta y cuatro mil, ciento cincuenta y un pesos 00/100 M.N.).

#### **D. Costo total del valor de uso indirecto**

En resumen, el valor total (VUI) 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 \$305,078.04 (son trescientos cinco mil, setenta y ocho pesos 04/100 M.N.).

#### **15.3. 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 este 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. A continuación, se describe el monto de este valor.

De acuerdo con el Gobierno de México y Banco Mundial (1995), 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 la siguiente tabla 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 quasi-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

Tomado de: <http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/divBioIMexEPais8.pdf>

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 bajo (ver capítulo 5), tiene un valor farmacéutico de 1 dólar por hectárea por año, entonces para la vegetación que se desarrolla en la superficie de cambio de uso de suelo 3.531 ha), con un valor de biodiversidad bajo, el costo sería de 3.531 dólares, lo cual a un tipo de cambio aproximado de \$18.00 pesos mexicanos, asciende a la cantidad de \$63.56 pesos mexicanos anuales, lo que a un plazo de 30 años que equivalen al tiempo de vida útil del proyecto, arroja un total de \$1,906.74 (son mil novecientos seis pesos 74/100 M.N.).

#### 15.4. 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 este valor se utilizó del método de valoración contingente<sup>47</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

<sup>47</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)

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, octubre del 2017, donde las preguntas realizadas representaron el mercado hipotético, del cual, la oferta se encontró representada por la persona entrevistadora y la demanda por la entrevistada. El formato de la encuesta se tomó 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 65 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.

De acuerdo con los resultados de la encuesta, realizada a una amplia gama de personas con diferentes grados de estudio y especialidades (biólogos, ingenieros forestales, ecológicos, abogados, arquitectos, etc.), se obtuvo que una persona podría aportar anualmente 1500 pesos (125 pesos mensuales), para preservar una hectárea con vegetación nativa, para que las futuras generaciones tengan la oportunidad de usarlos.

Considerando lo anterior, se estima que el **valor de legado** por la preservación de las 3.531 hectáreas de cobertura vegetal que serían eliminadas con el CUSTF asciende a la cantidad de \$5,296.50 (son cinco mil doscientos noventa y seis pesos 50/100 M. N.) anuales, que, extrapolado a los 30 años de vida útil del proyecto, se obtiene un valor total de legado igual a \$158,895.00 (son ciento cincuenta y ocho mil, ochocientos noventa y cinco pesos 00/100 M.N.).

## 15.5. 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>48</sup>.

<sup>48</sup> <http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap9/01%20Valor%20economico%20de%20la%20biodiversidad.pdf>

Para poder estimar este valor, se utilizó la encuesta descrita en el punto número 15.4 del presente capítulo, 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 una hectárea con vegetación nativa, para la protección de todos los recursos naturales bióticos y abióticos que lo integran.

De acuerdo con los resultados de la encuesta, realizada a una amplia gama de personas con diferentes grados de estudio y especialidades (biólogos, ingenieros forestales, ecólogos, abogados, arquitectos, etc.), se obtuvo que una persona podría aportar anualmente 1200 pesos (100 pesos mensuales), para preservar una hectárea con vegetación nativa, independientemente del ecosistema que se trate.

Considerando lo anterior, se estima que el **valor por existencia** de las 3.531 hectáreas de Selva que podrían ser preservadas, asciende a la cantidad de \$4,237.20 (son cuatro mil doscientos treinta y siete pesos 20/100 M. N.) anuales, que, extrapolado a los 30 años de vida útil del proyecto, se obtiene un valor total por existencia igual a \$127,116.00 (son doscientos cuarenta y dos mil cien pesos 00/100 M.N.).

## 15.6. CÁLCULO DEL VALOR ECONÓMICO TOTAL

Valor Económico Total (VET):

$$\begin{aligned} \mathbf{VET} &= \mathbf{VUD} + \mathbf{VUI} + \mathbf{VO} + \mathbf{VL} + \mathbf{VE} \\ \mathbf{VET} &= \$2707633.42 + \$305078.04 + \$1906.74 + \$158895 + \$127116 \\ \mathbf{VET} &= \mathbf{\$3'300,629.20} \end{aligned}$$

En conclusión, se estima que el valor económico total de los recursos biológicos de la superficie de cambio de uso de suelo, considerando los valores de uso (directo e indirecto) y no uso (opción, legado y existencia), asciende a la cantidad de **\$3'300,629.20** (son tres millones, trescientos mil, seiscientos veintinueve pesos 20/100 M. N.) por un plazo de 30 años equivalente al tiempo de vida útil del proyecto.



## 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 consideró la experiencia propia que se tiene en campo, en la ejecución de programas de reforestación, restauración y conservación de recursos naturales, así como prácticas directas en campo con la ejecución de programas de rescate de vegetación. Aunado a lo anterior, se consideraron los costos locales de mano de obra, material y equipo de apoyo que se requieren para llevar a cabo las distintas actividades propuestas en este capítulo, los cuales se determinaron a través de entrevistas con la gente y el personal encargado de los comercios locales.

### 16.1. RESTAURACIÓN FORESTAL

La **restauración natural** de los ecosistemas es un proceso que requiere un período largo, que puede variar de cientos (sucesión) a miles de años (para una evolución). Este proceso inicia con un crecimiento denso de herbáceas, arbustos y trepadoras, seguido de una dominancia por árboles pioneros de rápido crecimiento, pero de corta vida (10 a 30 años); la siguiente fase es de dominancia por árboles pioneros de larga vida (75 a 100 años), y termina con la dominancia por especies tolerantes a la sombra.

Para este caso en particular y para fines del presente estudio, nos avocamos a la **restauración forestal**, más que a la restauración natural, que se trata de un conjunto de actividades tendientes a la rehabilitación de un ecosistema forestal degradado, para recuperar parcial o totalmente las funciones originales del mismo y mantener las condiciones que propicien su persistencia y evolución<sup>49</sup>.

<sup>49</sup> Restauración de ecosistemas forestales. Guía básica para comunicadores. 2009. Unidad de Comunicación Social con información proporcionada por la Coordinación de Conservación y Restauración de la Comisión Nacional Forestal. Primera Edición.

La restauración forestal se pretende realizar a través de acciones de reforestación, que incluye múltiples etapas y procedimientos para llegar al momento de la plantación, y requiere de acciones posteriores tan relevantes como el mantenimiento y la evaluación para asegurar que sea exitosa. A continuación, se describen cada una de las etapas implicadas en las acciones de reforestación con fines de restauración.

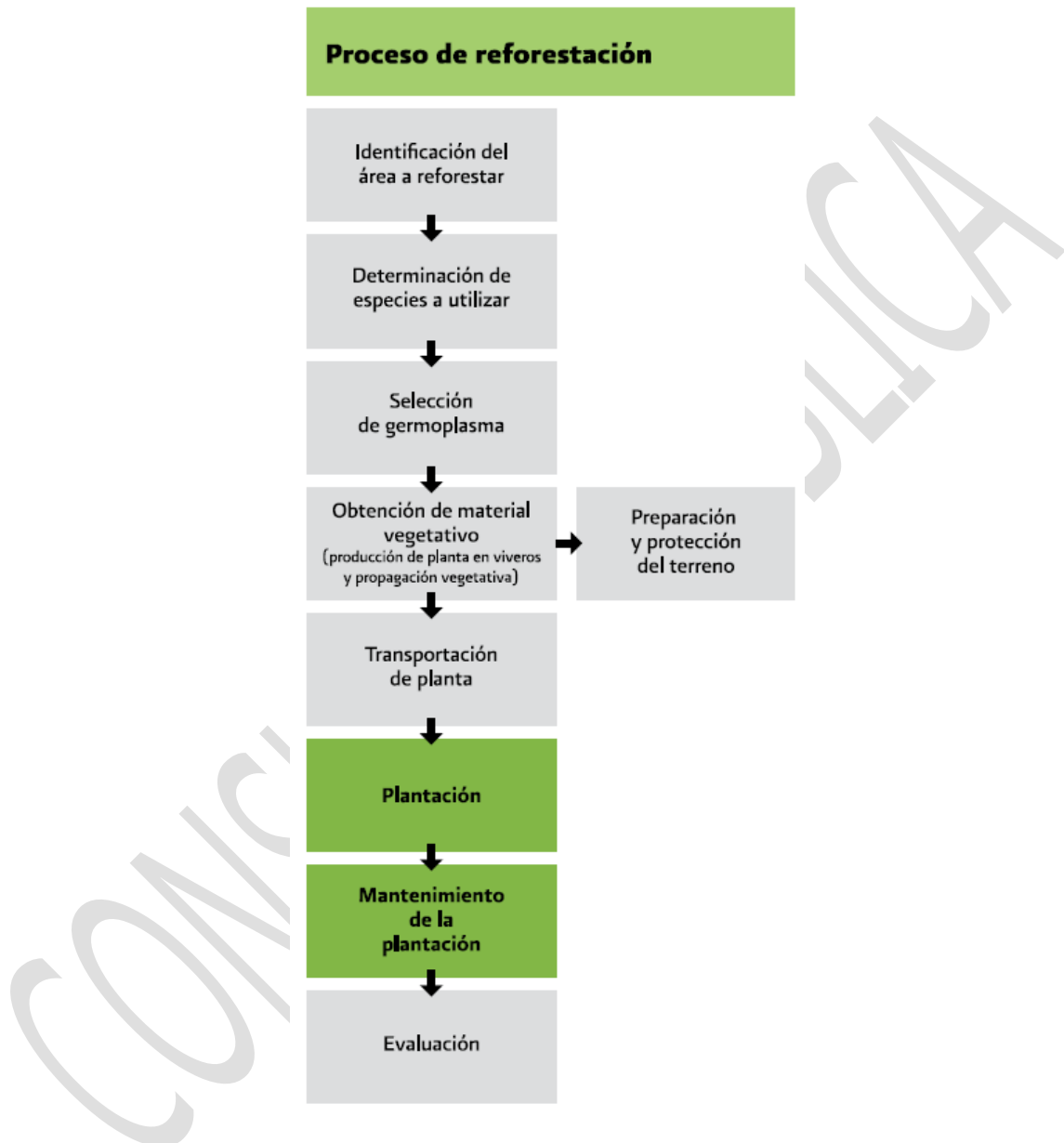
- 1) Identificación y delimitación de las áreas a reforestar.** Con esta acción inicia el proceso para la restauración de áreas degradadas con acciones de reforestación. Mediante trabajos de campo y con el apoyo de la tecnología basada en sistemas de información geográfica, se determinan las áreas degradadas, para inducir el restablecimiento de la vegetación forestal a través de técnicas, métodos y buenas prácticas.
- 2) Determinación de especies y cantidad de plantas.** Una vez determinada la superficie potencial para realizar obras de reforestación, se procede a elegir las especies nativas o aquellas que se adapten a las condiciones del sitio (suelo, clima, topografía). También se estima la necesidad de planta por especie, con lo cual se definen las cantidades requeridas para producirlas en vivero o mediante reproducción vegetativa.
- 3) Obtención del material vegetativo.** Las tareas de reforestación se realizan con planta de vivero y con material vegetativo. Para producir planta de vivero, previamente se realizan labores de selección de germoplasma.

La producción de planta en vivero implica diversas acciones: acondicionamiento de infraestructura, preparación de semilla para siembra, preparación de sustrato, llenado de contenedores o bolsas, riego, fertilización, micorrización, reposición de plantas muertas o cavidades vacías, deshierbe, prevención y control de plagas y enfermedades, clasificación de la planta y traspotación al área de plantación.

Por su parte, la obtención de material vegetativo para propagación se hace con plantas nativas jóvenes o adultas ubicadas en áreas cercanas al sitio que se va a reforestar. Se puede hacer en periodos de días e incluso horas. Este método permite generar nuevos individuos idénticos a los árboles parentales (planta donante) a partir de partes vegetativas de las plantas. Involucra cuatro acciones básicas: elección y manejo de la planta donante, obtención de ramas, pencas, raquetas u otro tipo de segmentos de la planta en crecimiento (hijuelos, en el caso de los agaves); transportación al área de plantación y plantación en el suelo para provocar el enraizamiento.

- 4) Preparación y protección del terreno.** El objeto de preparar el terreno es mejorar las condiciones del suelo para asegurar una mayor sobrevivencia de la planta que se va a establecer. Esta acción ayuda a neutralizar los factores que limitan el establecimiento inicial y ayudan a que la raíz tenga las condiciones de húmedas y porosidad para su rápido establecimiento, fortaleciendo su capacidad de obtener agua y nutrientes en un área amplia. Implica trabajos de deshierbe o chapeo, preparación del suelo y trazo del terreno.
- 5) Plantación.** Involucra trabajos para el establecimiento de la planta en campo, como apertura de cepas y reforestación.
- 6) Protección.** Consiste en resguardar o cuidar la reforestación contra posibles agentes que puedan afectarle o causarle algún daño: animales, incendios, plagas y enfermedades, entre otros factores de amenaza.
- 7) Mantenimiento.** Trabajos como el replante, deshierbe, tutoreo, fertilización y riego, forman parte del seguimiento al proceso de reforestación y son esenciales para garantizar la permanencia de la plantación, una vez hecha esta. Las actividades de mantenimiento se realizan durante el tiempo necesario y la época del año adecuada hasta que esta se encuentre plenamente establecida.

En el siguiente diagrama de flujo, observamos las etapas de la reforestación con fines de restauración.



## 16.2. ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LAS ACTIVIDADES DE REFORESTACIÓN CON FINES DE RESTAURACIÓN

Una vez descrito el proceso de la reforestación con fines de restauración, a continuación, se describen la estimación económica que implicaría llevarlas a cabo,

con el objeto de lograr que se desarrolle nuevamente vegetación forestal en una superficie de 3.531 ha donde hubo remoción total de la cubierta vegetal.

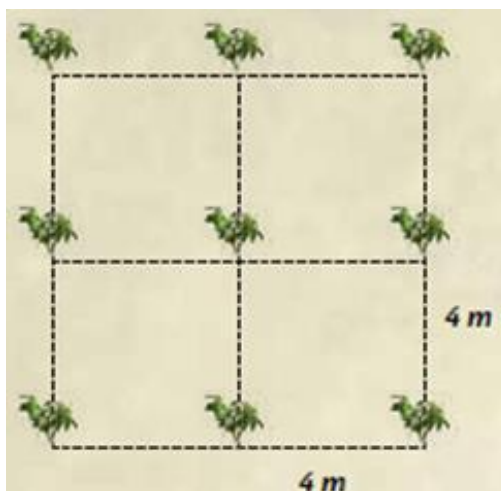
### **16.2.1. Identificación y delimitación de las áreas a reforestar**

Como área a reforestar se propone la superficie de cambio de uso del suelo solicitada, partiendo del hecho de que la cobertura vegetal ha sido removida en su totalidad; es decir, se propone reforestar una superficie de 35317.34 m<sup>2</sup> de Selva mediana subperennifolia.

### **16.2.2. Determinación de especies y cantidad de plantas.**

Las especies por utilizar para la reforestación serán las mismas que serán removidas con el cambio de uso del suelo y que se encuentran indicadas en el capítulo 5 de este estudio. En cuanto al número de plantas a emplear, a continuación, se realiza un cálculo de la densidad de siembra óptima para alcanzar los objetivos de la restauración, con base en la técnica de siembra directa, también llamada "labranza cero", que consiste en sembrar individuos jóvenes directamente en el sitio. En el caso particular del presente caso de estudio, consistirá básicamente en sembrar plántulas, propágulos y esquejes de la vegetación característica que fue removida hipotéticamente, así como la dispersión de semillas al voleo (como se verá más adelante).

La densidad de siembra también se calculó considerando el sistema de sembrado de "trazado cuadrado". Este sistema de trazado consiste básicamente en sembrar de dos a más hileras de plantas de manera paralela, dejando un espacio entre cada hilera y entre cada planta, a la distancia deseada, como se muestra en la imagen siguiente.



Visto lo anterior, a continuación, se realiza el cálculo de la densidad de siembra, misma que se define como el número de individuos a plantar por metro cuadrado. Esta variable se estimó aplicando la siguiente fórmula (Arriaga et al, 1994):

FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA	
$N_1 = \frac{S}{(dH) (dP)}$	Donde: <b>N<sub>1</sub></b> = Número de plantas. <b>S</b> = Superficie a reforestar (m <sup>2</sup> ) <b>dH</b> = Distancia entre hileras (m) <b>dP</b> = Distancia entre plantas de una misma hilera (m)

Sustituyendo los valores de cada variable, de acuerdo con los objetivos del presente programa, se tiene lo siguiente:

CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA	
Superficie a reforestar = 35317.34 m <sup>2</sup> Distancia entre hileras = 2 m Distancia entre plantas de una misma hilera = 2 m	$N_1 = \frac{35317.34}{(2) (2)}$

Aplicando la fórmula, se tienen los siguientes resultados:

CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA		
$N_1 = \frac{35317.34}{4}$	<b>N<sub>1</sub> = 8829.34</b>	<b>N<sub>1</sub> = 8829 plantas</b>



Con base en los resultados obtenidos en la aplicación de la fórmula, se tiene que, para llevar a cabo la reforestación del sitio propuesto mediante la técnica de sembrado directo, se requiere un total de 8829 plantas. Sin embargo, es importante mencionar que esta fórmula sobreestima el número de plantas necesarias en un 15% aproximadamente, por lo tanto, en el caso de que se requiera estimar con mayor precisión el número de plantas ( $N_2$ ), bastará con restarle el 15% al número estimado ( $N_1$ ) por la fórmula (Arriaga et al, 1994); por lo tanto:

FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA		
$N_2 = N_1 - 15\% \text{ de } N_1$	$N_2 = 8829 - 1324$	$N_2 = 7505 \text{ plantas}$

Con base en los resultados obtenidos en la aplicación de las fórmulas anteriores, se estima un total de 7505 plantas necesarias para reforestar el sitio propuesto.

### 16.2.3. Obtención del material vegetativo

Considerando la propuesta de realizar las tareas de reforestación con planta de vivero. Para el cálculo económico que tendría la producción de esas plantas en vivero, se tomaron en cuenta los gastos de producción por planta que se genera por este concepto.

Los costos se tomaron del manual de "Evaluación de costos de producción de planta en viveros forestales que abastecen proyectos de plantaciones forestales comerciales"<sup>50</sup>, el cual estima que dichos costos varían de \$1.60 a \$3.57 pesos mexicanos por planta, en el caso de especies forestales de ciclo largo, dependiendo del tipo y tamaño del contenedor donde se producen. El primer caso corresponde a plantas producidas en contenedores de cavidades fusionadas (charolas) de plástico rígido con un volumen por cavidad de 115 ml y el segundo caso corresponde a

<sup>50</sup> Velázquez M. A., Aldrete A., Gómez G. A., y Llanderal O. T. 2011. Evaluación de costos de producción de planta en viveros forestales que abastecen proyectos de plantaciones forestales comerciales. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Estado de México.

contenedores de cavidades intercambiables (tubetes) con un volumen por cavidad de 250 ml.

Considerando lo antes mencionado, entonces el valor económico por la producción de planta en vivero para la reforestación sería de **\$26,792.85** (son veintiséis mil, setecientos noventa y dos pesos 85/100 M.N.), tomando en cuenta una densidad de siembra de 7505 plantas y un costo máximo de producción de \$3.57 por planta.

#### **16.2.4. Preparación y protección del terreno**

Para la preparación y protección del terreno, se requiere estimar los costos que tendría la restitución de un porcentaje de la capa de suelo que pudiera ser removida con el CUSTF. Respecto a este componente, se considera el volumen de tierra que requiere una cepa para ser llenada al momento del trasplante, que se estima en 0.027 m<sup>3</sup> por una cepa de 30 cm X 30 cm X 30 cm, que extrapolado a las 7505 plantas que se pretenden sembrar (7505 cepas), entonces se requieren 202.64 m<sup>3</sup> de tierra.

**Obtención de la tierra.** El metro cúbico de tierra vegetal puede alcanzar los \$500.00 (son quinientos pesos M.N. 00/100) en el mercado local, por lo tanto, el monto por la obtención del sustrato para el llenado de las cepas, asciende a la cantidad de **\$101,317.50** (son ciento un mil, trescientos diecisiete pesos 50/100 M.N.).

**Transporte de la tierra.** Para el transporte de la tierra se ocuparán camiones de volteo con la capacidad de 20 m<sup>3</sup> de tierra por viaje, con un costo de \$600.00 pesos por viaje. En la zona donde se ubica el predio del proyecto un camión de volteo realiza al día un promedio de 2 viajes, por lo que puede transportar un volumen total de 40 m<sup>3</sup> en un día, lo que tiene un costo de \$1200.00 pesos mexicanos al día. Entonces se requieren 5 días de renta para poder transportar los 202.64 m<sup>3</sup> de tierra que se requiere; lo que tendría un costo total por concepto de transporte igual a **\$6,000.00** (son seis mil pesos 00/100 M.N.).

**Costo total.** En resumen, establecer la capa de tierra orgánica dentro de la superficie de CUSTF, tendrá un costo de **\$107,317.50** (son ciento siete mil, trescientos diecisiete pesos 50/100 M.N.) considerando las actividades de compra y acarreo de la tierra.

### 16.2.5. Plantación

**Cantidad de las plantas.** Tal como fue indicado anteriormente, se requiere producir un total de 7505 plantas nativas en vivero, para poder llevar a cabo las actividades de reforestación.

**Transporte de las plantas.** Para poder transportar las plantas desde el vivero hasta el sitio de plantación (incluye al carga y descarga), se rentaría un camión de carga de 3 toneladas cuyo costo por viaje es de \$600 pesos en el mercado local; por lo tanto, considerando que un camión de 3 toneladas realiza dos viajes por día desde su zona de origen; y por cada viaje transporta alrededor de 9,240 plantas en charolas de 77 cavidades, bajo el supuesto de que el camión está adaptado para 3 camas de charolas), es decir, puede transportar 18480 plantas en un día a un costo de \$1200.00; entonces resulta la necesidad de 1 viaje para transportar las 7505 plantas que se requieren para el establecimiento de la regeneración natural; entonces, el transporte de las plantas hasta el predio tendría un costo total de \$600.00 (son seiscientos pesos 00/100 M.N.).

**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 siembra de un jornalero es de 120 plantas por jornal según experiencias previas en campo); cuyo costo por jornal en la zona (8 horas de trabajo), es de \$150.00 (son ciento cincuenta pesos M.N. 00/100); entonces, si consideramos que se requiere el sembrado de 7505 plántulas para el establecimiento de la vegetación de regeneración, el número de jornales requeridos sería igual a 63, y por lo tanto se tiene como resultado que las actividades de sembrado tendría un costo total de: \$9,450.00 (son nueve mil cuatrocientos cincuenta pesos 00/100 M.N.).

**Obtención de semillas.** Como apoyo a las especies pioneras de regeneración se pretende también dispersar en la superficie de cambio de uso de suelo, 10 kg de semillas por hectárea, lo que nos arroja un total de 35 kg por las 3.531 hectáreas que fueron afectadas hipotéticamente.

Entonces, considerando que la recolección de 1 kg de semillas implica un costo de \$50.00 (son cincuenta pesos M.N. 00/100), de acuerdo con experiencias previas en campo; entonces la obtención de los 35 kg que se requieren para dispersar en 3.531 hectáreas, nos da un costo total de \$1,750.00 (son mil setecientos cincuenta pesos 00/100 M.N.).

**Dispersión de semillas al voleo.** La dispersión de semillas al voleo en la superficie de cambio de uso de suelo, requiere de la contratación de jornaleros, cuyo costo por jornal (8 horas de trabajo) es de \$150.00 como se mencionó anteriormente; con rendimiento estimado es de 10 kilogramos por jornal (según experiencias previas en campo); por lo tanto, se requiere de 4 jornales para la dispersión de los 35 kg de semillas, lo que nos da un costo total de \$600.00 (ciento seiscientos pesos 00/100 M.N.) por éste concepto.

**Costo total.** En resumen, para llevar a cabo la plantación con el apoyo de dispersión de semillas; se estima un costo total de: **\$12,400.00** (son doce mil cuatrocientos pesos 00/100 M.N.).

#### 16.2.6. 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 en campo) y que en 15 años asciende a la cantidad de \$45,000.00 (son cuarenta y cinco mil pesos 00/100 M.N.).

### 16.2.7. Mantenimiento

El costo de mantenimiento del sitio reforestado, implica diferentes conceptos ligados a los procesos de restauración descritos en los apartados anteriores, como son: la obtención de plantas para reposición de plantas muertas; transporte de plantas para reposición de las muertas; replante de las plantas que murieron en la plantación inicial; y el deshierbe de la superficie restaurada.

Cabe mencionar que en el caso de la reposición de plantas muertas incluyendo todas las actividades involucradas, considera la reposición del 20% de las plantas sembradas en la plantación inicial, con un éxito de sobrevivencia del 80%.

Los costos estimados de mantenimiento se presentan en la siguiente tabla.

Actividad específica	Unidad de medida	Costo unitario (\$)	Cantidad requerida	Costo (\$)
Obtención de planta para reposición de plantas muertas	Planta	3.57	1501	5,358.57
Transporte de planta para reposición de plantas muertas	Viaje	600.00	1	600.00
Replante de plantas que murieron en la plantación inicial	Jornal	150.00	13	1,950.00
Deshierbe	Hectárea	40,000.00	3.531	141,240.00
			<b>Costo total</b>	<b>149,148.57</b>

Observaciones:

- 1501 plantas representa el 20% de la plantación inicial que es de 7505 plantas.
- Un camión de volteo transporta 9,240 plantas en una hora de viaje, con costo de \$600.00 por hora de renta.
- Un jornalero siembra 120 plantas en un jornal de trabajo, con costo de \$150.00 por jornal trabajado.
- Se requiere deshierbar 3.531 hectáreas cada 6 meses durante dos años, con un costo de \$10,000.00 por hectárea deshierbada en la localidad.

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 **\$149,148.57** (son ciento cuarenta y nueve mil, ciento cuarenta y ocho pesos 57/100 M.N.).

#### 16.2.8. Asesoría técnica

Nuestros costos de asesoría técnica para realizar la restauración del sitio, asciende a la cantidad de \$25,000.00 (son veinticinco mil pesos M.N. 00/100) por este concepto en una superficie equivalente a 3.531 hectáreas de CUSTF.

### 16.3. COSTO TOTAL DE LAS ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN

CONCEPTO	COSTO (\$)
Obtención del material vegetativo	26,792.85
Preparación y protección del terreno	107,317.50
Plantación	12,400.00
Protección	45,000.00
Mantenimiento	149,148.57
Asesoría técnica	25,000.00
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>365,658.92</b>

En resumen, el costo total de las actividades tendientes a promover la recuperación, conservación y protección de una superficie de 3.531 ha en un plazo de hasta 15 años, de acuerdo con los cálculos citados en los numerales anteriores, asciende a la cantidad de **\$365,658.92** (son trescientos sesenta y cinco mil, seiscientos cincuenta y ocho pesos 92/100 M.N.).



## EN SU CASO, LOS DEMÁS REQUISITOS QUE ESPECIFIQUEN LAS DISPOSICIONES APLICABLES

### 17.1. PLANES O PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO

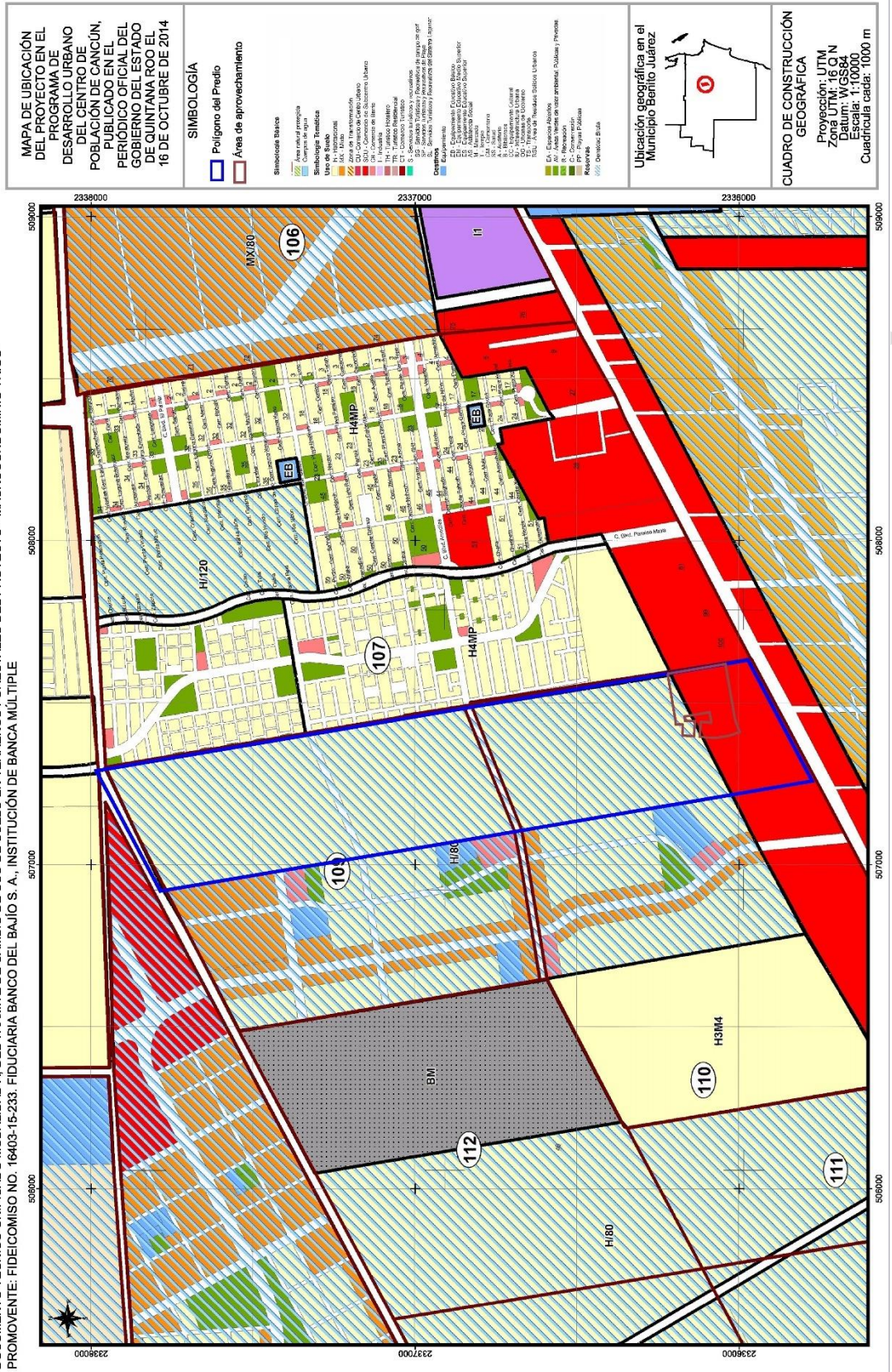
De acuerdo con el plano de la página siguiente, y conforme a la delimitación oficial de los diferentes instrumentos de planeación urbano que rigen a los municipios del Estado de Quintana Roo, se puede determinar que el predio del proyecto se ubica dentro del polígono regulado por el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Cancún, publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo el 16 de octubre del 2014.

Específicamente se ubica dentro del uso de suelo Habitacional y Subcentro urbano (ver plano de la página siguiente). De acuerdo con la "Tabla K.- Usos permitidos y prohibidos en Usos de Suelo" establecida en el instrumento de planeación urbana en comento, para el uso de suelo Habitacional, se permite el uso unifamiliar, multifamiliar, proyectos de conjunto y mixtos.

Considerando lo anterior, se asume que el proyecto se ajusta a lo establecido en el PDU de referencia, toda vez que el terreno forestal en estudio, estará destinado a la construcción de un fraccionamiento habitacional.

En relación a lo anterior, se hace de su conocimiento que el presente estudio sólo implica el cambio de uso del suelo a través de la remoción de vegetación forestal para destinarlo a actividades no forestales; por lo tanto, no se someten a evaluación las obras que se construirán a futuro, ni la operación de las mismas, ya que estas son competencia del Instituto de Impacto y Riesgo Ambiental (INIRA) del Estado de Quintana Roo, tal como lo marca el artículo 7, fracción X, del Reglamento de la Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo, en materia de impacto ambiental, el cual se cita como sigue:

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD A. DEL TRÁMITE DE CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO "MACROCONDominio TRIGO" PROMOVIENTE: FIDECOMISO NO. 16403-15-233. FIDUCIARIA BANCO DEL BAJÍO S. A., INSTITUCIÓN DE BANCA MÚLTIPLE



MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO EN EL PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DEL CENTRO DE POBLACIÓN DE CANCÚN, PUBLICADO EN EL PERIÓDICO OFICIAL DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE QUINTANA ROO EL 16 DE OCTUBRE DE 2014

**SIMBOLOGÍA**  
 Polígono del Predio  
 Área de aprovechamiento

- Simbología Básica**
- Área urbanizada
  - Área urbana
  - Simbología Topográfica
  - Uso de Suelo
  - U.S. 1. Urbano
  - U.S. 2. Suburbano
  - Zona de Transmisión
  - U.S. 3. Conurbado en Suburbio Urbano
  - U.S. 4. Suburbio
  - U.S. 5. Urbano Industrial
  - U.S. 6. Zona de Transmisión
  - U.S. 7. Zona de Transmisión
  - U.S. 8. Zona de Transmisión
  - U.S. 9. Zona de Transmisión
  - U.S. 10. Zona de Transmisión
  - U.S. 11. Zona de Transmisión
  - U.S. 12. Zona de Transmisión
  - U.S. 13. Zona de Transmisión
  - U.S. 14. Zona de Transmisión
  - U.S. 15. Zona de Transmisión
  - U.S. 16. Zona de Transmisión
  - U.S. 17. Zona de Transmisión
  - U.S. 18. Zona de Transmisión
  - U.S. 19. Zona de Transmisión
  - U.S. 20. Zona de Transmisión
  - U.S. 21. Zona de Transmisión
  - U.S. 22. Zona de Transmisión
  - U.S. 23. Zona de Transmisión
  - U.S. 24. Zona de Transmisión
  - U.S. 25. Zona de Transmisión
  - U.S. 26. Zona de Transmisión
  - U.S. 27. Zona de Transmisión
  - U.S. 28. Zona de Transmisión
  - U.S. 29. Zona de Transmisión
  - U.S. 30. Zona de Transmisión
  - U.S. 31. Zona de Transmisión
  - U.S. 32. Zona de Transmisión
  - U.S. 33. Zona de Transmisión
  - U.S. 34. Zona de Transmisión
  - U.S. 35. Zona de Transmisión
  - U.S. 36. Zona de Transmisión
  - U.S. 37. Zona de Transmisión
  - U.S. 38. Zona de Transmisión
  - U.S. 39. Zona de Transmisión
  - U.S. 40. Zona de Transmisión
  - U.S. 41. Zona de Transmisión
  - U.S. 42. Zona de Transmisión
  - U.S. 43. Zona de Transmisión
  - U.S. 44. Zona de Transmisión
  - U.S. 45. Zona de Transmisión
  - U.S. 46. Zona de Transmisión
  - U.S. 47. Zona de Transmisión
  - U.S. 48. Zona de Transmisión
  - U.S. 49. Zona de Transmisión
  - U.S. 50. Zona de Transmisión
  - U.S. 51. Zona de Transmisión
  - U.S. 52. Zona de Transmisión
  - U.S. 53. Zona de Transmisión
  - U.S. 54. Zona de Transmisión
  - U.S. 55. Zona de Transmisión
  - U.S. 56. Zona de Transmisión
  - U.S. 57. Zona de Transmisión
  - U.S. 58. Zona de Transmisión
  - U.S. 59. Zona de Transmisión
  - U.S. 60. Zona de Transmisión
  - U.S. 61. Zona de Transmisión
  - U.S. 62. Zona de Transmisión
  - U.S. 63. Zona de Transmisión
  - U.S. 64. Zona de Transmisión
  - U.S. 65. Zona de Transmisión
  - U.S. 66. Zona de Transmisión
  - U.S. 67. Zona de Transmisión
  - U.S. 68. Zona de Transmisión
  - U.S. 69. Zona de Transmisión
  - U.S. 70. Zona de Transmisión
  - U.S. 71. Zona de Transmisión
  - U.S. 72. Zona de Transmisión
  - U.S. 73. Zona de Transmisión
  - U.S. 74. Zona de Transmisión
  - U.S. 75. Zona de Transmisión
  - U.S. 76. Zona de Transmisión
  - U.S. 77. Zona de Transmisión
  - U.S. 78. Zona de Transmisión
  - U.S. 79. Zona de Transmisión
  - U.S. 80. Zona de Transmisión
  - U.S. 81. Zona de Transmisión
  - U.S. 82. Zona de Transmisión
  - U.S. 83. Zona de Transmisión
  - U.S. 84. Zona de Transmisión
  - U.S. 85. Zona de Transmisión
  - U.S. 86. Zona de Transmisión
  - U.S. 87. Zona de Transmisión
  - U.S. 88. Zona de Transmisión
  - U.S. 89. Zona de Transmisión
  - U.S. 90. Zona de Transmisión
  - U.S. 91. Zona de Transmisión
  - U.S. 92. Zona de Transmisión
  - U.S. 93. Zona de Transmisión
  - U.S. 94. Zona de Transmisión
  - U.S. 95. Zona de Transmisión
  - U.S. 96. Zona de Transmisión
  - U.S. 97. Zona de Transmisión
  - U.S. 98. Zona de Transmisión
  - U.S. 99. Zona de Transmisión
  - U.S. 100. Zona de Transmisión

**Ubicación geográfica en el Municipio Benito Juárez**

**CUADRO DE CONSTRUCCIÓN GEOGRÁFICA**  
 Proyección: UTM  
 Zona UTM: 16 Q N  
 Datum: WGS84  
 Escala: 1:10000  
 Cuadrícula cada: 1000 m



*"Artículo 7.- La realización de las siguientes obras o actividades, se sujetarán al procedimiento de evaluación en materia de Impacto Ambiental, mismo que será autorizado por la Secretaría a través del Instituto:*

...

*X.- Fraccionamientos y unidades habitacionales, desarrollos inmobiliarios que no se encuentren en ecosistemas costeros y nuevos centros de población;"*

## **17.2. NORMAS OFICIALES MEXICANAS**

### **17.2.1. 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.

### **17.3. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS**

De acuerdo con el plano de la página siguiente, se advierte que el predio del proyecto se ubica fuera de los polígonos oficialmente decretado de las Áreas Naturales Protegidas, sean Federales, Estatales o Municipales.

### **17.4. REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS**

De acuerdo con el plano de la página 447 del presente capítulo, se advierte que el predio del proyecto se ubica fuera de los polígonos oficialmente decretado de las Regiones Terrestres Prioritarias.

### **17.5. ÁREAS DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES**

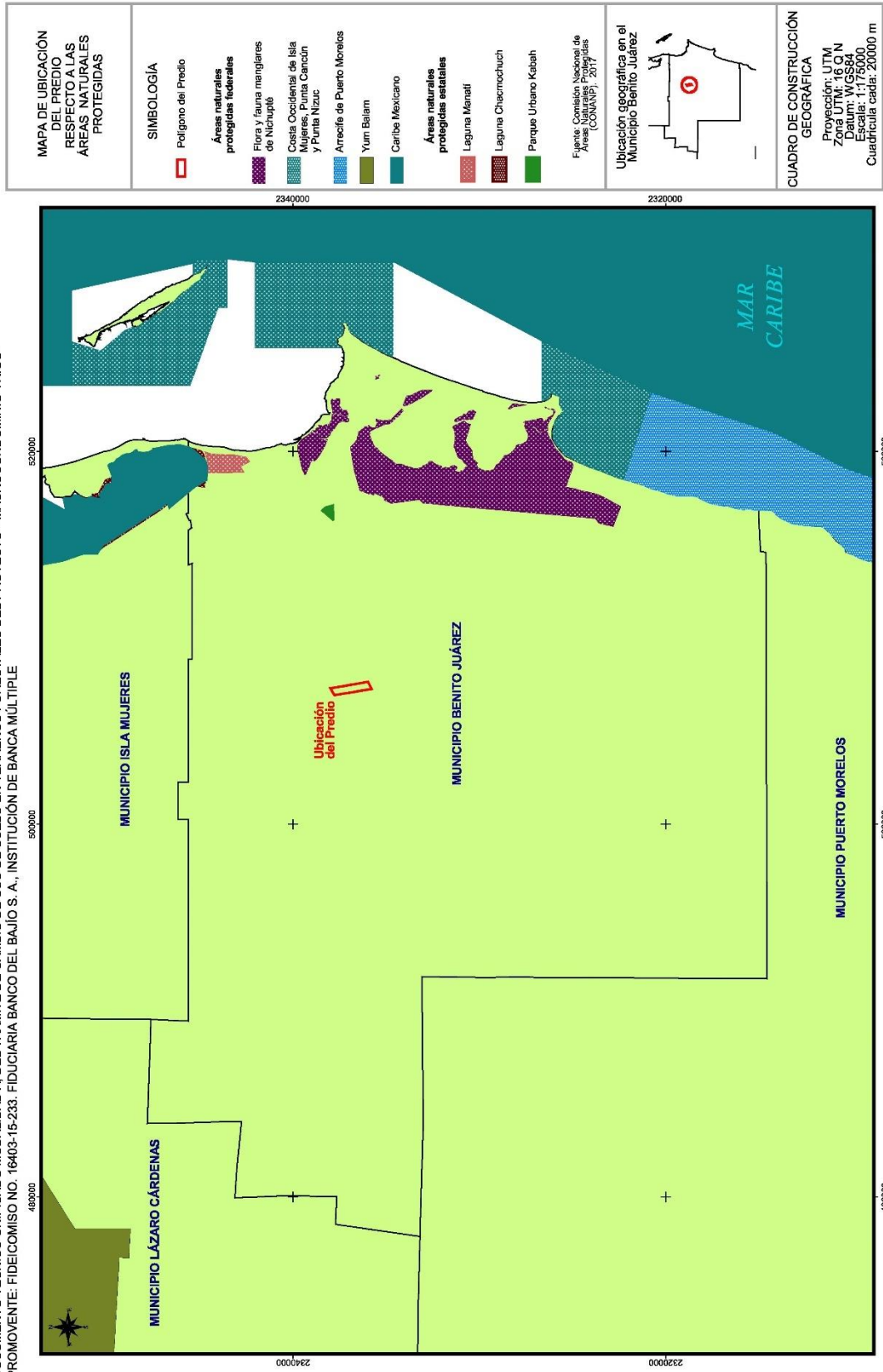
De acuerdo con el plano de la página 448 del presente capítulo, se advierte que el predio del proyecto se ubica fuera de los polígonos oficialmente decretado de las Áreas de importancia para la conservación de las aves.

### **17.6. REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS**

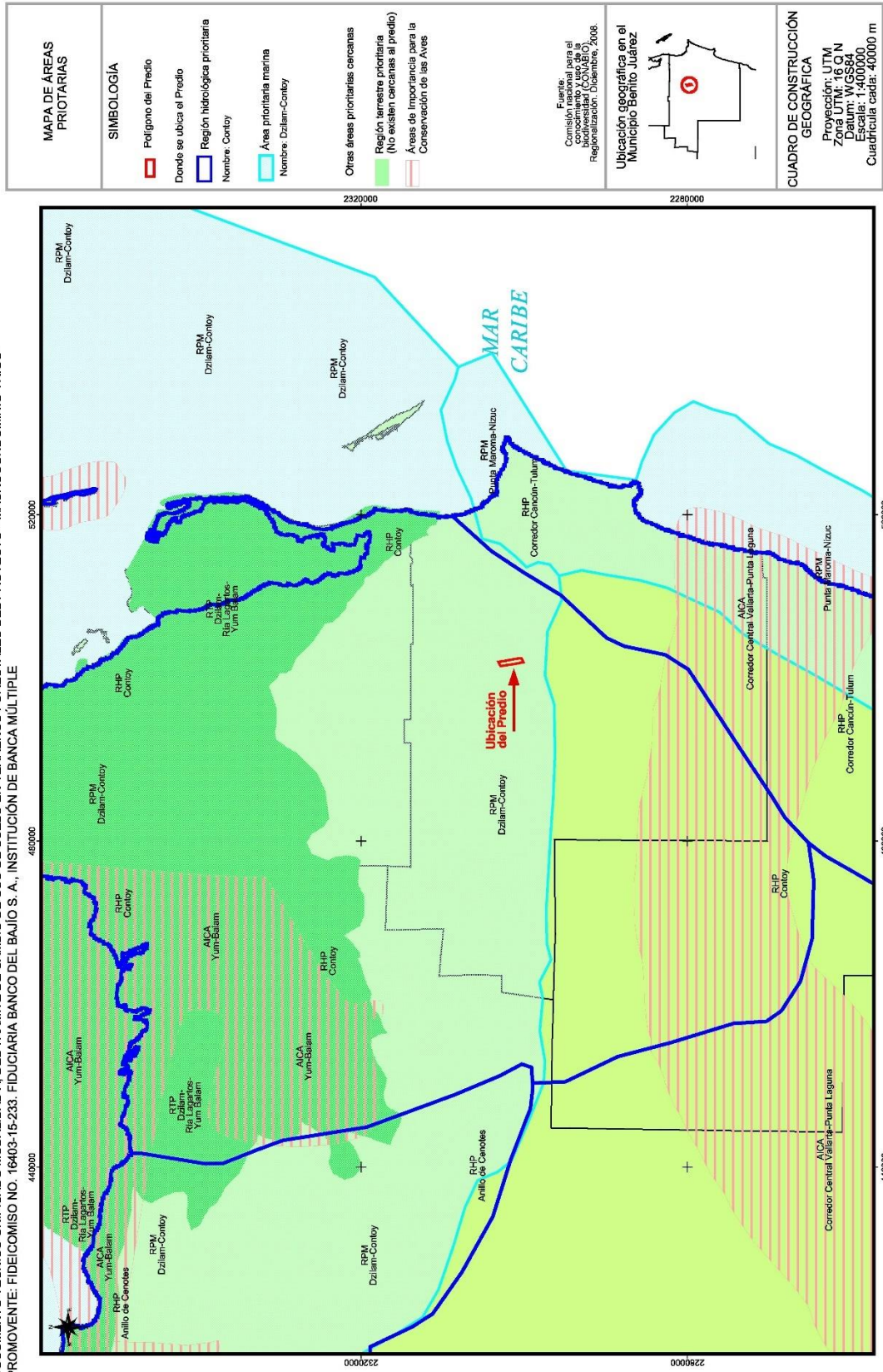
De acuerdo con el plano de la página 448 del presente capítulo, se advierte que el predio del proyecto se ubica dentro del polígono oficialmente decretado de la Región Hidrológica Prioritaria 103 Contoy.

Entre la problemática que acontece en esta RHP, se ha detectado la modificación del entorno por asentamientos irregulares, sobrepastoreo por ganado. Zona fuertemente perturbada por ciclones, quemas no controladas, explotación forestal y pesca sin manejo adecuado. Amenazada fuertemente por crecimiento urbano y construcción de caminos. Introducción de fauna exótica a la isla de Contoy.

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD A. DEL TRÁMITE DE CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO "MACROCONDominio TRIGO"  
 PROMOVIENTE: FIDECOMISO NO. 16403-15-233. FIDUCIARIA BANCO DEL BAJÍO S. A., INSTITUCIÓN DE BANCA MÚLTIPLE



DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD A. DEL TRÁMITE DE CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES DEL PROYECTO "MACROCONDominio TRIGO" PROMOVIENTE: FIDECOMISO NO. 16403-15-233. FIDUCIARIA BANCO DEL BAJÍO S. A., INSTITUCIÓN DE BANCA MÚLTIPLE





A pesar de que el cambio de uso de suelo propuesto ocasiona la modificación del entorno, es importante mencionar que el terreno forestal se encuentra inmerso dentro de la mancha urbana de la ciudad de Cancún, es decir, ya forma parte de un asentamiento humano. El proyecto no contempla actividades de ganadería, explotación forestal o pesca; ni mucho menos promueve o contempla la introducción o manejo de especies exóticas; por lo que no contribuye a la problemática detectada.

### **17.7. REGIONES MARINAS PRIORITARIAS**

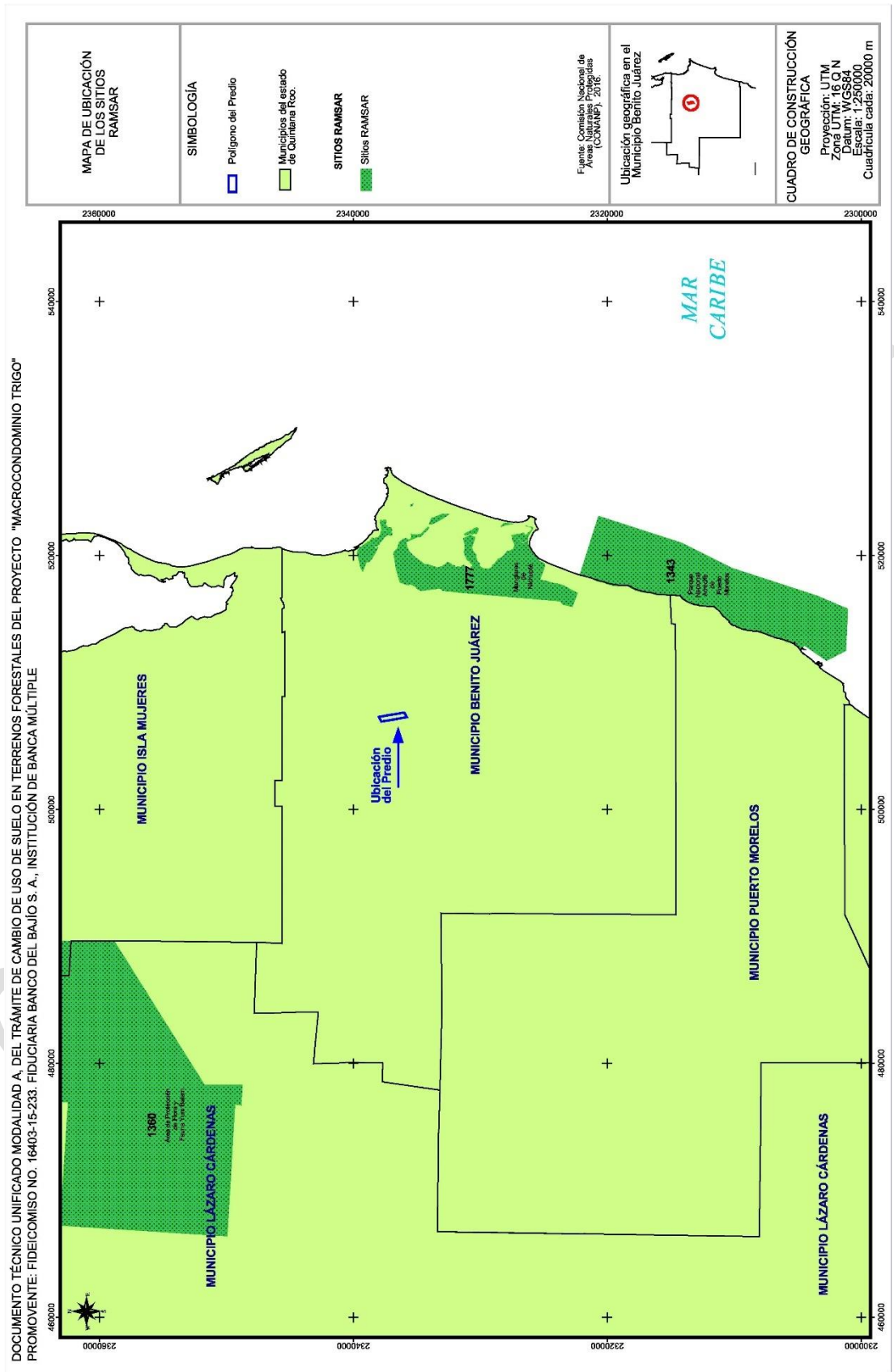
De acuerdo con el plano de la página 448 del presente capítulo, se advierte que el predio del proyecto se ubica dentro del polígono oficialmente decretado de la Región Marina Prioritaria 62 denominada "DZILAM-CONTOY".

Entre la problemática detectada en esta RMP, se tiene la modificación del entorno por fractura de arrecifes, remoción de pastos marinos y dragado; la contaminación en los muelles y puertos, por petróleo, embarcaciones pesqueras, turísticas y de carga; y finalmente el uso de recursos que derivan en la presión sobre las langostas y el caracol rosado. Hay pesca ilegal, arrastres, trampas no selectivas y colecta de especies exóticas.

Al respecto es importante mencionar que el proyecto no incluye ni se realizará sobre zonas arrecifales; no implica la remoción de pastos marinos y dragado, pues no se realizará en el área marina o zonas inundables; y finalmente se tiene que el proyecto no se relaciona con actividades en muelles y puertos, que impliquen la contaminación por petróleo, embarcaciones pesqueras, turísticas y de carga; ni mucho menos implica el uso de recursos que deriven en la presión sobre las langostas y el caracol rosado. No se realizarán actividades de pesca, arrastres, trampas no selectivas o colecta de especies exóticas.

### **17.8. SITIOS RAMSAR**

De acuerdo con el plano de la página siguiente del presente capítulo, se advierte que el predio del proyecto se ubica dentro de los polígonos oficialmente decretados de los sitios Ramsar.



## IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO

Bajo protesta de decir verdad, se declara que los resultados presentados en el Documento Técnico Unificado Modalidad A, se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, la cual se describe en los siguientes apartados:

### 18.1. FORMATOS DE PRESENTACIÓN

Para la elaboración del presente estudio se utilizaron diversos equipos y materiales de última generación, para obtener resultados confiables y fidedignos, los cuales se enuncian a continuación:

#### 18.1.1. Planos georreferenciados

Para la elaboración de los diversos planos presentados en los capítulos que integran éste estudio, se utilizaron los programas **Quantum GIS (1.6.0 "Copiapó")** y **AutoCAD 2015**; cuyas coordenadas se encuentran proyectadas en unidades UTM (Universal Transversal de Mercator), que a su vez se encuentran referidas al Datum WGS 84, dentro de la Zona 16Q, Norte, de la República Mexicana. De igual manera se utilizaron los datos vectoriales del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) y de la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), a escalas 1:1000000 y 1:250000.

#### 18.1.2. Planos arquitectónicos

Los planos arquitectónicos que ilustran las áreas de aprovechamiento del proyecto, así como el desplante de las obras, fueron realizados con base en el programa AutoCAD 2015.

### **18.1.3. Imágenes aéreas**

Las imágenes presentadas en los diversos capítulos que integran éste estudio, particularmente las satelitales, fueron obtenidas de imágenes Landsat, Ortofotos y del programa Google Earth (2016), con coordenadas proyectadas en unidades UTM (Universal Transversal de Mercator), que a su vez se encuentran referidas al Datum WGS 84, dentro de la Zona 16Q, Norte, que corresponde a la República Mexicana.

### **18.1.4. Fotografías**

Las fotos que enriquecen los textos descritos en el presente manifiesto, fueron tomadas a través de una cámara digital marca Canon T3, con una resolución máxima de 12 megapíxeles efectivos.

### **18.1.5. Imágenes gráficas**

Las imágenes que se presentan en los capítulos de este estudio (no imágenes satelitales, ni fotografías), fueron tomadas directamente de la red de internet.

### **18.1.6. Coordenadas**

Todas las coordenadas presentadas en los diversos capítulos que integran el presente documento, fueron recabadas a través de un geoposicionador satelital (GPS) de la marca Garmin, modelo 64s map. Las coordenadas se presentan con proyección en unidades UTM (Universal Transversal de Mercator), que a su vez se encuentran referidas al Datum WGS84, dentro de la Zona 16Q, Norte, que corresponde a la República Mexicana.

## 18.2. BIBLIOGRAFÍA

- ▶ Arriaga Cabrera, L., V. Aguilar Sierra, J. Alcocer Durand, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, E. Vázquez Domínguez (coords.). 1998. Regiones hidrológicas prioritarias. Escala de trabajo 1:4 000 000. 2ª. edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- ▶ Arriaga Cabrera, L., E. Vázquez Domínguez, J. González Cano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, V. Aguilar Sierra (coordinadores). 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- ▶ Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Escala de trabajo 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- ▶ Arellano Rodríguez, J. Alberto, J. Salvador Flores Guido, J. Tun Garrido y Ma. Mercedes Cruz Bojórquez. 2003. Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo y distribución de las especies vegetales de la Península de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida.
- ▶ Diario Oficial de la Federación. 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- ▶ Diario Oficial de la Federación. 2000. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.
- ▶ Diario Oficial de la Federación. 2003. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

- ▶ Diario Oficial de la Federación. 2005. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
- ▶ Diario Oficial de la Federación. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.
- ▶ Diario Oficial de la Federación. 2010. Acuerdo por el que se expiden los lineamientos y procedimientos para solicitar en un trámite único ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales las autorizaciones en materia de impacto ambiental y en materia forestal que se indican y se asignan las atribuciones correspondientes en los servidores públicos que se señalan.
- ▶ Gómez Orea, D. 2002. Evaluación de Impacto Ambiental. 2ª Edición. Editorial Mundi-Prensa libros, S.A. 750 pp.
- ▶ Juan M. Torres, R. y Alejandro Guevara, S. 2002. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología.
- ▶ Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- ▶ Navarro S., A. AICA: C-26, Omiltemi. En: Benítez, H., C. Arizmendi y L. Márquez. 1999. Base de Datos de las AICAS. CIPAMEX, CONABIO, FMCN, y CCA. (<http://www.conabio.gob.mx> .México).
- ▶ Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-011-CNA-2000. "Conservación del Recurso Agua – Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales".



- ▶ Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. 2014. Decreto mediante el cual se actualiza el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.
- ▶ Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. 2014. Programa de Desarrollo Urbano del centro de población de Cancún.
- ▶ Ricardo O, Russo. 2009. Guía práctica para la medición de la captura de carbono en la biomasa forestal. Universidad Earth Unidad de carbono neutro.
- ▶ Rodríguez, P. y E. Vázquez-Domínguez. 2003. Escala y diversidad de especies. In: Monroe, J.J. y J. Llorente B. (eds.). Una perspectiva Latinoamericana de la biogeografía. Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 109-114 pp

### 18.3. PÁGINAS ELECTRÓNICAS CONSULTADAS

- ▶ <http://www.conabio.gob.mx>
- ▶ <http://www.conanp.gob.mx>
- ▶ <http://www.conafor.gob.mx>
- ▶ <http://www.cronchoil.com>
- ▶ <http://www.ine.gob.mx>
- ▶ <http://www.inegi.gob.mx>
- ▶ <http://www.semarnat.gob.mx>