

# SEMARNAT

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES



## AL PÚBLICO EN GENERAL

EL CONTENIDO DE ESTE ARCHIVO NO PODRÁ SER ALTERADO O MODIFICADO TOTAL O PARCIALMENTE, TODA VEZ QUE PUEDE CONSTITUIR EL DELITO DE FALSIFICACIÓN DE DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD CON EL ARTÍCULO 244, FRACCIÓN III DEL CÓDIGO PENAL FEDERAL, QUE PUEDE DAR LUGAR A UNA SANCIÓN DE **PENA PRIVATIVA DE LA LIBERTAD** DE SEIS MESES A CINCO AÑOS Y DE CIENTO OCHENTA A TRESCIENTOS SESENTA DÍAS MULTA.

DIRECCIÓN GENERAL DE  
IMPACTO Y RIESGO  
AMBIENTAL

# CAPÍTULO I

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



## Contenido

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO .....	4
I.1. Nombre del proyecto.....	4
I.2. Ubicación del proyecto .....	4
I.3. Duración del proyecto .....	9
I.4. Datos generales del promovente .....	9
I.4.1. Nombre o razón social.....	9
I.4.2. Registro federal de contribuyente .....	9
I.4.3. Nombre y cargo del representante legal.....	9
I.4.4. Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones. ....	9
I.5. Nombre del consultor que elaboro el estudio.....	9
I.5.1. Dirección del responsable técnico del documento .....	9
I.6. Datos de inscripción en el registro de la persona que haya formulado el estudio	10
I.7. Colaboradores en la elaboración del estudio técnico justificativo.....	10

## Figuras

Figura I.1. Ubicación del proyecto dentro del estado de Yucatán. ....	4
Figura I.2. Ubicación del proyecto en los municipios de Muna, Sacalum y Ticul, estado de Yucatán. ....	5

## Tablas

Tabla 1. Polígonos del proyecto. ....	6
Tabla 2. Entronques.....	7
Tabla 3 línea de transmisión.....	8
Tabla 4. Edificio de operación y mantenimiento.....	8
Tabla 5. Subestación eléctrica elevadora. ....	8

## I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO

### I.1. Nombre del proyecto

TICUL A

### I.2. Ubicación del proyecto

El proyecto se ubicará en los municipios de Muna, Sacalum y Ticul, estado de Yucatán, como se muestra en las siguientes figuras.

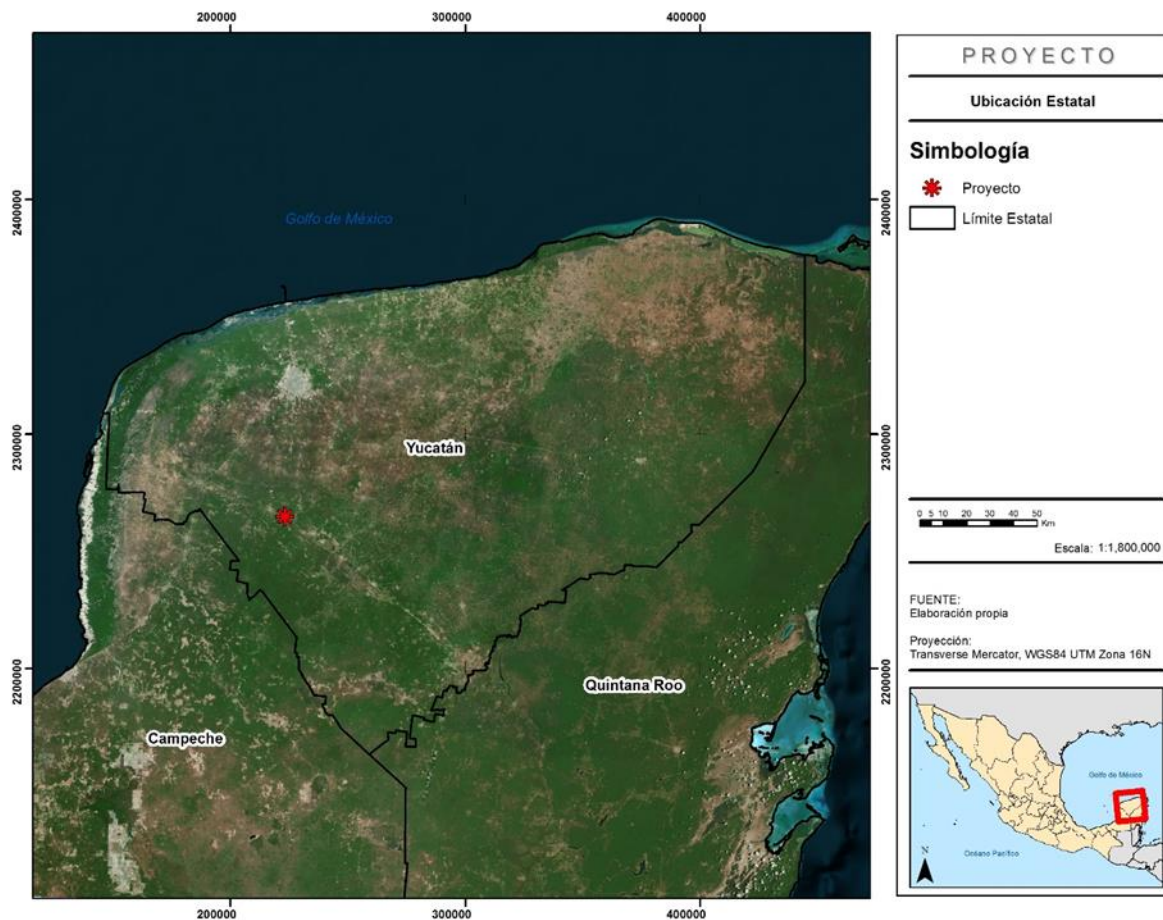


Figura I.1. Ubicación del proyecto dentro del estado de Yucatán.

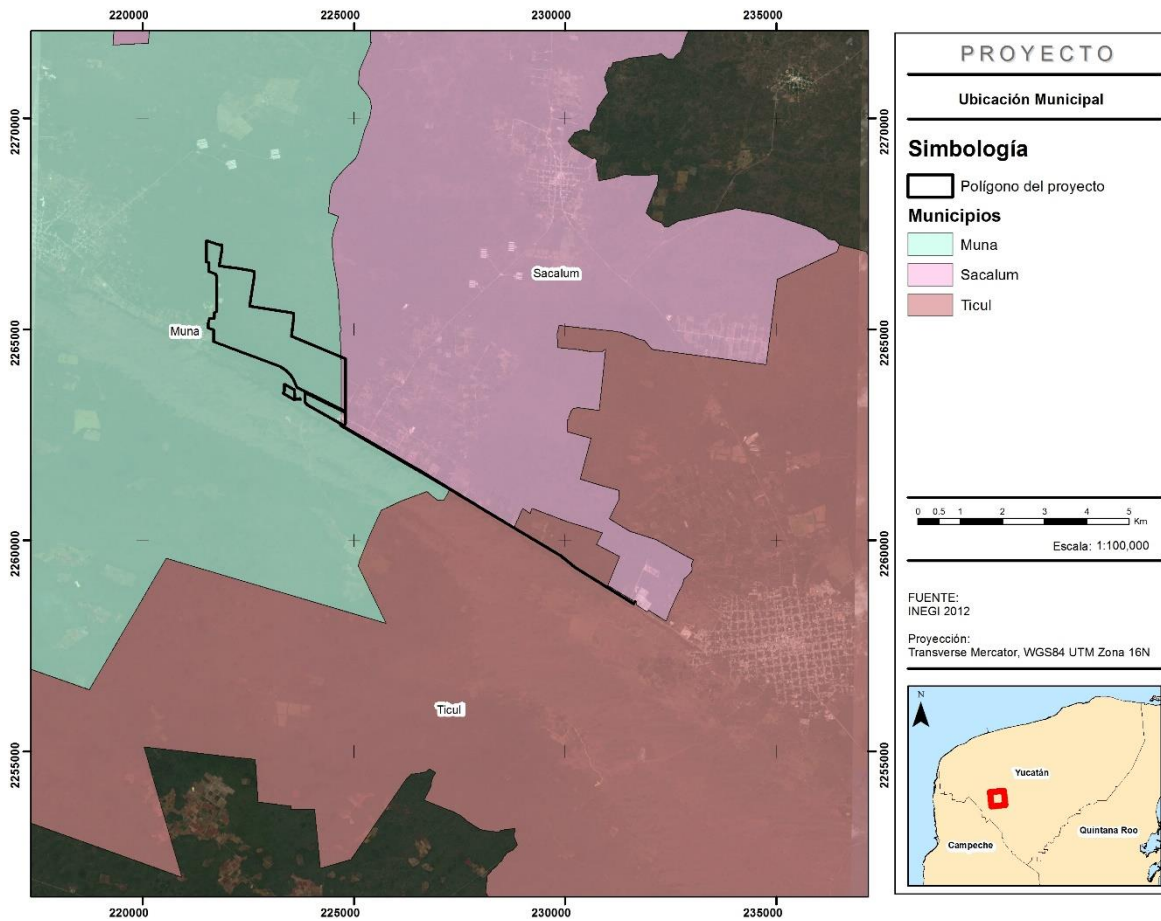


Figura I.2. Ubicación del proyecto en los municipios de Muna, Sacalum y Ticul, estado de Yucatán.

Las coordenadas, en UTM, de los vértices de los polígonos del proyecto y de las obras que lo integran se incluyen en las siguientes tablas:

**Tabla 1. Coordenadas del cercado de los 3 polígonos del proyecto.**

Cercado		
Vértice	X	Y
1	221,810.3781	2,266,501.9946
2	221,965.9783	2,266,481.1075
3	222,243.4253	2,266,441.6054
4	222,555.0540	2,266,397.0274
5	222,634.9546	2,266,369.6317
6	222,634.9546	2,266,248.0732
7	222,524.2616	2,265,542.0845
8	223,501.7765	2,265,396.5323
9	223,566.8289	2,265,372.7458
10	223,566.8289	2,265,250.7661
11	223,515.0099	2,264,834.2415
12	224,794.9176	2,264,298.1836
13	224,794.9176	2,263,067.2150
14	224,768.8904	2,263,067.2150
15	223,642.8793	2,263,627.8253
16	223,567.2188	2,263,799.5728
17	223,486.9486	2,263,929.0095
18	223,378.0376	2,264,034.7836
19	223,254.1940	2,264,117.0648
20	221,671.2543	2,264,711.4621
21	221,671.2543	2,264,983.9621
22	221,543.8463	2,265,029.6486
23	221,543.8463	2,265,136.6455
24	221,576.1869	2,265,259.9266
25	221,691.0564	2,265,259.9266
26	221,691.0564	2,265,375.3266
27	221,743.0151	2,265,427.7549
28	221,743.0151	2,266,247.2325
29	221,721.7734	2,266,310.9874
30	221,563.9151	2,266,366.6471
31	221,563.9151	2,266,577.4471
32	221,504.2151	2,266,598.8546
33	221,504.2151	2,267,086.2797
34	221,517.2500	2,267,096.6501
35	221,795.8500	2,266,999.0330

Cercado		
Vértice	X	Y
36	221,865.5500	2,266,999.0465
37	221,865.5500	2,266,849.2822

Cercado polígono		
Vértice	X	Y
1	223,892.2516	2,263,208.8726
2	223,836.3733	2,263,265.2902
3	223,836.3733	2,263,490.8464
4	223,858.4850	2,263,490.8766
5	224,794.6851	2,263,029.2400
6	224,794.6851	2,262,762.8017
7	224,764.2191	2,262,710.7337
8	224,653.3958	2,262,774.5517

Cercado polígono		
Vértice	X	Y
1	223,322.1645	2,263,480.5570
2	223,346.8601	2,263,524.6864
3	223,346.8601	2,263,692.7864
4	223,366.8101	2,263,692.7864
5	223,583.8578	2,263,568.4065
6	223,595.7101	2,263,457.9688
7	223,595.7101	2,263,330.4451
8	223,580.8675	2,263,330.4451

**Tabla 2. Coordenadas de los 2 entronques del proyecto.**

Entronques		
Vértice	X	Y
1	223,595.7101	2,263,341.0965
2	223,595.7101	2,263,344.7541
3	223,696.9352	2,263,344.7541
4	223,699.2872	2,263,344.9573
5	223,701.5695	2,263,345.5608
6	223,703.7145	2,263,346.5466
7	223,705.6587	2,263,347.8858
8	223,707.3445	2,263,349.5384
9	223,708.7219	2,263,351.4557
10	223,709.7502	2,263,353.5808
11	223,710.3988	2,263,355.8507
12	223,710.6485	2,263,358.1982
13	223,710.4920	2,263,360.5537
14	223,709.9339	2,263,362.8476
15	223,708.9907	2,263,365.0117
16	223,727.3142	2,263,334.8571
17	223,725.9233	2,263,336.6516
18	223,724.2555	2,263,338.1920
19	223,722.3565	2,263,339.4362
20	223,720.2782	2,263,340.3501
21	223,718.0776	2,263,340.9086
22	223,715.8151	2,263,341.0965

Entronques		
Vértice	X	Y
1	224,739.9502	2,262,724.7090
2	224,735.0342	2,262,716.0953
3	224,733.5061	2,262,712.8499
4	224,732.5044	2,262,709.4054
5	224,732.0540	2,262,705.8467
6	224,732.1658	2,262,702.2613
7	224,732.8371	2,262,698.7375
8	224,734.0513	2,262,695.3621
9	224,735.7787	2,262,692.2182
10	224,737.9766	2,262,689.3833
11	224,740.5909	2,262,686.9271
12	224,743.5573	2,262,684.9101
13	224,698.5546	2,262,710.5938
14	224,701.7999	2,262,709.0657
15	224,705.2444	2,262,708.0640
16	224,708.8032	2,262,707.6136
17	224,712.3886	2,262,707.7254
18	224,715.9123	2,262,708.3967
19	224,719.2877	2,262,709.6110
20	224,722.4316	2,262,711.3383
21	224,725.2665	2,262,713.5362
22	224,727.7227	2,262,716.1505
23	224,729.7397	2,262,719.1169
24	224,734.6666	2,262,727.7516



**Tabla 3 Coordenadas de la línea de transmisión.**

Línea de transmisión		
PT INFLEXIÓN	X	Y
1	224,696.7085	2,262,761.1557
2	224,677.6027	2,262,728.3039
3	226,594.7042	2,261,621.2112
4	228,218.7252	2,260,637.5649
5	229,903.8381	2,259,624.9211
6	230,232.1719	2,259,359.0241
7	231,617.7920	2,258,491.9729
8	231,652.9037	2,258,553.3086

**Tabla 4. Coordenadas del edificio de operación y mantenimiento.**

Edificio de operación y mantenimiento		
Vértice	X	Y
1	224,760.7676	2,262,744.5493
2	224,768.6917	2,262,739.9863
3	224,761.0867	2,262,726.7795
4	224,753.1626	2,262,731.3425
1	224,760.7676	2,262,744.5493

**Tabla 5. Coordenadas de la subestación eléctrica elevadora.**

Subestación		
Vértice	X	Y
1	224,701.9839	2,262,838.8884
2	224,762.6449	2,262,803.9565
3	224,727.7130	2,262,743.2954
4	224,667.0519	2,262,778.2273
1	224,701.9839	2,262,838.8884

### **I.3. Duración del proyecto**

Se considera una vida útil del proyecto de 40 años.

### **I.4. Datos generales del promovente**

#### **I.4.1. Nombre o razón social**

Vega Solar 1 Sociedad Anónima Promotora de Inversión de Capital Variable.

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

VSU150410BHO

#### **I.4.3. Nombre y cargo del representante legal**

C. María Alexandra Sibaja Chiu

Se presenta la documentación legal correspondiente.

#### **I.4.4. Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones.**

Paseo de Las Palmas 405, of. 102, Lomas de Chapultepec, México, D.F.

### **I.5. Responsable de la elaboración del Documento Técnico Unificado**

Martín José de la Cruz Quijano Poumián.

Cédula profesional: XXXXXXXXXX

#### **I.5.1. Dirección del responsable técnico del documento**

XXXXXXXXXX

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

**I.6. Datos de inscripción en el registro de la persona que haya formulado el estudio técnico**

Nombre: Consultoría Ambiental Bosque y Selvas de Oaxaca S. C.  
Apoderada legal: Yuricelda Salinas Morales  
Registro Nacional forestal: Inscrito en Cédula fechada el 21 de mayo de 2012, integrada al Libro OAX, Tipo VI, Volumen 3, Número 13, Año 12

**Dirección general**

Nombre: Ulises Reynosa Guerrero  
R. F. C.: [REDACTED]  
CURP: [REDACTED]  
Cédula profesional: [REDACTED]

**I.7. Colaboradores en la elaboración del estudio técnico justificativo**

Eugenio Reynosa Guerrero      Ing. Químico

Ulises Reynosa Guerrero	Lic. Biología
Martha Elena Huerta Chávez	Lic. Biología
Rosalba López Gonzáles	Lic. Biología
Diana Luis Hernández	Lic. Biología
Teresa Mijangos Arrazola	Lic. Biología
Andrés García Guzmán	Lic. Ambiental
Cuauhtémoc Aparicio Cid	Biólogo Marino

# CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO.



## Contenido

II.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	6
II.1.	INTRODUCCIÓN .....	6
II.2.	Información general del proyecto.....	6
II.3.	Naturaleza del proyecto.....	7
II.4.	Objetivo del proyecto.....	7
II.5.	Ubicación física.....	7
II.6.	Inversión requerida .....	10
II.7.	Característica particulares del proyecto .....	10
a)	Paneles fotovoltaicos.....	11
b)	Subestación Eléctrica elevadora .....	11
c)	Línea eléctrica de transmisión (LT) .....	11
d)	Red de caminos.....	12
e)	Red de conducción de energía (zanjas) .....	13
f)	Edificio de operación y mantenimiento .....	13
II.8.	Obras provisionales.....	13
II.9.	Dimensiones del proyecto .....	15
II.10.	Programa de trabajo .....	17
II.11.	Preparación del sitio .....	18
II.12.	Construcción.....	21
a)	Cercado perimetral .....	21
b)	Estructuras metálicas de soporte (trackers).....	21
c)	Red de caminos internos .....	22
d)	Red de conducción de energía (zanjas) .....	23
e)	Subestación eléctrica elevadora .....	23
f)	Línea eléctrica de transmisión (LT) .....	23
g)	Edificio de operación y mantenimiento .....	24
II.13.	Pre-operación.....	25

---

II.14.	Operación.....	25
II.15.	Mantenimiento .....	27
II.16.	Desmantelamiento.....	29
II.17.	Requerimientos de personal e insumos.....	31
II.18.	Residuos a generar por el proyecto .....	33
II.18.1.	Aguas residuales.....	33
II.19.	Emisiones a la atmosfera .....	33
II.19.1.	Emisiones de ruido .....	34
II.20.	Generación y manejo de residuos .....	34
II.21.	Estimación del volumen por especie de materias primas forestales derivadas del cambio de uso de suelo .....	37
II.21.1.	Toma de datos en los sitios de muestreo.....	43
II.21.2.	Estimación del volumen por especie por predio.....	44
II.21.3.	Procedimiento para la estimación de volúmenes.....	45
II.21.4.	Volumen total por especie .....	48
II.22.	Estimación económica de los recursos biológicos forestales del área sujeta al cambio de uso de suelo. ....	52
II.22.1.	Valor económico maderable .....	52
II.22.2.	Valor económico de la fauna.....	55
II.22.3.	Valor de la captura de carbono .....	59
II.22.4.	Estimación económica de los recursos hidrológicos.....	63
II.22.5.	Análisis de beneficios por mantener una cubierta forestal .....	66

## Figuras

Figura.II.1	Ubicación del proyecto dentro del estado de Yucatán. ....	8
Figura II.2	Ubicación del proyecto en los municipios de Muna, Sacalum y Ticul, estado de Yucatán. ....	9
Figura II.3.	Accesos al polígono del proyecto. ....	10

Figura II.4 Distribución de obras permanentes del proyecto.....	14
Figura II.5 Trazo propuesto de las zanjas .....	15
Figura II.6 Actividades consideradas para el desmonte.....	19
Figura II.7 Clasificación de los posibles materiales de corte.....	20
Figura II.8. Estructuras de soporte (trackers).....	22
Figura II.9 Colocación del poste en la base placa de acero.....	24
Figura II.10 Operación del proyecto.....	26
Figura II.11 Referencia del método de limpieza de los paneles fotovoltaicos.....	27
Figura II.12 Forma y tamaño de los sitios de muestreo. Estrato arbóreo= 500 m <sup>2</sup> ; estrato arbustivo: 50 m <sup>2</sup> y estrato herbáceo= 1 m <sup>2</sup> .....	38
Figura II.13 Distribución de los sitios para muestreo de flora silvestre en el polígono del Proyecto "Fotovoltaico Ticul".....	41
Figura II.14 Representación gráfica del V.T.A. (m <sup>3</sup> ) a remover por especie en el polígono de CUSTF.....	51
Figura II.15 Representación gráfica de la valoración económica de los recursos biológico-forestales en el polígono de CUS.....	66

## Tablas

Tabla II.1 Superficie del proyecto.....	16
Tabla II.2 Superficie donde se desplantarán las obras.....	16
Tabla II.3. Superficie de CUSTF .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla II.4. Programa de trabajo del proyecto.....	17
Tabla II.5. Generación manejo y disposición de los residuos.....	36
Tabla II.6. Error e intensidad de muestreo obtenido por tipo de vegetación.....	40
Tabla II.7. Coordenadas de los sitios de muestreo para flora silvestre en el polígono del Proyecto "Fotovoltaico Ticul".....	41
Tabla II.8 Modelos logarítmicos utilizados para estimar el volumen de materia prima forestal.....	45



Tabla II.9 Volumen a remover por especie, por tipo de vegetación en cada uno el polígono de CUSTF.....	48
Tabla II.10 Clasificación de los productos forestales maderables.....	52
Tabla II.11 Valor económico de los recursos forestales maderables, en el polígono de CUSTF.....	53
Tabla II.12 Valoración económica de la fauna en el polígono de Cambio de uso de suelo. Los valores de número de organismos únicamente corresponden a los registros obtenidos directamente en campo. ....	57
Tabla II.13 Valor económico de la captura de carbono en el área del Proyecto. ....	63
Tabla II.14 Estimación de captura de agua en regiones forestales de Yucatán. ....	65
Tabla II.15 Valor económico del uso del agua (valor por cada m <sup>3</sup> ).....	65

## **II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### **II.1. INTRODUCCIÓN**

La energía solar fotovoltaica es la energía procedente del sol la cual es aprovechada como parte de una nueva producción de energía a partir de la instalación de plantas fotovoltaicas tanto en grandes instalaciones, como en generación distribuida; tan solo para el año 2014, se generaron alrededor de 200,00 GWh, donde los países que más aportaron fueron Alemania, China, Japón, Italia y Estados Unidos, que conjuntamente generaron dos terceras partes del total mundial (65.3%).

Mientras tanto en México la generación fotovoltaica es relativamente reciente y representa menos del 0.05 % de la generación mundial, no obstante la capacidad instalada y la generación de energía eléctrica a partir de energía solar se incrementó de 18.53 MW y 19.46 GWh en el año 2007 a 118 MW y 102.86 GWh en el año 2014<sup>1</sup>.

Sin embargo se prevé que para el año 2029, las centrales solares y proyectos geotermoeléctricos habrán adicionado una capacidad similar con 1,822 MW y 1,618 MW, respectivamente. Donde la energía solar concentrará las mayores adiciones de capacidad en el periodo 2021-2022, lo cual permitirá su crecimiento en el mercado internacional, así como su fortalecimiento en la industria nacional.

### **II.2. Información general del proyecto**

El desarrollo del proyecto TICUL A, en adelante referido como el proyecto, se llevará a cabo en dos fases, y consiste en la generación de energía eléctrica. En la primera fase se pretende alcanzar una potencia de 195.75 MW con 774,300 paneles fotovoltaicos instalados, y en la segunda fase (7 años posteriores al inicio de la primera) se adicionará una potencia de 11.25 MW con 44,500 paneles fotovoltaicos. Con el desarrollo de ambas

---

<sup>1</sup> Prospectiva de Energías Renovables 2015-2029\_SENER

fases, el proyecto considera una potencia total a generar de 207 MW empleando para ello 818,800 paneles fotovoltaicos, los cuales serán distribuidos en 3 polígonos, dentro de los cuales se incluirán, además de los paneles, redes de conducción de energía (zanjas), inversores de corriente, un edificio de operación y mantenimiento, una subestación eléctrica y una línea eléctrica de transmisión para conducir la energía generada hasta una subestación eléctrica existente, así como la instalación temporal de obras provisionales.

### **II.3. Naturaleza del proyecto**

El presente proyecto es relacionado con el sector eléctrico, principalmente por la generación, transmisión y distribución (suministro) de energía eléctrica a partir de paneles fotovoltaicos, los cuales ayudaran a minimizar los efectos del cambio climático y el agotamiento de los recursos naturales con el uso de nuevas fuentes de generación de energía eléctrica.

### **II.4. Objetivo del proyecto**

Como ya fue manifestado, el objetivo del proyecto es la generación de energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos, los cuales captarán la radiación solar.

### **II.5. Ubicación física**

El proyecto se localizará en los municipios de Muna, Sacalum y Ticul, en el estado de Yucatán, tal como se muestra en las siguientes figuras.

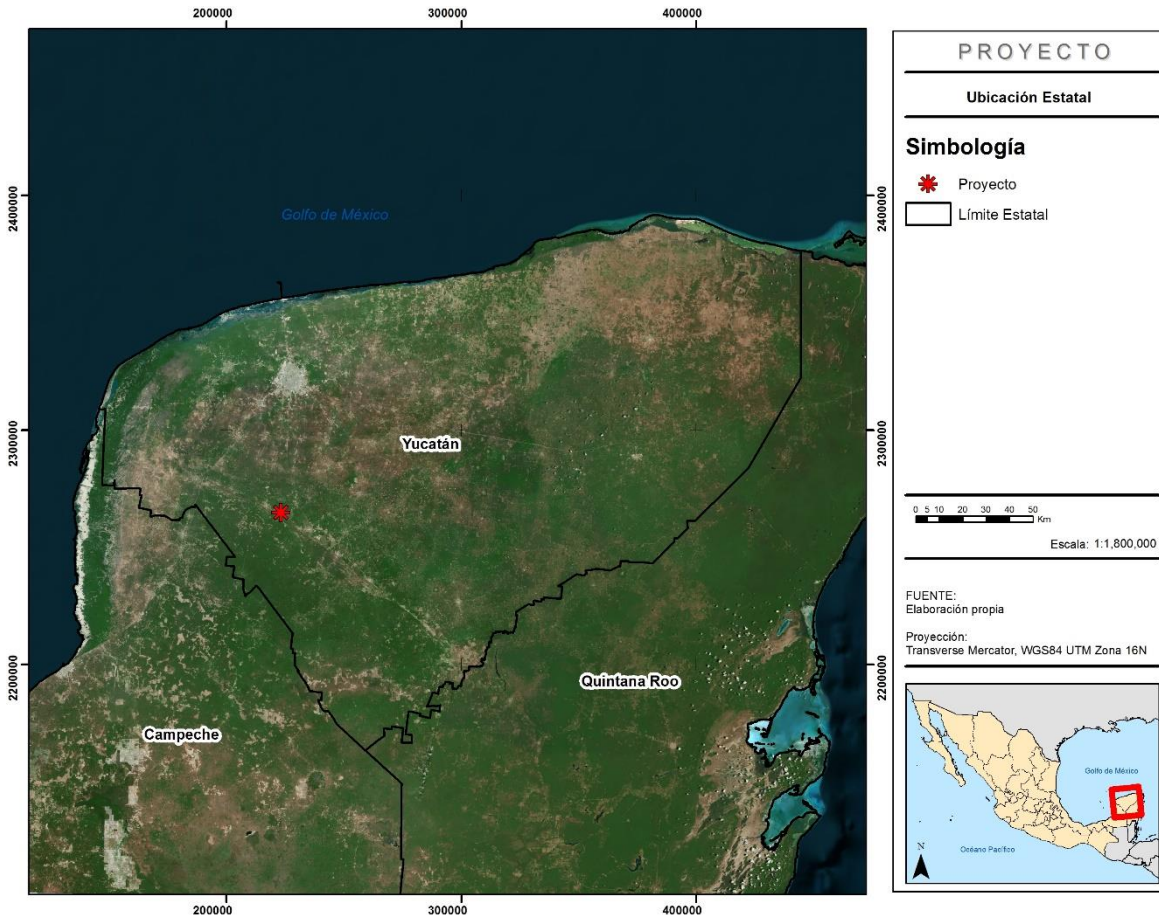


Figura.II.1 Ubicación del proyecto dentro del estado de Yucatán.

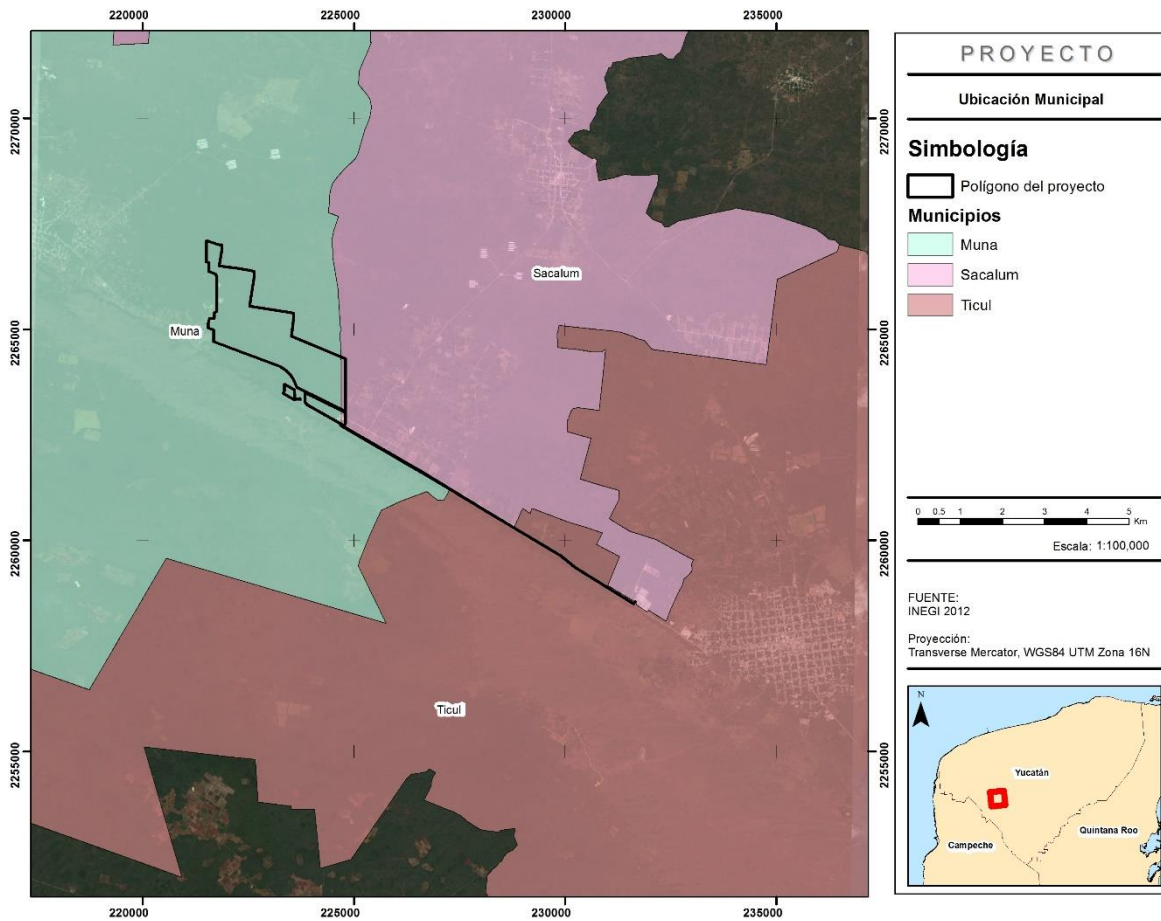


Figura II.2 Ubicación del proyecto en los municipios de Muna, Sacalum y Ticul, estado de Yucatán.

Las coordenadas, en UTM, del polígono del proyecto y de todas las obras se incluyen en el capítulo I.

Para acceder al área del proyecto se acondicionarán dos entronques (caminos de acceso) que se conectarán con la carretera federal No. 188 Muna-Ticul tal como se evidencia en la siguiente figura.

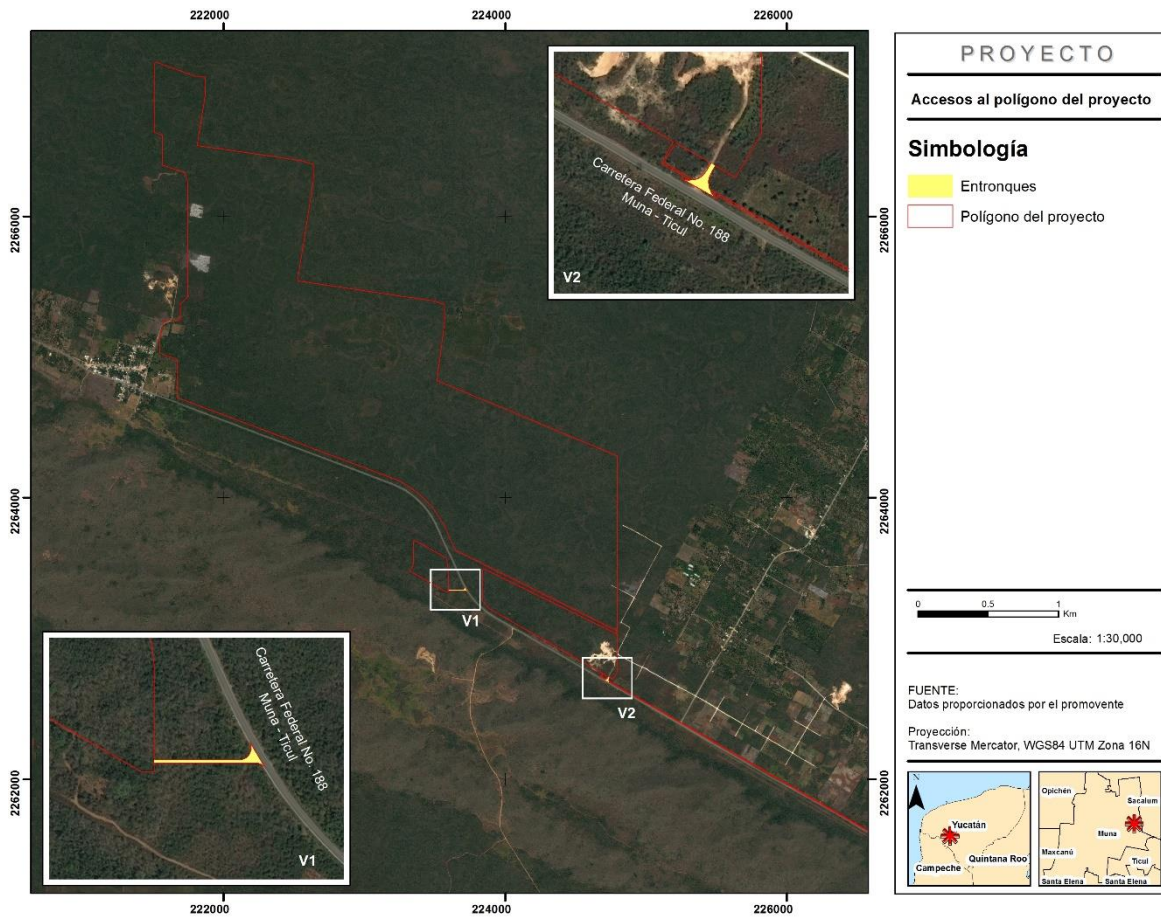


Figura II.3. Accesos al polígono del proyecto.

La descripción de los entronques se aborda más adelante.

## II.6. Inversión requerida

\$315'000,000 usd.

## II.7. Característica particulares del proyecto

En los siguientes apartados se describirán los componentes que conformarán el proyecto.

### **a) Paneles fotovoltaicos**

Se contará con un total de 818,800 paneles fotovoltaicos del modelo SunPower Performance Series P17 con plataformas de equipos de 2.25 MW, para alcanzar una potencia total instalada de 207 MW.

Los paneles fotovoltaicos estarán agrupados dentro de los polígonos por bloques y montados sobre estructuras metálicas (trackers) de aproximadamente 2.4 m de altura de acero galvanizado. Las estructuras metálicas contarán con un sistema de rotación horizontal de un solo eje, con el objetivo que los paneles solares capturen la máxima radiación solar.

El conjunto de paneles fotovoltaicos tendrán conexiones eléctricas en grupos denominados strings (cables de señal y fibras óptica) y asociados a una respectiva estación de inversores prefabricados, que una vez en campo solo necesitan ser armados para llevar a cabo la transformación de la corriente continua (DC) a corriente alterna (AC), los cuales tendrán un voltaje máximo de 1500 V.

### **b) Subestación Eléctrica elevadora**

El proyecto incluye una subestación eléctrica elevadora que permitirá elevar el voltaje mediante transformadores y enviar la energía generada a través de una línea eléctrica de transmisión principal.

### **c) Línea eléctrica de transmisión (LT)**

El proyecto considera la instalación de una LT área de 230 kV a una frecuencia de 60 Hz con una longitud de 8.24 km, a ubicar sobre el derecho de vía de la carretera federal existente. La LT iniciará en la Subestación Eléctrica del proyecto propuesta y finalizará en la Subestación de Potencia Ticul II CFE en la población Ticul.

La LT contará con un total de 64 estructuras a base de postes troncocónicos auto soportados de acero galvanizado en 1 un circuito y 2 conductores por fase. Los postes troncocónicos se usarán como tipo lindero para suspensión con crucetas aisladas y postes troncocónicos con crucetas fijas para postes de deflexión y/o remate, conforme a la especificación CFE-J1000-50 "Torres para líneas de subtransmisión y transmisión".

A su vez la LT contará con los siguientes equipos:

- a) Cable de aluminio con cableado concéntrico y núcleo de acero con recubrimiento de aluminio soldado, de acuerdo a las especificaciones CFE E0000-18 (cable de aluminio con cableado concéntrico y núcleo de alambres de acero recubierto de aluminio soldado (ACSR/AS)), y CFE E0000-13 (procedimiento de muestreo estadístico para conductores eléctricos).
- b) Cable guarda con fibras ópticas integradas (CGFO) de acuerdo a la norma de CFE-E0000-21 "cable de guarda con fibras ópticas y accesorios".
- c) Aislamientos (tensión y suspensión) con base a la Norma de Referencia NRF-018 "aisladores tipo suspensión de porcelana o de vidrio templado".
- d) Herrajes y sistemas de tierras de acuerdo a la Norma de Referencia NRF-043 "herrajes y conjuntos de herrajes para líneas de transmisión aéreas con tensiones de 115 kv a 400 kv".
- e) Puestas de tierra con las especificación de la norma CFE-00J00-52 "red de puesta a tierra para estructuras de líneas de transmisión aéreas de 69 a 400 kv en construcción".

#### **d) Red de caminos**

Se acondicionará una red de caminos internos con un ancho de corona de 4 m para ser utilizados durante toda la vida útil del proyecto. Los caminos internos serán desarrollados al término de la instalación de las estructuras metálicas, en los espacios previstos y para su conformación las superficies serán previamente compactadas y niveladas.



En cuanto a caminos de acceso a los predios del proyecto, se tendrán dos entronques que derivaran de la carretera principal hasta los polígonos del proyecto (figura II.3).

El entronque principal tendrá un ancho de 6 m y 33 m de longitud y estará ubicado al lado de la subestación eléctrica y del edificio de operación y mantenimiento. El segundo entronque se ubicará al sur de la carretera y tendrá 4 m de ancho y 122 m de longitud.

#### **e) Red de conducción de energía (zanjas)**

Se considera la apertura de zanjas de cableado, al interior de los polígonos del proyecto, las cuales permitirán la canalización de los conductores de corriente continua. Las zanjas tendrán aproximadamente entre 0.4 m a 1.5 m de ancho y entre 0.5 m a 1.5 m de profundidad.

#### **f) Edificio de operación y mantenimiento**

Se considera la construcción de un edificio de operación y mantenimiento para agrupar todos los equipos necesarios de vigilancia, seguridad y control de producción de energía del proyecto.

Como parte del sistema de seguridad del proyecto se llevará a cabo el cercado perimetral, utilizando tela metálica y filas de alambre de púas. La altura del cercado será de aproximadamente 2.2 m.

### **II.8. Obras provisionales**

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto será necesario instalar obras provisionales. Los sitios propuestos para ubicarlas será en alguna de las áreas consideradas para las obras permanentes, cuya distribución se muestra en la siguiente figura.

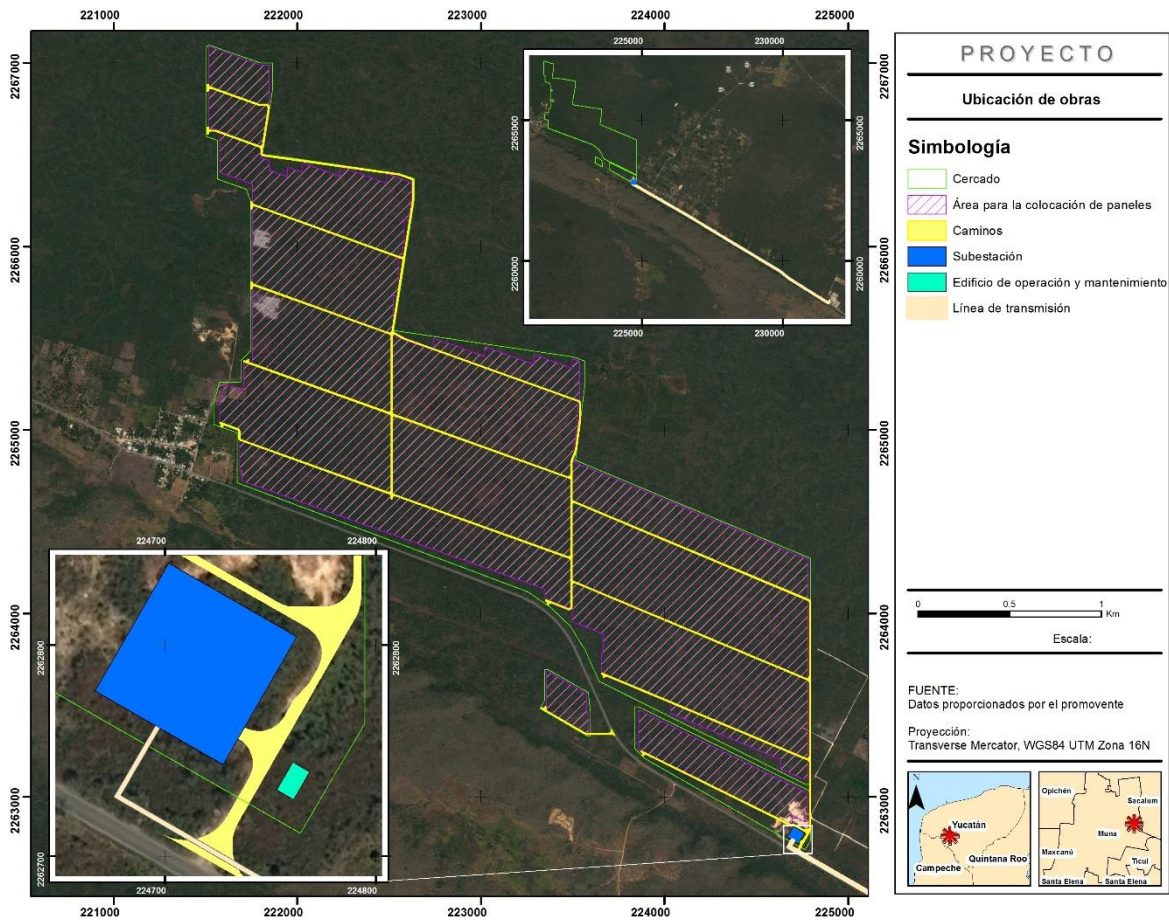


Figura II.4 Distribución de obras permanentes del proyecto.

En relación a la ubicación de las zanjas propuestas para la canalización de los cables conductores de energía, se muestra la siguiente figura como referencia.

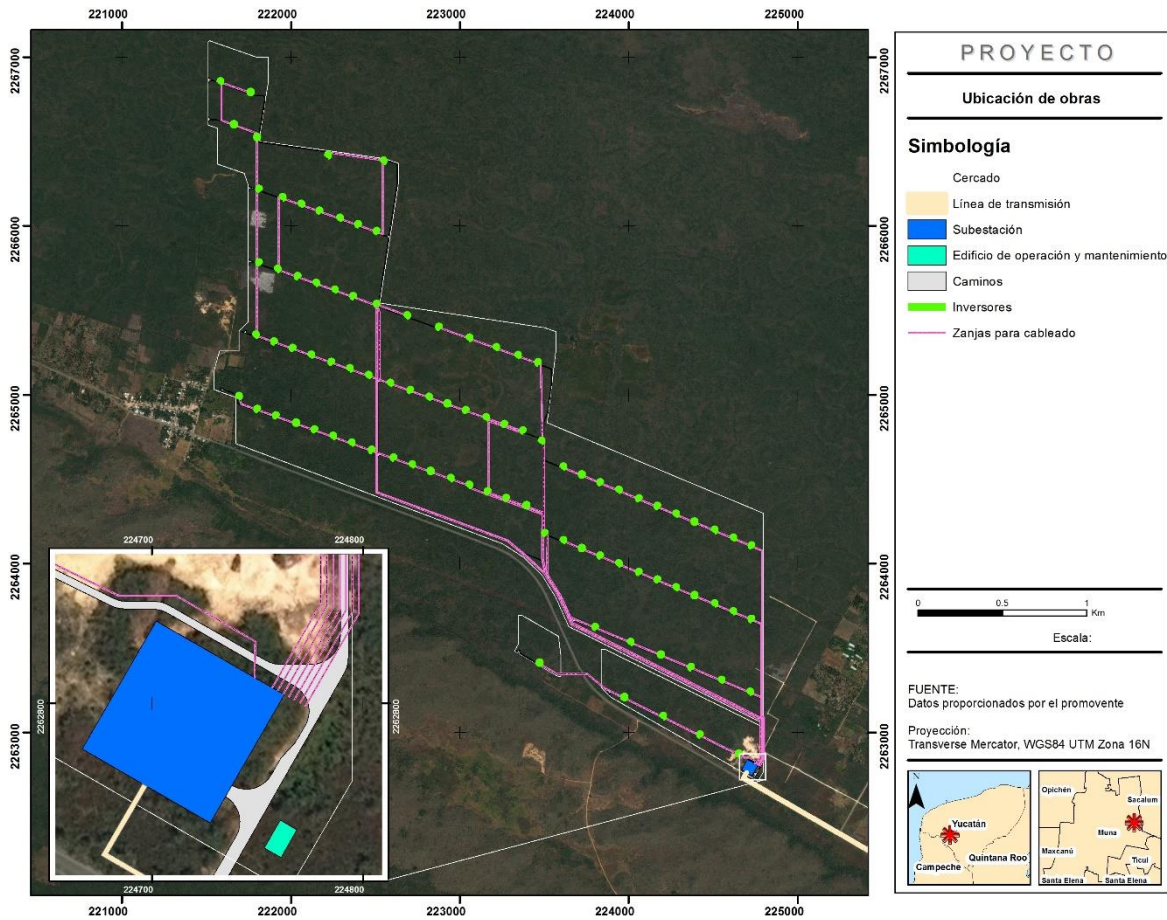


Figura II.5 Trazo propuesto de las zanjas

## II.9. Dimensiones del proyecto

La superficie total del proyecto es de 500.232 ha, distribuidas en tres polígonos (ver siguiente tabla), de las cuales 455.900 ha corresponden a la superficie para el desplante de las sobras consideradas para el proyecto.

De la superficie total del proyecto, se requiere el cambio de uso de suelo de terrenos forestales en 440.575 ha. De acuerdo a lo anterior, a continuación, en la siguiente tabla, se presentan las superficies de cada una de las obras consideradas en el proyecto.

**Tabla II.1 Superficie del proyecto.**

<b>Concepto</b>	<b>ha</b>
Superficie donde se desplantarán las obras	455.900
Superficie sin desplante de obras	44.332
<b>Superficie del polígono del proyecto</b>	<b>500.232</b>

**Tabla II.2 Superficie de cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF) y tipo de vegetación.**

<b>Concepto</b>	<b>ha</b>
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia	440.57
Superficie sin cobertura vegetal	12.021
Agricultura de riego permanente	3.303
<b>Total de la superficie de CUSTF</b>	<b>440.57</b>

## II.10. Programa de trabajo

Tabla II.3. Programa de trabajo del proyecto.

Etapa	Desarrollo					Construcción															Operación																						
	1					1										2					1	2	3	4	5	...	40																
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	...	...	22	23	24																						
ACTIVIDADES																																											
Adquisición de Permisos, Autorizaciones y Créditos	■	■	■																																								
Implementación del plan de protección de flora y fauna				■	■	■																																					
Movilización ( desmonte y despalme)						■	■	■	■																																		
Obra civil							■	■	■	■	■	■	■																														
Instalación de pilotes (estructuras metálicas)										■	■	■	■	■	■	■																											
Instalación del sistema fotovoltaico												■	■	■	■	■	■	■	■	■																							
Instalación del sistema eléctrico														■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																				
Edificio de operación y mantenimiento															■	■	■	■	■	■	■	■	■																				
Subestación											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																				
Línea de transmisión de alto voltaje												■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																				
Comisionamiento																■	■	■	■	■	■	■	■																				
Operación de la planta																								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Actividades de mantenimiento																								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Conforme a lo anterior, la vida útil del proyecto se estima en 40 años, de los cuales los primeros 3 años se están considerando para las etapas de preparación y construcción del proyecto, y los restantes 37 años para la etapa de operación y mantenimiento; no obstante, se considera que el tiempo de vida útil del proyecto se pueda prolongar llevando a cabo las actividades de mantenimiento correspondientes, toda vez que el diseño de paneles propuestos están diseñados para ofrecer un rendimiento constante durante muchos años de utilidad.

## **II.11. Preparación del sitio**

Previo a las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto (desmante y despalme) se llevarán a cabo las siguientes actividades.

### **a) Rescate de flora**

Antes de dar inicio a las actividades de desmante y despalme del área del proyecto, se llevará a cabo un recorrido con la finalidad de seleccionar los individuos susceptibles de rescate en el interior de los polígonos previstos para el cambio de uso de suelo, para que éstos sea posteriormente llevados a sitios que, por sus características, permitan su reubicación y que los ejemplares puedan continuar con su desarrollo natural. De esta manera, los ejemplares serán inventariados y los sitios de trasplante serán georeferenciados para posterior seguimiento de la actividad. Cabe mencionar que todas estas actividades se retoman en el capítulo VII del DTU.

### **b) Rescate de fauna**

Previo a la remoción de la vegetación, se realizará un recorrido por las áreas a desmontar generando ruido para ahuyentar y/o en su caso rescatar y reubicar aquellas especies de fauna que se encuentran presentes en las áreas sujetas a afectación, independientemente de su inclusión o no en la NOM-059-SEMARNAT-2010, realizando dichas acciones de manera manual con el apoyo de personal técnico capacitado en la materia.

Adicionalmente, estará prohibido coleccionar, cazar, trampear, azuzar o dañar las especies de fauna silvestre que sean observadas en el interior de los predios durante las etapas de preparación del sitio y construcción. Cabe mencionar que todas estas acciones, son detalladas en el capítulo VII del DTU.

### c) Desmante

Se llevará a cabo el desmante con el fin de rebajar la rasante del terreno para lograr formar un plano de apoyo adecuado para el desplante de las obras consideradas para el proyecto. El desmante comprenderá la ejecución de las actividades referidas en el siguiente esquema.

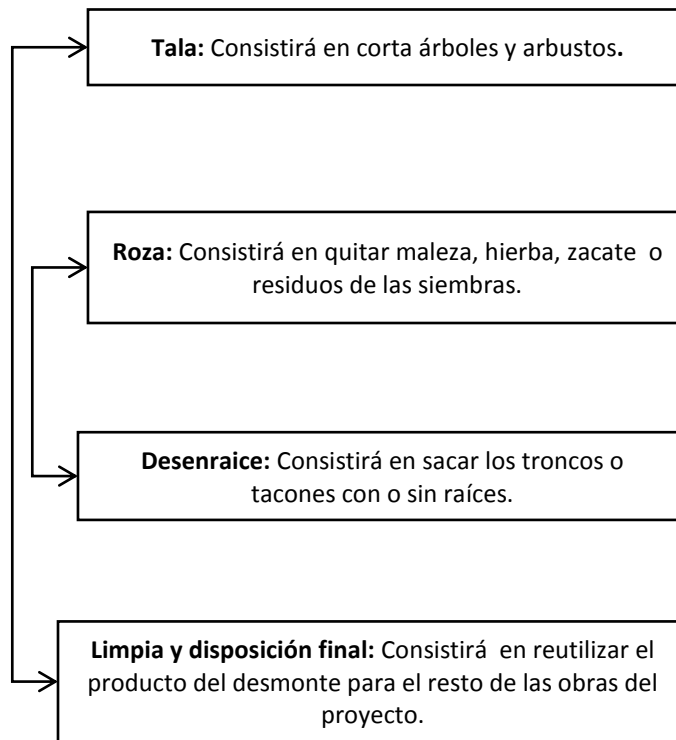


Figura II.6 Actividades consideradas para el desmante.

#### **d) Despalle**

Se llevarán a cabo actividades de despalle o remoción del suelo que no sea apto para el despalte de infraestructura o de desarrollo del proyecto. Se rescatará el suelo orgánico evitando mezclarlo con material de las terracerías, para almacenarlo temporalmente dentro de alguno de los polígonos del proyecto y pueda reincorporarse posteriormente en los sitios que lo requieran.

#### **e) Corte –Excavación**

Con el objeto de preparar y formar las secciones de las obras en las áreas propuestas para el proyecto, será necesario realizar excavaciones, previéndose encontrar con la siguiente clasificación de materiales.

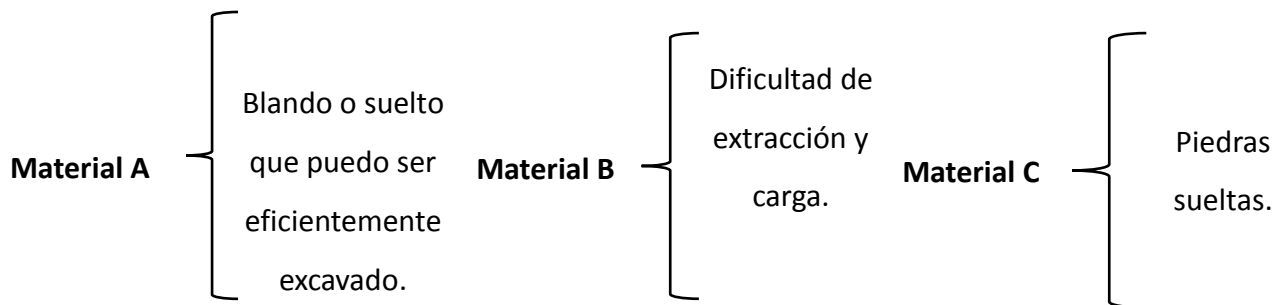


Figura II.7 Clasificación de los posibles materiales de corte.

De acuerdo al tipo de materiales se seleccionará la maquinaria o equipo a utilizar.

#### **f) Relleno-Compactación y nivelación (terraplén)**

El material producto de las actividades de corte se reutilizará para la formación de terraplenes, y en caso de ser necesario material adicional se obtendrá de sitios autorizados. Para los terraplenes será necesario ejecutar las siguientes actividades:





El extendido comenzará en capas de espesor uniforme y volumen similar sobre las áreas previstas, posteriormente se humectará el terreno con el objetivo de lograr una óptima compactación y resistencia, reduciendo con ello posteriores asentamientos del terraplén.

Una vez que se han descrito las actividades a realizar como parte de la preparación del sitio donde se desplantaran las obras del proyecto, a continuación se describirá el proceso constructivo.

## **II.12. Construcción**

Inicialmente se comenzará con el cercado perimetral del área del proyecto (tres polígonos), lo que permitirá ir acondicionando las áreas como la de acopio del material y las de las obras temporales necesarias para el desarrollo del proyecto.

### **a) Cercado perimetral**

Sobre los trazos previamente delimitados para el cercado perimetral, se realizarán las perforaciones sobre el suelo natural para colocar los tubos galvanizados y poder extender la tela metálica sobre la cual se colocará, en la parte superior, el alambre de púas, logrando con ello una máxima seguridad del perímetro.

### **b) Estructuras metálicas de soporte (trackers)**

Para llevar a cabo el montaje de los paneles fotovoltaicos del proyecto se procederá inicialmente con la colocación de las estructuras metálicas, para lo cual se llevará a cabo el hincado de los perfiles (pilotes) directamente al suelo o en concreto colado en sitio mismos que ejercerán la función de pilar de la estructura así como un travesaño en el que

se apoyaran dos perfiles longitudinales y transversales donde descansarán los paneles fotovoltaicos, tal como se ejemplifica a partir de la siguiente imagen.

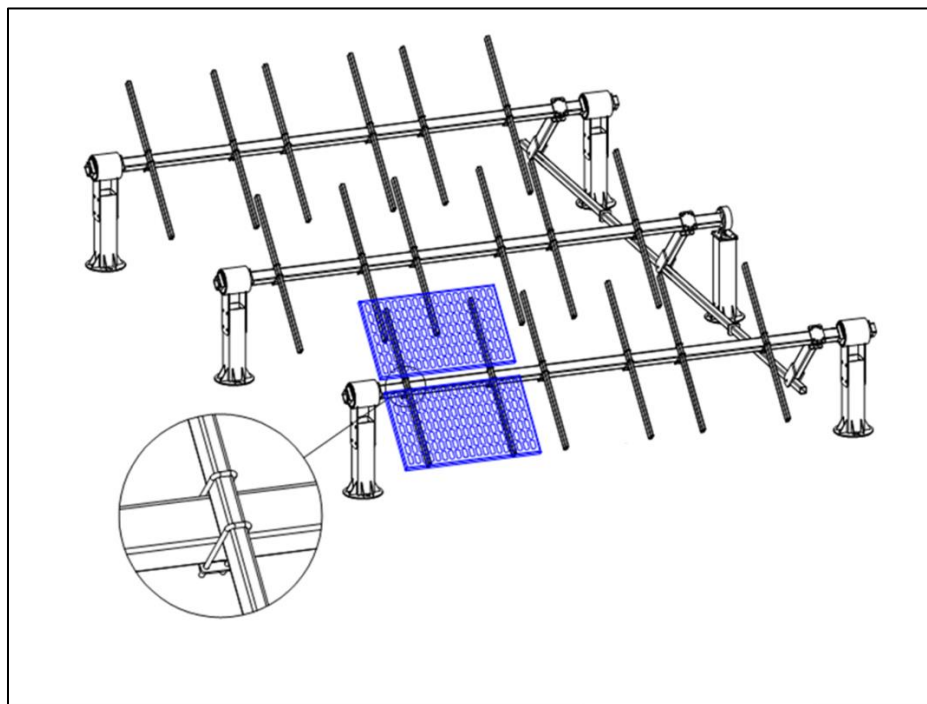


Figura II.8. Estructuras de soporte (trackers)<sup>2</sup>.

### c) Red de caminos internos

Los caminos internos tendrán la misma pendiente que la definida para el área de las estructuras metálicas de soporte de los paneles fotovoltaicos (trackers). Una vez lista la superficie correspondiente, se usará suelo nativo compactado, grava, o algún material similar para conformar los caminos, mismo procedimiento que se llevará a cabo para los entronques.

---

<sup>2</sup> Imagen tomada como referencia de internet

#### **d) Red de conducción de energía (zanjas)**

Se llevará a cabo la apertura de las zanjas para la canalización de los conductores de corriente continua. El material extraído será depositado temporalmente a un costado de la zanja, y una vez instalado el cableado dentro de la zanja, el material producto de la excavación se filtrará o se incorporará a base de una cama de arena para proteger los conductores enterrados. Las zanjas tendrán aproximadamente entre 0.4 m a 1.5 m de ancho y entre 0.5 m a 1.5 m de profundidad.

#### **e) Subestación eléctrica elevadora**

Una vez realizadas las actividades correspondientes para la preparación del sitio (trazo, corte, nivelación y compactación), se comenzará con las adecuaciones necesarias para los equipos primarios y principales de la subestación.

Una vez instalada la subestación se realizarán todas las verificaciones, ajustes y pruebas necesarias que requerirán los equipos para asegurar su correcto estado físico, su montaje, ajuste y disponibilidad para su puesta en servicio.

#### **f) Línea eléctrica de transmisión (LT)**

La instalación de la línea eléctrica comenzará con la poda selectiva sobre los puntos previamente delimitados para su trayectoria, de manera de tener el área libre para la colocación de las placas base y anclas de acero que servirán como soporte de los postes troncocónicos, tal como se ejemplifica en la siguiente figura.

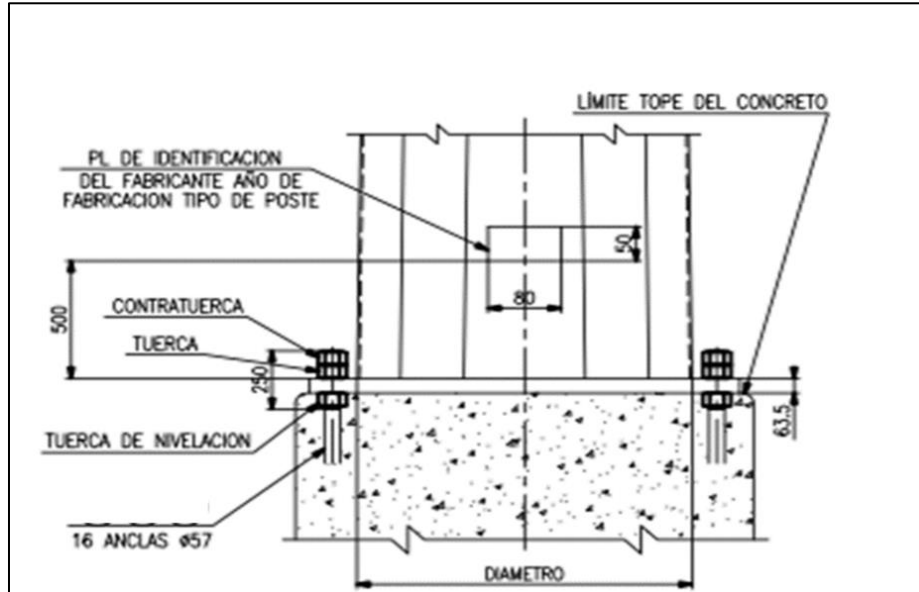


Figura II.9 Colocación del poste en la base placa de acero.

Las placas base estarán colocadas sobre dados de concreto para una mayor estabilidad de los postes, asimismo se considera a ejecutar los trabajos para la instalación del cable conductor, tendido, tensado y enclomado del circuito con arreglo de 2 dos fases con sus correspondientes herrajes y aisladores y accesorios, así como el sistema de tierras; la cual se colocaran a base de soldaduras en las anclas de los postes de tal manera que las conexiones no sean visibles.

Todos los trabajos descritos anteriormente se realizarán sobre el derecho de vía de la LT que corre en paralelo a la carretera federal existente, páralo cual se solicitarán las autorizaciones correspondientes.

### **g) Edificio de operación y mantenimiento**

Se realizarán los cimientos y estructuras de concreto a base de grava, arena, agua y adictivos adicionales, de manera que se puedan ofrecer condiciones de estabilidad y de soporte a la estructuras de concreto. Una vez listas las estructura correspondientes de la

obra, se comenzará con las adecuaciones de los equipos necesarios para llevar a cabo actividades de vigilancia, operativas y de control del proyecto.

Para el desarrollo de cada una de las obras anteriormente expuestas será necesario, como ya fue manifestado, el desmonte de las áreas que cuenten con vegetación, por lo que en los apartados II.20 y II.21 de este capítulo II, se incluye la estimación de volumen por especie, así como la estimación económica de las áreas sujetas a cambio de uso de suelo por la construcción de las obras.

### **II.13. Pre-operación**

Al término de la construcción del proyecto, todos los componentes del sistema serán sometidos a las pruebas finales para su puesta en operación, estas pruebas incluirán las siguientes actividades:

- Verificación de la inclinación correcta de los paneles fotovoltaicos en la misma rama o "string".
- Inspección visual para detectar desperfectos y/o errores de montaje y cableado.
- Comprobación de la alineación correcta del sistema de seguimiento en todo su rango de giro.
- Comprobación de la protección contra descargas atmosféricas, puesta a tierra y protección contra sobretensiones.
- Puesta en marcha
- Energización

### **II.14. Operación**

El funcionamiento del proyecto consistirá en la captación de energía solar mediante las células fotovoltaicas (integradas al panel fotovoltaico), para su transformación en energía

eléctrica-corriente continua, mediante el efecto foto eléctrico<sup>3</sup>. La energía generada será conducida a la sala eléctrica de inversores para llevar a cabo su transformación, posteriormente la energía generada será enviada a la subestación eléctrica elevadora, donde se elevará el voltaje para su entrega. El receptor final de la energía será la línea eléctrica de transmisión, la cual la conducirá hasta la subestación eléctrica de CFE ya existente.

En la siguiente figura se simula la etapa operativa del proyecto.

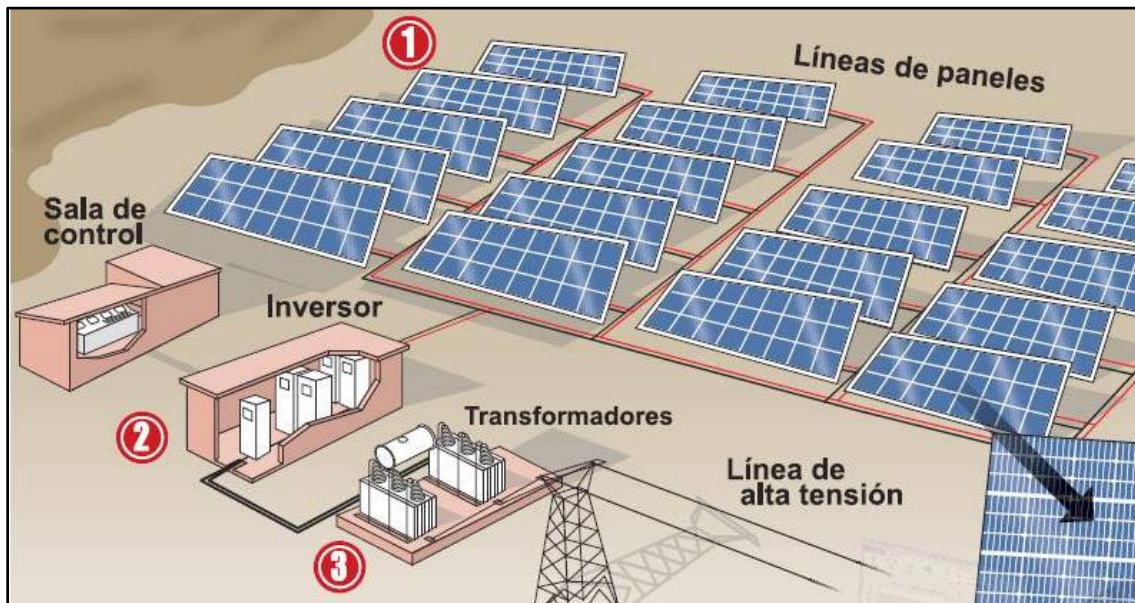


Figura II.10 Operación del proyecto.<sup>4</sup>

Durante la etapa operativa del proyecto se llevará a cabo la vigilancia del proyecto a través de sistemas de seguridad y control específicos, ubicados en el edificio de operación y mantenimiento.

<sup>3</sup> Es el fenómeno en el que las partículas de luz llamadas fotón, impactan con los electrones de un metal arrancando sus átomos.

<sup>4</sup> Imagen tomada como referencia de internet.

## II.15. Mantenimiento

Para el caso de la maquinaria y equipo utilizados en la etapa de preparación del sitio y construcción, el mantenimiento se llevará a cabo en un taller mecánico especializado fuera de las áreas del proyecto.

Mientras que durante la etapa operativa del proyecto, con la finalidad de conseguir un apropiado rendimiento de los equipos y sistemas instalados, se ejecutaran las siguientes actividades de mantenimiento:

### a) Paneles Fotovoltaicos

- ♦ Limpieza de los paneles fotovoltaicos (empleando solo agua), con sistemas prácticos y sencillos que permitan la facilidad de la limpieza de los equipos, tal como se ejemplifica en la siguiente figura.



Figura II.11 Referencia del método de limpieza de los paneles fotovoltaicos<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Imagen tomada como referencia de internet

- ♦ Limpieza de broza en las áreas cercanas a las estructuras metálicas (trackers) para evitar que las hierbas crezcan y produzcan sombras o se enreden con los cables de los penales fotovoltaicos.
- ♦ Verificación de los elementos de sujeción y conexión.
- ♦ Comprobación del estado de la red de tierras, para proteger a los sistemas en caso de sobre tensiones.
- ♦ Revisión de las conexiones, los cables, el perfecto estado de las cajas de los cuadros (equipos eléctricos), su estanqueidad y revisión de los equipos de mando y protección.
- ♦ Revisión de los inversores respecto a su sistema de ventilación.

#### **b) Estructura metálicas ( trackers)**

- ♦ Verificación mecánica de seguidores.
- ♦ Revisión de daños en la estructura, como los causados por oxidación y su deterioro por agentes ambientales.

#### **c) Línea eléctrica elevadora de transmisión**

- ♦ Limpieza de brecha.
- ♦ Reapriete de herrajes.
- ♦ Corrección al sistema de tierras.

#### **d) Obra civil (caminos, cercado perimetral, cimentaciones etc.).**

- ♦ Comprobar que los caminos internos del proyecto estén en perfecto estado para facilitar la circulación de los vehículos.



- ♦ Revisar el cercado perimetral, los taludes y la cimentación de las estructuras metálicas (trackers).

Cabe resaltar que en caso de hacer un remplazo de los equipos, se solicitará al pre fabricante su reparación o su disposición final.

## **II.16. Desmantelamiento**

Como ya fue mencionado, la vida útil del proyecto se ha estimado en 40 años; no obstante, con la implementación de técnicas preventivas y correctivas, se prevé prolongar el tiempo de vida útil de los equipos.

En caso de que no se pretenda continuar con el proyecto, al término de su vida útil se procederá al desmantelamiento de los equipos instalados y a la limpieza del sitio, cumpliendo con las disposiciones ambientales y sanitarias vigentes en ese momento.

En caso de llevarse a cabo el desmantelamiento del proyecto, se realizarían las actividades que se enlistan a continuación:

- Desconexión de todos los equipos eléctricos bajo lineamientos y estándares aplicables.
- Desarme de paneles fotovoltaicos.
- Desarme de las estructuras metálicas.
- Desenergización y desconexión.
- Desmantelamiento y remoción de los paneles solares.
- Excavación y extracción del cableado subterráneo.
- Remoción de todos los pilotes, postes verticales y estacas.
- Remoción del material de caminos de caminos (grava).
- Rompimiento y remoción de bases de concreto y cimientos.
- Remoción de la subestación (incluyendo instalaciones auxiliares como la línea de trasmisión).

- Desmantelamiento del cercado perimetral.

Además para un mejor manejo de los equipos y materiales una vez desmantelados se procederán a ejecutar las siguientes acciones:

- Los paneles se empaquetarán y se cargarán a un camión para su transporte a una ubicación designada para su reventa o reciclaje según las indicaciones de los correspondientes encargados.
- El escombros de la demolición que no se pueda recuperar se transportará en camiones para su disposición final en un lugar autorizado.
- El residuo de concreto que no se pueda utilizar o reciclar se dispondrá como residuo de manejo especial.
- Las estructuras metálicas se apilarán dentro de las instalaciones del proyecto para su transporte definitivo a una empresa autorizada para su correcto tratamiento y reutilización.
- El resto de los componentes eléctricos inversores, transformadores e interruptores y demás componentes serán apilados para su retiro de las áreas del proyecto hasta sitios autorizados.
- El material de los caminos (grava), será removido utilizando maquinaria especial para permitir la restauración de estas áreas, donde el material agregado será transportado a una instalación de reciclaje o a una instalación de disposición final autorizado.
- El material del cercado perimetral, será apilado para su posterior carga y transporte hasta sitios autorizados.
- Cualquier excavación y/o zanja resultado de la remoción de cimentaciones del equipo, soportes de las estructuras metálicas o cableado subterráneo se rellenará con material apropiado y nivelado.

- Las áreas compactadas incluyendo caminos, subestación y otras áreas serán descompactadas por medio de maquinaria especial, tratando de llevar el terreno a los contornos previos al desplante de las obras.

Durante el proceso de desmantelamiento y abandono del sitio se establecerán controles para el manejo adecuado de materiales y residuos peligrosos así como medidas de erosión de suelo, este tipo de controles serán similares a los que se implementarán durante la etapa de construcción.

### **II.17. Requerimientos de personal e insumos**

En la construcción del proyecto se estima que participaran 800 personas, donde la mayoría del personal que será requerido será para las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto.

En cuanto a los insumos necesarios para el desarrollo de las obras, serán necesarios los siguientes:

- **Agua**

El agua que será requerida durante las diferentes etapas del proyecto será transportada a las áreas de trabajo mediante pipas provenientes de una fuente debidamente autorizada. El recurso será utilizado para los servicios sanitarios del personal, las actividades de construcción, así como para la limpieza de los paneles fotovoltaicos durante las actividades de operación. Mientras que el agua potable será suministrada, por empresas locales en garrafones.

- **Energía**

La energía eléctrica necesaria en la etapa de construcción, será abastecida por plantas portátiles de generación accionadas con diésel.

- **Combustibles**

Toda la maquinaria y equipo serán abastecidos mediante camiones cisterna, sin embargo se contará con depósitos de combustibles dentro de las superficies propuestas para el desplante obras provisionales tal como se mencionó en apartados anteriores.

- **Materiales y sustancias**

Todos los materiales y sustancias que se requieren para la etapa de construcción del proyecto se obtendrán de proveedores autorizados, incluidos, en su caso, los materiales producto de bancos de materiales.

- **Maquinaria y equipo**

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto se empleará la siguiente maquinaria y equipo:

- Motoniveladora
- Vibrocompactador
- Equipo topográfico
- Grúas de celosía (oruga o de gatos hidráulicos)
- Motoconformadora CAT
- Compactador
- Camión de tolva
- Camión pipa
- Barredora mecánica
- Cargador CAT
- Revolvedoras

- Enrollador de cable
- Poleas
- Porta carretes
- Taquímetros
- Montacargas horizontal
- Maquina hincadoras

Así como cualquier equipo adicional para ejecutar los trabajos de construcción del proyecto.

## **II.18. Residuos a generar por el proyecto**

### **II.18.1. Aguas residuales**

Durante las etapas de preparación de sitio y construcción del proyecto, se generarán aguas residuales por la presencia de trabajadores en los frentes de obra, para lo cual se colocarán sanitarios portátiles en las diferentes áreas del proyecto, a los que dará mantenimiento la misma empresa que los suministre.

Durante las etapas de operación y mantenimiento se generarán aguas residuales provenientes de sanitarios, las cuales serán captadas en fosas sépticas, debido a que en la zona no se cuenta con drenaje sanitario. Las fosas sépticas cumplirán con los lineamientos establecidos en la "NOM-006-CONAGUA-1997 Fosas sépticas prefabricadas-especificaciones y métodos de prueba" y serán limpiadas continuamente por una empresa debidamente autorizada para dicho fin.

## **II.19. Emisiones a la atmosfera**

En las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto se emitirán gases de combustión por parte de maquinaria, equipos y vehículos automotores de manera

temporal; no obstante, con la finalidad de evitar emisiones mayores a las esperadas, se verificará continuamente el correcto funcionamiento de todos los equipo y maquinaria que funcionen a base de combustibles fósiles.

Los contratistas contarán con una bitácora que registrará el mantenimiento continuo que recibirán las diversas maquinas, equipos y vehículos.

Por otra parte, con la finalidad de evitar la propagación de polvos, en la diferentes áreas de trabajo dentro del polígono del proyecto, se humedecerán los sitios por los que pasarán maquinarias y vehículos (ver capítulo VII del DTU).

### **II.19.1. Emisiones de ruido**

Se prevé la generación de ruido por la operación del equipo y maquinaria que se utilizará durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, en general no se rebasarán los límites permisibles establecidos en el punto 5.4 de la "NOM-081-SEMARNAT-1994", es decir, de 68 dB(A) durante un horario comprendido entre las 6:00 y 22:00 horas y de 65 dB(A) durante las 22:00 a 6:00 horas, salvo cuando se utilice la maquinaria pesada. En este sitio de manera temporal y por periodos cortos de tiempo se alcanzarán hasta 95 dB(A) a 1 m de la fuente.

Durante la etapa operativa, dada la naturaleza del proyecto el ruido es prácticamente nulo, salvo en el proceso operativo de los transformadores, sin embargo se considera utilizar transformadores para aplicaciones fotovoltaicas consiguiendo de este modo un funcionamiento óptimo en la transformación de la energía de tal manera de evitar ruidos y pérdidas de rendimiento.

### **II.20. Generación y manejo de residuos**

Todos los residuos que se generen en las diferentes etapas del proyecto se manejaran de acuerdo con la Ley General de Prevención y Gestión Integral de los residuos (LGPGIR). En

la siguiente tabla se sintetizan dichos residuos y las acciones principales que se llevarán a cabo para su correcta disposición:

**Tabla II.4. Generación manejo y disposición de los residuos.**

<b>Preparación del sitio y construcción</b>			
<b>Clasificación</b>	<b>Residuo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Manejo y disposición</b>
		<b>(t/mes) y/o l/mes</b>	
<b>Residuos vegetales y suelo orgánico</b>		La cantidad de estos residuos se podrá establecer al momento de llevar a cabo el CUSTF	Los residuos de desmonte y despalde serán almacenados dentro de las áreas del proyecto para posteriormente ser utilizados en zonas propuestas a restaurar o revegetar.
<b>Residuo sólidos urbanos</b>	Papel y cartón de embalaje	15	Se considera dentro de las áreas del proyecto, la colocación de contenedores especiales con tapa que estarán catalogados como orgánicos e inorgánicos, previo a ser retirados por una empresa autorizada la cual será encargada de darles disposición final o en su caso reciclaje.
	Vidrio y plástico	3	
	Otros	5	
<b>Residuos Peligrosos</b>	Lubricantes	1000 l	Serán almacenados temporalmente dentro de las áreas del proyecto para finalmente ser retirados por una empresa autorizada.
	Combustibles		
	Grasas		
	Aceites		
<b>Operación y mantenimiento</b>			
<b>Residuos sólidos urbanos (residuos de comida, papel, cartón y plásticos)</b>		2	Serán almacenados en contenedores o en bolsas de plásticos o en contenedores especiales dentro de las instalaciones del proyecto, para ser retirados en forma periódica por una empresa especializada y acreditada por el municipio.
<b>Residuos Peligrosos (combustibles, grasas o solventes)</b>		200 l	



## **II.21. Estimación del volumen por especie de materias primas forestales derivadas del cambio de uso de suelo**

La estimación del volumen de materia prima forestal a remover se realizó a partir de la información dasométrica levantada en los sitios de muestreo, cuya metodología se desarrolló en el Estudio de Caracterización de Flora, y de acuerdo con lo sugerido por Villarreal *et al.* (2006), Mostacedo y Fredericksen (2000), e Infante y Zárate (1990).

Para llevar a cabo el levantamiento de datos que sirviera tanto para la caracterización de la vegetación como para la estimación de volúmenes forestales, se empleó un tipo de muestreo estratificado aleatorio (MAE); este consiste en la división de la superficie total en sub polígonos, tomando como criterio de separación (estratos) los usos de suelo y vegetación presentes. En estos se tendió una malla del cual se extrajo una cantidad de sitios de muestreo por estrato.

Para la obtención de las variables dasométricas, la vegetación se evaluó en sitios rectangulares de diferentes dimensiones, relacionados directamente con su forma de vida, es decir, estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo. La forma de los sitios de muestreo se toman con base en lo establecido por la CONAFOR-SEMARNAT (2011) para zonas tropicales de México (Selvas Altas, Medianas, Selvas Bajas, Peten, Selva de Galería, Manglar, Popal, Tular y Vegetación halófila-hidrófila).

- **Estrato arbóreo**

Para la evaluación del estrato arbóreo se trazaron sitios rectangulares de 25 m x 20 m, equivalente a una superficie de 500 m<sup>2</sup>. El tamaño que generalmente se sugiere de 1/10 de ha, aquí se divide en 1/20 ha, con el fin de obtener mayor cantidad de número de sitios y explorar de mejor manera las condiciones de la superficie de interés. Esta metodología se ha empleado en diversos estudios mismos que no han tenido dificultad alguna en el aspecto técnico.

En cada sitio de muestreo, para este estrato, se censaron todos los elementos de porte arbóreo con alturas mayores 6 m y  $DN > 5$  cm.

- **Estrato arbustivo**

Se midió este estrato en un sub-sitio del área considerada para el estrato arbóreo. Las dimensiones para de dicha área fueron de 5 m x 10 m, equivalente a  $50 \text{ m}^2$ . En esta categoría se consideró todo elemento con altura menor a 6 m y mayor a 0.7 m y  $DN > 2.5 < 5$  cm.

- **Estrato herbáceo**

Para obtener los datos que cuantificaran el estrato herbáceo se trazaron sitios de 1m x1m, tomando como referencia el centro del sitio determinado para el estrato arbóreo, en el cual se cuantificaron todos los elementos herbáceos y leñosos con alturas menores 0.7 m.

A continuación, se presenta la imagen que describe la metodología empleada en campo:

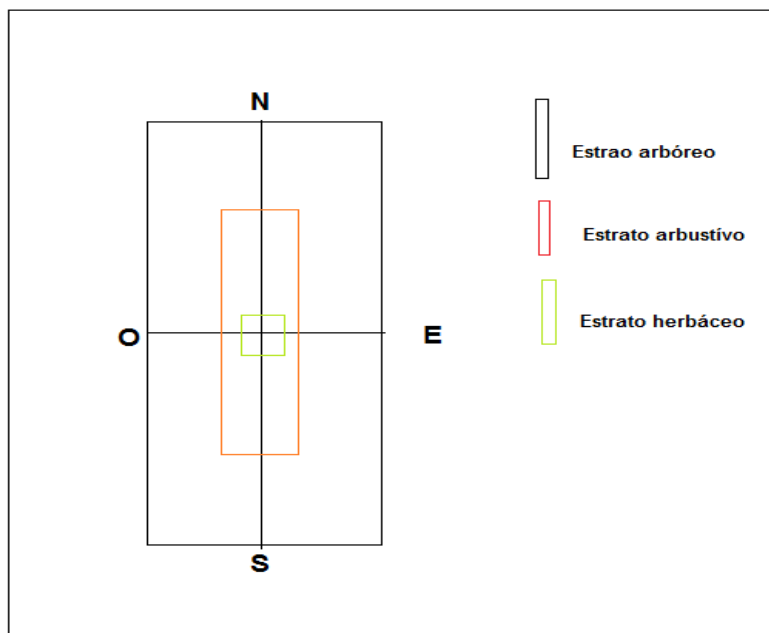


Figura II.12 Forma y tamaño de los sitios de muestreo. Estrato arbóreo=  $500 \text{ m}^2$ ; estrato arbustivo:  $50 \text{ m}^2$  y estrato herbáceo=  $1 \text{ m}^2$ .

### a) Tamaño de la muestra, nivel de confianza, error e intensidad de muestreo

La intensidad y error de muestreo se obtuvieron por uso de suelo y vegetación con presencia en el área del proyecto. El error de muestreo se calculó con la fórmula para el cálculo del error muestral para proporciones de poblaciones finitas con un nivel de confianza del 95% (Infante y Zárate 1990).

$$e = 0.98 \sqrt{(N - n)/(Nn - n)}$$

Donde:

e=error muestral

N=Tamaño de la población

n=Tamaño de la muestra

La **intensidad de muestreo** se estimó, a partir de la siguiente ecuación:

$$IM=(n/N)*100$$

Donde:

IM= intensidad de muestreo (%)

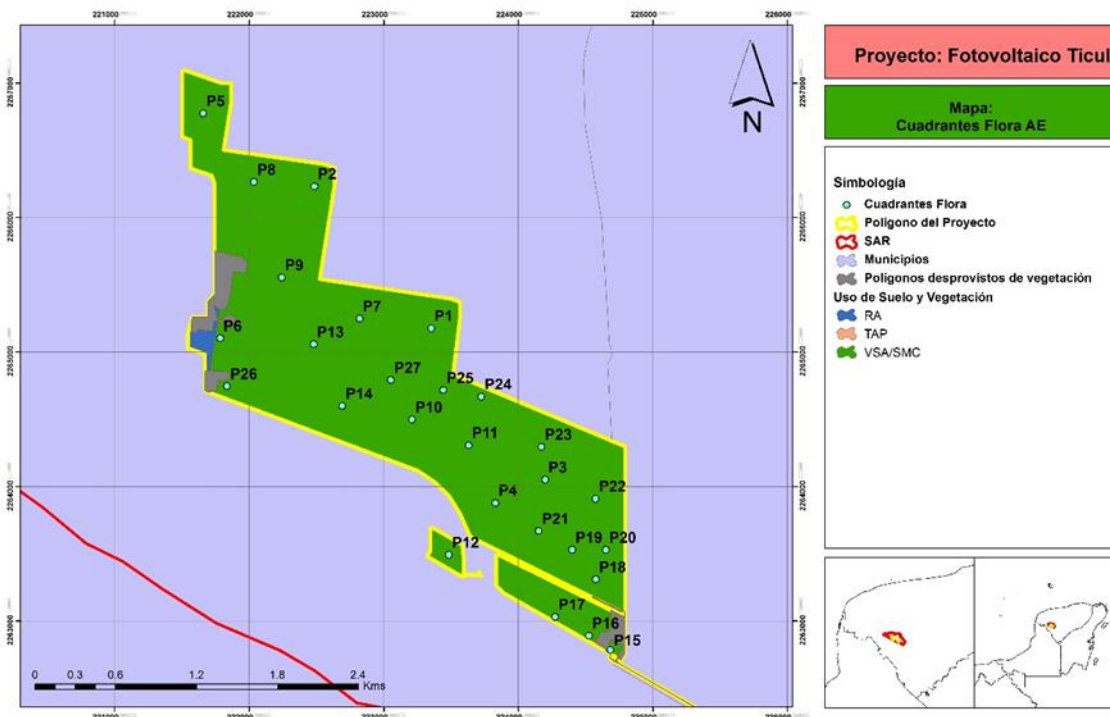
Como resultado se obtuvieron los siguientes errores e intensidad de muestreo por tipo de vegetación con un nivel de confianza del 95%.

Tabla II.5. Error e intensidad de muestreo obtenido por tipo de vegetación.

Uso de suelo y vegetación CAMPO	P (ha)	N	n(m <sup>2</sup> )	#n	n	e	e (%)	IM (%)
	Superficie total en hectáreas	Superficie total del proyecto en m <sup>2</sup>	Superficie por unidad de muestreo en m <sup>2</sup>	Número de unidades de muestreo	Superficie total de muestreo en m <sup>2</sup>	Error muestral	Error muestral en porcentaje	Porcentaje de muestreo
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia	500.2327	5002327	500	27	13500	0.008	0.84	0.269

### b) Distribución de los sitios de muestreo

En la siguiente figura se muestra la distribución de los sitios de muestreo en cada tipo de vegetación y polígono de cambio de uso de suelo:



**Figura II.13 Distribución de los sitios para muestreo de flora silvestre en el área del proyecto.**  
 Las coordenadas UTM (Datum-WGS-84 Zona 16Q) de los sitios de muestreo se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla II.6. Coordenadas de los sitios de muestreo para flora silvestre en el área del proyecto.**

Cuadrante	Coordenadas		USV (INEGI)	USV (Observado)	Estado	Municipio
	x	y				
P1	223353	2265176	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P2	222486	2266232	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P3	224201	2264051	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P4	223830	2263879	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P5	221658	2266774	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P6	221785	2265102	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P7	222821	2265249	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P8	222036	2266265	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P9	222242	2265555	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna

Cuadrante	Coordenadas		USV (INEGI)	USV (Observado)	Estado	Municipio
	x	y				
P10	223211	2264499	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P11	223631	2264307	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P12	223483	2263493	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P13	222479	2265058	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P14	222692	2264599	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P15	224685	2262786	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P16	224525	2262892	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P17	224275	2263031	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P18	224576	2263310	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P19	224401	2263530	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P20	224651	2263530	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P21	224151	2263670	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P22	224575	2263910	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P23	224174	2264295	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P24	223725	2264668	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P25	223442	2264717	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P26	221835	2264746	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P27	223053	2264792	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna

### c) Resultados

El levantamiento de la información en campo, se llevó a cabo durante el periodo del 20 de abril al 30 de mayo, y del 25 al 25 de junio del 2016, la cual se realizó de la siguiente manera:

1. Se localizó el sitio mediante las coordenadas previamente conocidas, por medio de un GPS, el sitio fue señalado en campo por medio de una marca con aerosol indicando el ID del sitio.

2. Una vez ubicado y señalado el centro del sitio se levantó el registro fotográfico del mismo. Se tomó una serie de cuatro fotografías Norte, Este, Sur, Oeste.
3. Posteriormente se trazó el sitio orientado siempre hacia el norte con ayuda de una brújula, para posteriormente ubicar los vértices y delimitarlo con ayuda de un logómetro.
4. En cada vértice se pintó con aerosol el árbol más cercano y en algunos casos en que este no se presentara se colocaron estacas igualmente pintadas con aerosol.
5. La delimitación de cada uno de los subsitios de muestreo se realizó con ayuda de un longímetro. Se trazaron rectángulos de 5x10 m para evaluar el estrato arbustivo y de 1x1 m para el herbáceo, ambos con respecto al centro del sitio; delimitados con el longímetro mismo, que permaneció tendido mientras se levantó la información.

### **II.21.1. Toma de datos en los sitios de muestreo**

Una vez que los sitios y subsitios de las unidades de muestreo fueron delimitados se procedió a la toma de datos, de la siguiente manera, mismos que fueron registrados en bitácoras de campo:

- **Sitio (500 m<sup>2</sup>), para evaluar el estrato arbóreo**

1. Se registraron cada uno de los ejemplares de especies de crecimiento arbóreo con un diámetro del tronco (tomado a 1.3 m de altura con respecto al nivel del suelo) igual o mayor a 5 cm. El registro se efectuó llevando una secuencia continua en el número de árboles.

2. Especie: Se anotó el nombre común o científico o bien el número de la especie colectada.
3. Datos dasométricos: diámetro del tronco a una altura de 1.3 m a partir del suelo (tomada con ayuda de una cinta métrica), altura total medida desde la base hasta la punta del árbol. Si el árbol presentaba ramificaciones debajo de los 1.3 m de altura, se tomaron los datos dasométricos de cada una de las ramas; y cobertura (Norte-Sur, Este-Oeste).
4. En este estrato se incluyeron todos los elementos de porte arbóreo con alturas mayores 6 m y  $DN > 5\text{cm}$ .
5. Cada ejemplar fue señalado con una etiqueta indicando el número de registro correspondiente, con la finalidad de facilitar su reconocimiento.

- **Subsitio 1 (50 m<sup>2</sup>) Estrato arbustivo**

1. Se registró el nombre común o científico o bien el número de la especie colectada.
2. Se registraron datos de diámetro normal, altura, cobertura de copa y sanidad.
3. En este subsitio se incluyeron individuos arbustivos y renuevos de especies arbóreas con altura menor a 6 m y mayor a 0.7 m y  $DN > 2.5 < 5\text{ cm}$ .

- **Subsitio 2 (1 m<sup>2</sup>) Estrato herbáceo**

1. Se registró el nombre común o científico o bien el número de la especie colectada.
2. Se registró el número de individuos por especie.
3. En este estrato se incluyeron elementos herbáceos y leñosos con alturas menores a 0.7 m.

## **II.21.2. Estimación del volumen por especie por predio**



En este apartado se desglosa el procedimiento seguido para la obtención de volúmenes de materia prima forestal a remover en volumen total árbol, dado que se removerá la totalidad del individuo, información de interés al estimar el volumen que se obtendrá con el cambio de uso de suelo.

De acuerdo con la NOM-152-SEMARNAT-2006, el Volumen Total Árbol (m<sup>3</sup>), se refiere al volumen de madera y corteza del árbol, incluyendo fuste, puntas y ramas, por lo que para hacer esta estimación en este apartado se tomó en cuenta la altura total del árbol.

### II.21.3. Procedimiento para la estimación de volúmenes

Para realizar el análisis de la información dasométrica obtenida en campo, se utilizaron las siguientes fórmulas y modelos logarítmicos para el cálculo de volumen de materia prima forestal por especie; estas ecuaciones fueron tomadas del Inventario Nacional Forestal, las cuales han sido aplicadas a diferentes regiones del país y toman en cuenta como variables independientes el diámetro normal (cm) y altura total del individuo (m). Son ecuaciones que se aplican por especie o por grupo de especies y/o por región, de acuerdo a las especificaciones de cada modelo. Para las especies que no presentaron modelos, se han utilizado ecuaciones de entidades con similitudes en la especie o grupo de especies y en las condiciones ambientales generales.

**Tabla II.7 Modelos logarítmicos utilizados para estimar el volumen de materia prima forestal.**  
 DN=Diámetro normal (en cm, a 1.3 m del suelo); HT=Altura total (m).

Especie	Modelo logarítmico
<i>Acacia gaumeri</i> Blake.	$EXP(-10.01137401+1.97688779 *LN(DN))+1.02860759*(LN(HT))$
<i>Albizia tomentosa</i> (Micheli) Standl.	$EXP(-9.82944377+ 1.90600930*(LN(DN))+1.04047533*(LN(HT))$
<i>Alvaradoa amorphoides</i> Liebm.	$EXP(-10.01137401+1.97688779 *LN(DN))+1.02860759*(LN(HT))$
<i>Bauhinia divaricata</i> L.	$EXP(-10.01137401+1.97688779 *LN(DN))+1.02860759*(LN(HT))$
<i>Bauhinia unguolata</i> L.	$EXP(-10.01137401+1.97688779 *LN(DN))+1.02860759*(LN(HT))$
<i>Bosh-che</i> sp. 1	$EXP(-9.85283060 + 1.93994057*(LN(DN))+1.03076940*(LN(HT))$
<i>Bourreria pulchra</i> Millsp. ex Greenman	$EXP(-9.87689000+ 1.93499030*(LN(DN))+1.03862975*(LN(HT))$
<i>Bunchosia swartziana</i> Griseb.	$EXP(-10.12597512 + 2.04755627*(LN(DN))+0.96453516*(LN(HT))$

<i>Bursera simaruba (L.) Sarg.</i>	$EXP(-9.86139158 + 1.93994057*(LN(DN))+1.04126898*(LN(HT)))$
<i>Caesalpinia sp.</i>	$EXP(-10.12597512 + 2.04755627*(LN(DN))+0,96453516*(LN(HT)))$
<i>Caesalpinia yucatanensis Greenm.</i>	$EXP(-10.12597512 + 2.04755627*(LN(DN))+0,96453516*(LN(HT)))$
<i>Chloroleucon mangense (Jacq.) Britton &amp; Rose. var. leucospermum (Brandege) Barneby &amp; Grimes.</i>	$EXP(-9.80434696 + 1.91033696*(LN(DN))+1.03262007*(LN(HT)))$
<i>Choben-che sp.1</i>	$EXP(-9.84334100 + 1.92700277*(LN(DN))+1.00612327*(LN(HT)))$
<i>Coccoloba barbadensis Jacq.</i>	$EXP(-9.84334100 + 1.92700277*(LN(DN))+1.00612327*(LN(HT)))$
<i>Colubrina Sp.2</i>	$EXP(-9.82944377+ 1.90600930*(LN(DN))+1.04047533*(LN(HT)))$
<i>Crateva tapia L.</i>	$EXP(-9.84334100 + 1.92700277*(LN(DN))+1.00612327*(LN(HT)))$
<i>Croton arboreus Millsp.</i>	$EXP(-9.73746695 + 1.85643537*(LN(DN))+1.07354086*(LN(HT)))$
<i>Diospyros yatesiana Standl.</i>	$EXP(-9.05936092 + 1.68198628*(LN(DN))+1.03376150*(LN(HT)))$
<i>Diphysa carthagenensis Jacq.</i>	$EXP(-10.01137401+1.97688779 *(LN(DN))+1.02860759*(LN(HT)))$
<i>Ehretia tinifolia L.</i>	$EXP(-9.86139158 + 1.93994057*(LN(DN))+1.04126898*(LN(HT)))$
<i>Elaeodendron Sp.</i>	$EXP(-9.84669352 + 1.93536382*(LN(DN))+1.01473381*(LN(HT)))$
<i>Erythroxylum sp.</i>	$EXP(-10.01137401+1.97688779 *(LN(DN))+1.02860759*(LN(HT)))$
<i>Eugenia sp.</i>	$EXP(-10.01137401+1.97688779 *(LN(DN))+1.02860759*(LN(HT)))$
<i>Guettarda elliptica Sw.</i>	$EXP(-9.73746695 + 1.85643537*(LN(DN))+1.07354086*(LN(HT)))$
<i>Gymnopodium floribundum Rolfe.</i>	$EXP(-9.80434696 + 1.91033696*(LN(DN))+1.03262007*(LN(HT)))$
<i>Havardia albicans (Kunth)Britton &amp; Rose.</i>	$EXP(-10.01137401+1.97688779 *(LN(DN))+1.02860759*(LN(HT)))$
<i>Helicteres baruensis Jacq.</i>	$EXP(-9.86139158 + 1.93994057*(LN(DN))+1.04126898*(LN(HT)))$
<i>Jatropha gaumeri Greenm.</i>	$EXP(-9.86139158 + 1.93994057*(LN(DN))+1.04126898*(LN(HT)))$
<i>Karwinskia humboldtiana (Roemer &amp; Schultes) Zucc.</i>	$EXP(-9.84334100 + 1.92700277*(LN(DN))+1.00612327*(LN(HT)))$
<i>Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit. ssp. leucocephala</i>	$EXP(-10.01137401+1.97688779 *(LN(DN))+1.02860759*(LN(HT)))$
<i>Lonchocarpus rugosus Benth.</i>	$EXP(-10.01137401+1.97688779 *(LN(DN))+1.02860759*(LN(HT)))$
<i>Lonchocarpus sp.1</i>	$EXP(-9.85283060 + 1.93994057*(LN(DN))+1.03076940*(LN(HT)))$
<i>Lonchocarpus xuul Lundell.</i>	$EXP(-10.01137401+1.97688779 *(LN(DN))+1.02860759*(LN(HT)))$
<i>Lysiloma latisiliquum (L.)Benth.</i>	$EXP(-10.01137401+1.97688779 *(LN(DN))+1.02860759*(LN(HT)))$
<i>Mimosa bahamensis Benth.</i>	$EXP(-9.87689000+ 1.93499030*(LN(DN))+1.03862975*(LN(HT)))$
<i>Neomillspaughia emarginata (Gross) S.F.Blake.</i>	$EXP(-9.86139158 + 1.93994057*(LN(DN))+1.04126898*(LN(HT)))$
<i>NID sp.1</i>	$EXP(-9.86139158 + 1.93994057*(LN(DN))+1.04126898*(LN(HT)))$
<i>Parmentiera millspaughiana L.O. Williams</i>	$EXP(-9.82944377+ 1.90600930*(LN(DN))+1.04047533*(LN(HT)))$
<i>Piscidia piscipula (L.)Sarg.</i>	$EXP(-10.01137401+1.97688779 *(LN(DN))+1.02860759*(LN(HT)))$
<i>Psidium sartorianum (O.Berg) Nied.</i>	$EXP(-9.05936092 + 1.68198628*(LN(DN))+1.03376150*(LN(HT)))$
<i>Psidium sp.1</i>	$EXP(-9.05936092 + 1.68198628*(LN(DN))+1.03376150*(LN(HT)))$

<i>Randia aculeata L.</i>	$\text{EXP}(-9.84334100 + 1.92700277 * (\text{LN}(\text{DN})) + 1.00612327 * (\text{LN}(\text{HT})))$
<i>Senna sp.</i>	$\text{EXP}(-10.01137401 + 1.97688779 * (\text{LN}(\text{DN})) + 1.02860759 * (\text{LN}(\text{HT})))$
<i>Thouinia paucidentata Radlk.</i>	$\text{EXP}(-9.84334100 + 1.92700277 * (\text{LN}(\text{DN})) + 1.00612327 * (\text{LN}(\text{HT})))$
<i>Vachellia cornigera (L.) Seigler &amp; Ebinger.</i>	$\text{EXP}(-10.01137401 + 1.97688779 * (\text{LN}(\text{DN})) + 1.02860759 * (\text{LN}(\text{HT})))$
<i>Vachellia pennatula (Schltdl. &amp; Cham.) Seigler &amp; Ebinger ssp. pennatula</i>	$\text{EXP}(-10.01137401 + 1.97688779 * (\text{LN}(\text{DN})) + 1.02860759 * (\text{LN}(\text{HT})))$
<i>Wimmeria Sp.</i>	$\text{EXP}(-9.84334100 + 1.92700277 * (\text{LN}(\text{DN})) + 1.00612327 * (\text{LN}(\text{HT})))$
<i>Zuelania guidonia (Sw.) Britton &amp; Millspaugh.</i>	$\text{EXP}(-9.87689000 + 1.93499030 * (\text{LN}(\text{DN})) + 1.03862975 * (\text{LN}(\text{HT})))$

- **Cálculo del volumen promedio especie por sitio de muestreo**

$$\overline{vol}_{sp/sitio} = \frac{\sum vol}{n}$$

Donde:

$\overline{Vol}_{sp/sitio}$  = Volumen promedio por especie por sitio

$\sum Vol$  = Sumatoria de volúmenes de todos los individuos de una misma especie

n = Número de sitios levantados

- **Calculo del volumen de especie por ha (Existencias reales por hectárea).**

$$Vol_{sp/ha} = \overline{Vol}_{sp/sitio} * fha$$

Donde:

$Vol_{sp/ha}$  = Volumen por especie en una hectárea

$\overline{Vol}_{sp/sitio}$  = Volumen promedio por especie por sitio

fha = Factor de conversión = 10000/dimensión del sitio en m<sup>2</sup>.

- **Cálculo del volumen total a remover por especie (Existencias totales)**

$$Vol_{total/sp} = Vol_{sp/ha} * Sup$$

Dónde:

$Vol_{total/sp}$  = volumen total a remover  $m^3$  por especie

$Vol_{sp/ha}$  = volumen por especie en una hectárea

Sup= Superficie total del predio de interés en hectáreas

- **Cálculo del volumen total a remover**

$$Vol_{total} = \sum Vol_{total/sp}$$

Las fórmulas anteriores, fueron adaptadas de Rodríguez (1998).

#### II.21.4. Volumen total por especie

En la siguiente tabla se muestra el área basal ( $m^2$ ), V. T. A. ( $m^3$ ) y número de individuos a remover y por tipo de vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia.

**Tabla II.8 Volumen a remover por especie, por tipo de vegetación en cada polígono de CUSTF.**

ID	Nombre científico	Área basal ( $m^2$ )	V.T.A. ( $m^3$ )	ni
1	<i>Acacia gaumeri</i> Blake.	359.8276	1,925.9178	25,455
2	<i>Albizia tomentosa</i> (Micheli)Standl.	3.3900	12.2262	326
3	<i>Alvaradoa amorphoides</i> Liebm.	5.8927	20.1720	1,958
4	<i>Bauhinia divaricata</i> L.	1.4418	5.8207	326
5	<i>Bauhinia unguolata</i> L.	4.4150	18.2366	979
6	<i>Bosh-che</i> sp. 1	3.8532	80.9836	979
7	<i>Bourreria pulchra</i> Millsp. ex Greenman	374.8503	1,684.8197	43,405
8	<i>Bunchosia swartziana</i> Griseb.	31.9719	122.7720	7,832

Documento Técnico Unificado, modalidad B-Regional del proyecto  
"Ticul A"

ID	Nombre científico	Área basal (m <sup>2</sup> )	V.T.A. (m <sup>3</sup> )	ni
9	Bursera simaruba (L.) Sarg.	287.6726	1,846.8103	16,970
10	Caesalpinia sp.	1.8173	7.4983	326
11	<i>Caesalpinia yucatanensis</i> Greenm.	1.4131	4.3939	653
12	Chloroleucon mangense (Jacq.) Britton & Rose. var. leucospermum (Brandege) Barneby & Grimes.	5.9532	24.0639	326
13	Choben-che sp.1	5.0622	22.7836	979
14	Coccoloba barbadensis Jacq.	62.0616	284.0936	8,812
15	<i>Colubrina</i> Sp.2	1.0829	4.0168	326
16	Crateva tapia L.	11.5663	68.8540	653
17	Croton arboreus Millsp.	7.9935	37.3613	2,611
18	<i>Diospyros yatesiana</i> Standl.	11.7975	68.1168	2,937
19	Diphysa carthagenensis Jacq.	48.1633	187.2532	14,033
20	<i>Ehretia tinifolia</i> L.	3.6000	19.4237	326
21	Elaeodendron Sp.	15.8288	58.9584	4,895
22	Erythroxylum sp.	9.7623	38.2214	1,632
23	Eugenia sp.	11.2528	49.3728	1,958
24	Guettarda elliptica Sw.	13.0765	59.3804	2,937
25	Gymnopodium floribundum Rolfe.	547.4862	2,256.2581	113,570
26	Havardia albicans (Kunth) Britton & Rose.	275.1893	1,382.6083	17,623
27	<i>Helicteres baruensis</i> Jacq.	0.9227	3.8634	326
28	Jatropha gaumeri Greenm.	19.4893	88.7087	5,874
29	Karwinskia humboldtiana (Roemer & Schultes) Zucc.	93.2973	503.2841	6,527
30	Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit. ssp. leucocephala	40.5272	174.3026	8,485
31	<i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth.	14.0711	57.7736	5,222
32	Lonchocarpus sp.1	55.1964	2,158.6651	10,770
33	Lonchocarpus xuul Lundell.	457.5464	2,356.4436	67,555
34	Lysiloma latisiliquum (L.) Benth.	57.2031	384.4469	1,632
35	Mimosa bahamensis Benth.	86.6640	309.6167	22,192
36	Neomillspaughia emarginata (Gross) S.F.Blake.	12.5618	51.9399	4,243
37	NID sp.1	3.6707	22.2217	653
38	<i>Parmentiera millspaughiana</i> L.O. Williams	0.6931	2.8532	326
39	Piscidia piscipula (L.) Sarg.	725.9114	3,460.7131	85,831
40	Psidium sartorianum (O.Berg) Nied.	99.1287	683.2375	15,339
41	Psidium sp.1	0.8922	4.8715	326
42	Randia aculeata L.	132.1748	545.6375	23,824
43	Senna sp.	70.2324	325.6260	12,728
44	Thouinia paucidentata Radlk.	9.2546	48.1685	1,305
45	Vachellia cornigera (L.) Seigler & Ebinger.	6.4399	24.7135	2,284

---

ID	Nombre científico	Área basal (m <sup>2</sup> )	V.T.A. (m <sup>3</sup> )	ni
46	Vachellia pennatula (Schltdl. & Cham.) Seigler & Ebinger ssp. pennatula	33.6071	158.3813	3,264
47	Wimmeria Sp.	5.6710	18.7625	653
48	Zuelania guidonia (Sw.) Britton & Millspaugh.	4.1380	19.0269	653
	Total	<b>4,035.7148</b>	<b>21,693.6752</b>	<b>552,840</b>

Así mismo, se anexan la memoria de cálculo en formato electrónico Excel. De acuerdo con lo anterior, se removerá un total de 21,693.6752 m<sup>3</sup> V.T.A., correspondiente a 552,840 individuos de 48 diferentes especies; en una superficie de 440.575 ha, sujeta a CUSTF, los datos se presentan en la siguiente figura.

Documento Técnico Unificado, modalidad B-Regional del proyecto  
 "Ticul A"

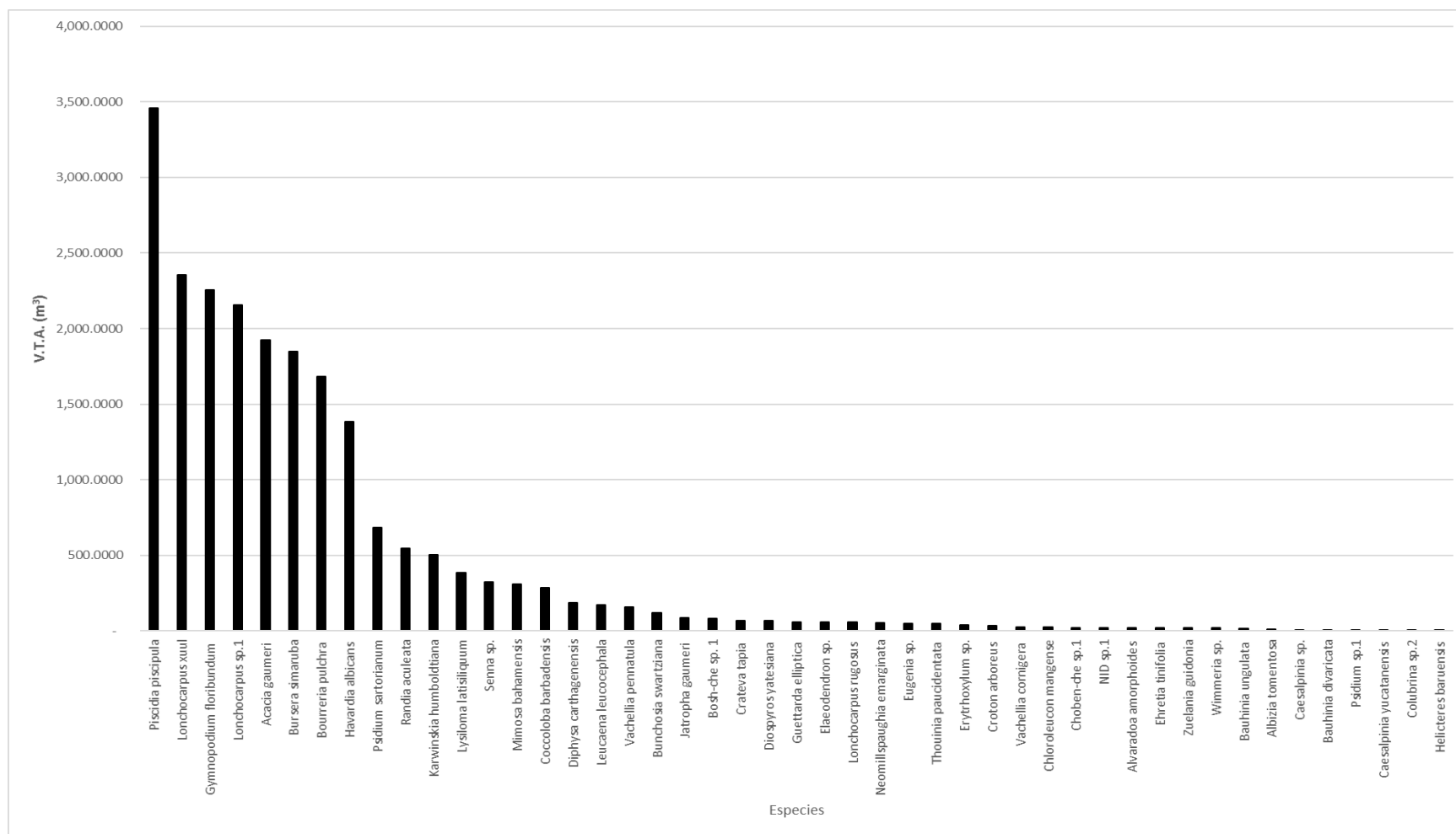


Figura II.14 Representación gráfica del V.T.A. (m<sup>3</sup>) a remover por especie en el área de CUSTF.

Cabe mencionar que los datos obtenidos durante la evaluación de los sitios de muestreo y a partir de los cuales se estimó el volumen y número de individuos a remover por el cambio de uso de suelo se anexan en formato electrónico.

## **II.22. Estimación económica de los recursos biológicos forestales del área sujeta al cambio de uso de suelo.**

### **II.22.1. Valor económico maderable**

Este apartado se desarrolló a partir de la estimación del volumen de materia prima forestal, presentada en los volúmenes forestales en este DTU; se consideraron los costos del Anuario Estadístico de Producción Forestal 2013 que a la fecha es el más reciente.

De acuerdo con el Anuario Estadístico de Producción Forestal, el volumen de la producción forestal en México se subdivide en dos grandes categorías: maderable y no maderable; el primero está constituido por materiales leñosos. El segundo está compuesto por: semillas, resinas, fibras, gomas, ceras, rizomas, hojas, pencas, tallos, tierra de monte, entre otros; para el desahogo de este apartado se tomarán en cuenta los primeros, el resto se valorará en el apartado siguiente.

A su vez, los productos maderables son presentados por género y/o grupo donde se desglosa a la producción en función de sus características biológicas y por tipo de producto en el cual se presenta la producción de acuerdo al fin que esta tiene, ver la siguiente tabla.

**Tabla II.9 Clasificación de los productos forestales maderables.**

<b>Por Género y/o Grupo</b>	<b>Por producto</b>
Pino	Escuadría
Oyamel	Celulosa
Otras coníferas	Chapa y triplay



Por Género y/o Grupo	Por producto
Encino	Postes, pilotes y morillos
Otras latifoliadas	Leña
Preciosas	Carbón
Comunes tropicales	Durmientes

Para este caso se optó por tomar la primera clasificación, por género o grupo, en la que se catalogó la materia prima forestal a remover con motivo del CUSTF para el proyecto en "Comunes tropicales".

De acuerdo con la fuente referida anteriormente, el precio fue asignado según las cifras de producción maderable en el estado de Yucatán, mismas que ascendieron a 5,740 m<sup>3</sup>rta y el valor de la producción de \$6,700, 322.00 M.N.; de lo que resulta un costo por m<sup>3</sup>rta de **\$1,167.30 M.N.** Cabe aclarar que en estos costos de referencia se manejan los volúmenes rollo total árbol, sin embargo, se consideraron los mismos para nuestra estimación en volumen total árbol, puesto que como ya se mencionó la finalidad no es comercializar sino estimar la cantidad de materia derivada del cambio de uso de suelo. Derivado de este procedimiento, se obtuvo lo siguiente.

**Tabla II.10 Valor económico de los recursos forestales maderables, en el área de CUSTF.**

Nombre científico	Área basal (m <sup>2</sup> )	V.T.A. (m <sup>3</sup> )	ni	Valor económico
<i>Acacia gaumeri</i> Blake.	385.354071	2062.54383	27261.273	2407607.42
<i>Albizia tomentosa</i> (Micheli)Standl.	3.63052916	13.0935628	349.5035	15284.1159
<i>Alvaradoa amorphoides</i> Liebm.	6.31074137	21.6030591	2097.021	25217.2509
<i>Bauhinia divaricata</i> L.	1.54405916	6.23360423	349.5035	7276.48622
<i>Bauhinia unguolata</i> L.	4.72825229	19.5302836	1048.5105	22797.7001
<i>Bosh-che</i> sp. 1	4.12654959	86.728691	1048.5105	101238.401
<i>Bourreria pulchra</i> Millsp. ex Greenman	401.442413	1804.34211	46483.9655	2106208.55
<i>Bunchosia swartziana</i> Griseb.	34.239958	131.481569	8388.084	153478.435

Documento Técnico Unificado, modalidad B-Regional del proyecto  
"Ticul A"

<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	308.080292	1977.82445	18174.182	2308714.48
<i>Caesalpinia</i> sp.	1.9462008	8.03028114	349.5035	9373.74718
<i>Caesalpinia yucatanensis</i> Greenm.	1.51331523	4.70563426	699.007	5492.88687
<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose. var. <i>leucospermum</i> (Brandegees) Barneby & Grimes.	6.37552323	25.770963	349.5035	30082.4451
Choben-che sp.1	5.42136329	24.3998502	1048.5105	28481.9451
<i>Coccoloba barbadensis</i> Jacq.	66.4642669	304.247404	9436.5945	355147.994
<i>Colubrina</i> Sp.2	1.15975999	4.30175762	349.5035	5021.44167
<i>Crateva tapia</i> L.	12.3867857	73.7385876	699.007	86075.0534
<i>Croton arboreus</i> Millsp.	8.56053851	40.011721	2796.028	46705.6819
<i>Diospyros yatesiana</i> Standl.	12.6343842	72.9490817	3145.5315	85153.463
<i>Diphysa carthagenensis</i> Jacq.	51.5800856	200.537113	15028.6505	234086.972
<i>Ehretia tinifolia</i> L.	3.85534417	20.8016502	349.5035	24281.7663
<i>Elaeodendron</i> Sp.	16.9517109	63.1409354	5242.5525	73704.4139
<i>Erythroxylum</i> sp.	10.4548589	40.9328061	1747.5175	47780.8646
<i>Eugenia</i> sp.	12.051073	52.8753245	2097.021	61721.3662
<i>Guettarda elliptica</i> Sw.	14.0041362	63.5928952	3145.5315	74231.9865
<i>Gymnopodium floribundum</i> Rolfe.	586.325243	2416.31881	121627.218	2820568.94
<i>Havardia albicans</i> (Kunth) Britton & Rose.	294.711416	1480.69158	18873.189	1728411.28
<i>Helicteres baruensis</i> Jacq.	0.98819787	4.13744491	349.5035	4829.63944
<i>Jatropha gaumeri</i> Greenm.	20.8718369	95.0017917	6291.063	110895.591
<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Roemer & Schultes) Zucc.	99.9158627	538.987507	6990.07	629160.116
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit. ssp. <i>leucocephala</i>	43.4021992	186.667725	9087.091	217897.235
<i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth.	15.0692626	61.8721165	5592.056	72223.3216
<i>Lonchocarpus</i> sp.1	59.1120748	2311.80239	11533.6155	2698566.93
<i>Lonchocarpus xuul</i> Lundell.	490.005048	2523.61154	72347.2245	2945811.75
<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth.	61.2611307	411.719876	1747.5175	480600.611
<i>Mimosa bahamensis</i> Benth.	92.8120239	331.581133	23766.238	387054.657
<i>Neomillspaughia emarginata</i> (Gross) S.F. Blake.	13.4529414	55.6245171	4543.5455	64930.4988
NID sp.1	3.93110601	23.7980788	699.007	27779.4974
<i>Parmentiera millspaughiana</i> L.O. Williams	0.7422464	3.0556504	349.5035	3566.86071
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	777.408055	3706.21872	91919.4205	4326269.11
<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg) Nied.	106.160999	731.706881	16426.6645	854121.442
<i>Psidium</i> sp.1	0.95553244	5.21707798	349.5035	6089.89512

---

<i>Randia aculeata</i> L.	141.551384	584.345392	25513.7555	682106.376
<i>Senna</i> sp.	75.214759	348.726188	13630.6365	407068.079
<i>Thouinia paucidentata</i> Radlk.	9.91107559	51.5856532	1398.014	60215.933
<i>Vachellia cornigera</i> (L.) Seigler & Ebinger.	6.8967976	26.4667204	2446.5245	30894.6027
<i>Vachellia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Seigler & Ebinger ssp. pennatula	35.9912642	169.616946	3495.035	197993.861
<i>Wimmeria</i> Sp.	6.07329938	20.0935048	699.007	23455.1482
<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton & Millspaugh.	4.43151843	20.3766326	699.007	23785.6433
<b>Total</b>	<b>4,322.01149</b>	<b>23,232.641</b>	<b>592,058.929</b>	<b>27,119,461.9</b>

De acuerdo a la estimación anterior, el costo de los recursos forestales maderables en el área del proyecto será de \$27,119, 461.9 M.N.

### II.22.2. Valor económico de la fauna

El proyecto se encuentra inmerso en el estado Yucatán, el cual posee una gran variedad de especies animales que han sido aprovechadas de diferentes maneras, desde la cacería de subsistencia en comunidades rurales hasta la práctica cinegética en algunas unidades de manejo (UMA), e igualmente a través de la venta de productos y subproductos de la fauna silvestre criada en cautiverio, ya sea en UMA's registradas, o bien en criaderos no regularizados o traspatios. A continuación, se presenta el panorama general.

Si bien la fauna silvestre ha sido aprovechada desde tiempos remotos de forma directa (alimento, pieles, cueros, plumas o la venta de animales vivos, así también para uso en investigaciones biomédicas, farmacéutico, medicina tradicional, ritos, artesanías) e indirecta (la caza y pesca deportiva, turismo, recreación y educativo), las especies nativas (animales y plantas silvestres) en conjunto, componen la riqueza y diversidad de los ecosistemas, y forman parte del patrimonio natural de cada región, que le dan un valor ecosistémico único.

Sin embargo, normalmente, la sociedad valora las cosas de acuerdo a su utilidad, es decir, le otorga un valor real o económico, expresado generalmente en dinero. Puede ser "valor de mercado", "valor comercial" o "valor no comercial". El valor de mercado es lo mínimo que se pide y lo máximo que se ofrece por un bien o servicio; varía en el tiempo y el espacio según la oferta y la demanda. Mientras que, las poblaciones de animales sometidas a uso comercial poseen valor de mercado por consumo directo como bienes de uso; por ejemplo, la carne para el consumo doméstico. Cuando tales bienes son objetos de compra y venta, adquieren valor comercial, un precio y, por lo tanto, valor económico evidente. Este valor es simple y claro, pero aplicable sólo al conjunto que forman los animales domésticos, objeto de uso y comercio, como vacas, cerdos y aves, principalmente. Cuando un bien no está sujeto a la oferta y la demanda, pero es apreciado por la gente, adquiere "valor no comercial" difícil de determinar, puesto que está basado en elementos como los sentimientos o beneficios, que no generan dinero. Este valor depende de la disposición de personas o sociedades para pagar por conservar lo que consideran importante para uso futuro.

Tradicionalmente, los sistemas de valoración aceptados subestiman la contribución de la fauna silvestre, aunque su valor puede alcanzar cifras importantes. Actualmente, en nuestro país, su principal valor reside únicamente en el aporte nutricional para la población rural, en las zonas más apartadas y pobres del país. Sin embargo, recientemente se ha asignado alto valor al aporte recreacional o turístico y ambiental de la fauna nativa, por los usos alimenticios, la caza y el turismo.

De igual forma, a la fauna silvestre se le asigna un valor económico relacionado con su uso directo, que corresponde a las especies que el hombre caza, cría, captura y mantiene en cautiverio, mismas que posteriormente comercializa vivas o alguna de sus partes; aunque se debe señalar que no todas las especies en la naturaleza resultan ser de interés económico para el hombre. El valor por su uso indirecto está relacionado con el papel que

desempeñan dentro de los ecosistemas naturales del que forman parte, cuyo valor no es tasable en dinero.

Los valores de uso a su vez se dividen en valor de uso directo, de uso indirecto, valor de opción y valor de existencia. El valor de uso directo es el más accesible en su concepción, debido a que se reconoce de manera inmediata a través del consumo del recurso biológico (alimentos, la explotación pesquera, la obtención de carne, pieles y otros productos animales). El valor de opción se refiere al valor de los usos potenciales de los recursos biológicos para su utilización futura directa o indirecta. El valor de existencia es el valor de un bien ambiental simplemente porque existe: este valor es de orden ético, con implicaciones estéticas, culturales o religiosas; sin implicaciones de posesión o de uso directo o indirecto de ellos. En cuanto a la fauna silvestre se tiene que algunos de los usos se encuentran las de importancia cultural, cacería, aves canoras y de ornato, propagación y comercio internacional.

Para poder estimar la valoración económica de la fauna en el área solicitada para el Cambio de Uso del Suelo, se tomó información del tipo de uso dado a las especies de León Martínez (2006), Ruano (2011), Montes y Mukul, (2009), los paquetes de cacería de Paquete de cacería la UMA Nicté-Ha UMA EX0042, así como diálogos con los pobladores de la localidad. En la siguiente tabla se muestran los costos, cabe mencionar que varias especies no presentan registro de precios en el mercado, puesto que no se comercializan, sin embargo, se les asignó el valor de alguna especie similar en aspecto, con uso potencial de ornato o mascota.

**Tabla II.11 Valoración económica de la fauna en el área de CUSTF. Los valores de número de organismos únicamente corresponden a los registros obtenidos directamente en campo.**

Clase	Especie	No. De organismo	Costo	Total
Aves	<i>Amazilia candida</i>	3	1200	3600
Aves	<i>Amazona albifrons</i>	1	800	800
Aves	<i>Arremonops rufivirgatus</i>	1	300	300
Aves	<i>Buteo jamaicensis</i>	1	2800	2800

Clase	Especie	No. De organismo	Costo	Total
Aves	<i>Buteo magnirostris</i>	1	3000	3000
Aves	<i>Caprimulgus badius</i>	7	500	3500
Aves	<i>Cathartes aura</i>	10	300	3000
Aves	<i>Chlorostilbon canivetii</i>	2	1200	2400
Aves	<i>Columbina inca</i>	6	50	300
Aves	<i>Columbina passerina</i>	2	50	100
Aves	<i>Columbina talpacoti</i>	5	50	250
Aves	<i>Coragyps atratus</i>	3	300	900
Aves	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	1	100	100
Aves	<i>Cyanocorax yncas</i>	1	600	600
Aves	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	47	350	16450
Aves	<i>Eumomota superciliosa</i>	7	500	3500
Aves	<i>Hirundo rustica</i>	8	50	400
Aves	<i>Icterus cucullatus</i>	13	200	2600
Aves	<i>Icterus gularis</i>	4	200	800
Aves	<i>Melanerpes pygmaeus</i>	4	600	2400
Aves	<i>Mimus gilvus</i>	4	50	200
Aves	<i>Molothrus aeneus</i>	1	100	100
Aves	<i>Myiarchus tyrannulus</i>	1	100	100
Aves	<i>Myiozetetes similis</i>	11	100	1100
Aves	<i>Ortalis vetula</i>	6	50	300
Aves	<i>Pachyramphus aglaiae</i>	6	150	900
Aves	<i>Passerina cyanea</i>	3	150	450
Aves	<i>Piaya cayana</i>	3	200	600
Aves	<i>Polioptila caerulea</i>	3	150	450
Aves	<i>Psilorhinus morio</i>	3	150	450
Aves	<i>Quiscalus mexicanus</i>	2	100	200
Aves	<i>Setophaga magnolia</i>	6	250	1500
Aves	<i>Setophaga petechia</i>	3	250	750
Aves	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	8	100	800
Aves	<i>Thryothorus ludovicianus</i>	1	580	580

Clase	Especie	No. De organismo	Costo	Total
Aves	<i>Tyrannus melancholicus</i>	1	150	150
Aves	<i>Vermivora peregrina</i>	3	150	450
Aves	<i>Zenaida asiatica</i>	20	320	6400
Mammalia	<i>Bassariscus sumichrasti</i>	3	1800	5400
Mammalia	<i>Didelphis virginiana</i>	1	1500	1500
Mammalia	<i>Mazama pandora</i>	6	9500	57000
Mammalia	<i>Pecarí tajacu</i>	1	4180	4180
Mammalia	<i>Sylvilagus floridanus</i>	2	50	100
Mammalia	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	1	8300	8300
Reptilia	<i>Anolis rodriguezii</i>	1	250	250
Reptilia	<i>Anolis sagrei</i>	1	250	250
Reptilia	<i>Aspidoscelis angusticeps</i>	29	250	7250
Reptilia	<i>Boa constrictor</i>	1	1200	1200
Reptilia	<i>Ctenosaura similis</i>	3	200	600
Reptilia	<i>Micrurus diastema</i>	1	2000	2000
Reptilia	<i>Ninia sebae</i>	1	1800	1800
Reptilia	<i>Rhinoclemmys pulcherrima</i>	1	1200	1200
Reptilia	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	7	300	2100
	<b>Total general</b>	<b>271</b>		156,410

A partir de los datos anteriores, la estimación del valor económico de la fauna silvestre presente en el área de CUSTF del proyecto, asciende a \$156,410.00 (Ciento cincuenta y seis mil cuatrocientos diez mil pesos 00/100 M.N).

### II.22.3. Valor de la captura de carbono

Los servicios ambientales se pueden definir como el conjunto de condiciones y procesos naturales (incluyendo especies y genes) que la sociedad puede utilizar y que ofrecen las áreas naturales. Dentro de este conglomerado de servicios, se incluye la estabilidad climática, la contribución a ciclos básicos (agua, carbono y otros nutrientes) y la conservación de suelos, entre otros. Para el caso particular de recursos forestales, la

producción de tales servicios está determinada por las características de las áreas naturales y su entorno socioeconómico (Torre y Guevara, 2007).

La mayor parte de los procesos productivos y actividades domésticas requieren del uso de energía derivada de combustibles fósiles. Esta combustión emite óxidos de carbono (principalmente CO<sub>2</sub>) y otros gases que contribuyen al calentamiento atmosférico global (Loa 1996) señalan que este proceso ha aumentado 3.5 veces en los últimos 50 años y que la cantidad de estos gases en la atmósfera se ve incrementada como consecuencia del cambio de uso del suelo. Se estima que México emite alrededor de 3.70 toneladas de CO<sub>2</sub> por habitante, cifra que se encuentra 4.02 toneladas por debajo del promedio mundial (Carabias y Tudela 2000). Alrededor de dos tercios de este volumen corresponden a los diversos procesos de combustión en los sectores energético, industrial, de transporte y de servicios; el resto, se origina en los procesos de deforestación, cambio de uso de suelo y quema de leña.

La captura de carbono en el suelo comprende la interacción del elemento con aquellos factores que pueden influir en la modificación de las características del suelo a través del tiempo, tales como las condiciones ambientales del lugar y los componentes que conforman su estructura o que están íntimamente ligados a ella. El contenido de carbono en el suelo depende de los factores relacionados con su formación, pero puede modificarse por los cambios en su uso y manejo. Los factores climáticos y los factores del suelo permiten explicar el almacenamiento del carbono en largos periodos, mientras que el uso del suelo y los cambios de vegetación son considerados en periodos más cortos. Las grandes diferencias en la existencia de carbono entre diferentes zonas ecológicas se presentan en relación a la temperatura y la lluvia principalmente.

El potencial de captura de carbono está ligado al potencial de formación de biomasa. De ahí que las regiones donde resultan factibles altos rendimientos de biomasa sean las



regiones de mayor potencial de captura de carbono. Para México estas áreas están localizadas a lo largo de las llanuras costeras y en el sur y sureste del país, donde se registran los mayores rendimientos de biomasa. En este contexto, los mejores lugares para ubicar proyectos de captura de carbono son aquellos que tienen el mayor potencial para el desarrollo de plantaciones o sistema de cultivo de alto rendimiento en producción de biomasa.

Masera *et al.* (1995) sugieren que los sistemas agroforestales son los sistemas más prometedores para los proyectos de captura de carbono, dado que proporcionan alternativas de producción que combinan la producción de satisfactores con la de servicios ambientales. Otros autores como De Jong *et al.* (1995) señalan que las prácticas de cultivo como cercas vivas, cortinas rompevientos, sombras de árboles, y enriquecimiento de acahuales, entre otros, pueden también representar extraordinarias alternativas de proyectos de captura de carbono. En la siguiente tabla se presentan las estimaciones de captura de carbono según varios autores.

Tipo forestal	Condición	Captura (t C/ha)	Referencia
Pastizal Agricultura	Pérdida de carbono por cambio de uso de suelo		Adger, 1995
Bosque de coníferas		168.4 167.1	
Bosque Caducifolio		34.0 31.5	
Selva alta		164.8 163.5	
Selva baja y mediana		92.5 91.25	
Áreas Naturales Protegidas	Estimación para un periodo de 100 años	40-130	Masera, 1995
Bosque comercial		40-130	
Áreas reforestadas		50-150	
Plantaciones comerciales		50-120	

Tipo forestal	Condición	Captura (t C/ha)	Referencia
<b>Cerco vivo</b>	Bosque de pino-encino en partes altas (Chiapas). Periodo de 150 años	39	Hellier, 2000
<b>Plantación forestal</b>		121	
<b>Sistema taungya</b>		124	
<b>Acahual enriquecido</b>		124	
<b>Cerco vivo</b>	Bosque de transición; zona cafetalera (Chiapas). Periodo de 150 años	92	
<b>Plantación con árbol de</b>		116	
<b>sombra</b>		277	
<b>Sistema taungya</b>		277	
<b>Acahual enriquecido</b>			

El mercado de captura de carbono es un mercado internacional, aunque potencialmente también puede localizarse dentro del país. En él participan una parte compradora que es generalmente un país desarrollado y una parte vendedora comúnmente es un país en desarrollo, mismo que vende captura adicional de carbono (aditividad de los proyectos). Lo anterior no implica que los depósitos de carbono tengan algún valor ya que tal valor existe, sin embargo, regularmente se negocian aditividades (capturas adicionales).

Existen estimaciones sobre el valor de los depósitos de carbono en los bosques y selvas del país, así como de las pérdidas que se tendrían por cambio de uso del suelo, que se muestran a continuación.

En la actualidad no se puede reconocer un mercado de captura de carbono plenamente formado, dado que la mayor cantidad de las transacciones se han realizado como arreglos directos entre gobiernos u organizaciones no gubernamentales y los proveedores del servicio ambiental. Sin embargo, el valor económico de cada tonelada de carbono capturado en bosques y selvas, depende de los costos marginales del cambio climático,

mismos que son muy difíciles de estimar dado que requiere una enorme cantidad de proyecciones y supuestos. Nordhaus (1992) sugiere un costo marginal de US\$5 /t de C, mientras que Frankhauser (1995) estima este costo en US \$20/t de C debido a los riesgos derivados del cambio climático, tasas de descuento y otros.

En este sentido, se utilizó la estimación de captura de carbono para el área con cobertura vegetal (440.575 ha) la cual fue de 46,648.081 ton C/ha para la estimación económica del valor de captura de carbono en la superficie del área de CUSTF del proyecto. Los resultados obtenidos indican un valor total de \$ 4,300,627.65 por la captura de carbono en el área de CUSTF, mostrado en la siguiente tabla.

**Tabla II.12 Valor económico de la captura de carbono en el área del Proyecto.**

Tipo de Vegetación	Superficie (ha)	Estimación de la captura de carbono	Valor de tonCO2 (euros)	Tipo de cambio (Euro/\$)*	Total (pesos)
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia	440.575	46,648.081	4.48	20.5788	4,300,627.65
<b>Total</b>	<b>440.575</b>				<b>4,300,627.65</b>

\*Tipo de cambio Peso/euro consultado en Banxico 30/06/2016.

#### **II.22.4. Estimación económica de los recursos hidrológicos**

La captura de agua es el servicio ambiental que producen las aéreas arboladas al impedir el rápido escurrimiento del agua de lluvia precipitada, propiciando la infiltración de agua que alimenta los mantos acuíferos y la prolongación del ciclo del agua (IMTA, 1999). La valoración económica de los recursos hídricos ejerce un papel preponderante en la gestión de la demanda y en una mejor distribución entre sus varios usos. Una gestión optimizada de los recursos hídricos exige decisiones basadas en la eficiencia económica, la

igualdad social y la sostenibilidad ecológica. En último término, el valor económico de los recursos hídricos no depende únicamente de su cantidad, sino de al menos cuatro factores más: calidad, ubicación, fiabilidad de acceso y tiempo de disponibilidad, y están ligados íntimamente a los procesos físico-ambientales de la selva.

Además, los servicios hidrológicos pueden clasificarse en cinco categorías: a) los derivados de la oferta de agua: uso municipal, agrícola e industrial; b) los de oferta de agua *in situ*: uso recreacional, transportación y otros provenientes del agua; c) los de mitigación: reducción de daños por inundación, salinización de tierras, intrusión de agua de mar y sedimentación; d) los espirituales y estéticos: provisión de religiones, educacionales y turísticos, y e) los de soporte: agua y nutrientes para estuarios vitales y otros hábitat, así como opciones de preservación. Cada uno de estos servicios tiene atributos de cantidad, calidad, localización y tiempo de flujo. Por lo que, la importancia de los servicios hidrológicos está en función de los beneficios en la modificación de cada uno de sus atributos. Los usos de agua municipal, agrícola e industrial, se caracterizan por estar regulados por mercados, donde el precio del agua sólo representa los costos de la energía requerida para su extracción, la amortización de la infraestructura hídrica, los costos de operación y distribución.

En México existen pocos trabajos sobre estimaciones de captura de agua en zonas arboladas. Dentro de los trabajos pioneros en esta área se encuentra el de Martínez y Fernández (1983) y todo el conjunto de modelos de escurrimiento a partir del modelo lluvia-escurrimiento desarrollado por el CENAPRED (Domínguez *et al.*, 1994). 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). Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla II.13 Estimación de captura de agua en regiones forestales de Yucatán.**

	Total / Entidad (Millones de m <sup>3</sup> )			Volumen / ha (Miles de m <sup>3</sup> )		
	Bosques	Selvas	Total	Bosques	Selvas	Media ponderada
<b>Yucatán</b>	0.000	2,042.995	2,042.995	0.000	1.464	1.464

El precio del agua lo define el gobierno en función del valor agregado que se le pueda dar al agua, así como a su disponibilidad. Para ello el país se ha dividido en zonas y para cada una de ellas existe un precio por metro cúbico. Las zonas de disponibilidad 1 corresponden a regiones de baja disponibilidad o alta demanda, mientras que las que caen dentro de las de disponibilidad 9 corresponden a zonas de alta disponibilidad de agua. De acuerdo con lo establecido en la Ley Federal de Derechos, Artículo 223 *“Por la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales...se pagará el derecho sobre agua, de conformidad con la zona de disponibilidad de agua y la cuenca o acuífero en que se efectúe su extracción y de acuerdo con las siguientes cuotas ”*, tal como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla II.14 Valor económico del uso del agua (valor por cada m<sup>3</sup>).**

Zona de disponibilidad	Aguas superficiales	Aguas Subterráneas
1	\$13.82	\$18.62
2	\$6.36	\$7.21
3	\$2.09	\$2.51
4	\$1.59	\$1.82

El acuífero Península de Yucatán, que es donde se ubica el proyecto tiene una disponibilidad media anual de 3,388.864 mm<sup>3</sup> de agua, con una recarga media anual de 21, 813.4 mm<sup>3</sup>, de la cual se tiene documentada la extracción de 1,209.2 mm<sup>3</sup>, y un

volumen concesionado de 3,882.335 mm<sup>3</sup>, por lo que el acuífero Península de Yucatán le corresponde la zona de disponibilidad 3.

De acuerdo con los valores obtenidos de infiltración calculados para el área del proyecto, no se tiene volumen de infiltración por lo que la valorización del agua subterránea no puede considerarse y al no presentar cuerpos de agua superficiales, tampoco se considera este cálculo.

### II.22.5. Análisis de beneficios por mantener una cubierta forestal

En la siguiente figura se puede observar que los recursos biológico-forestales con mayor relevancia en términos económicos son los recursos vegetales maderables. En general, al mantener la cubierta forestal, de ello se derivan los demás recursos, llámense productos o servicios ambientales.

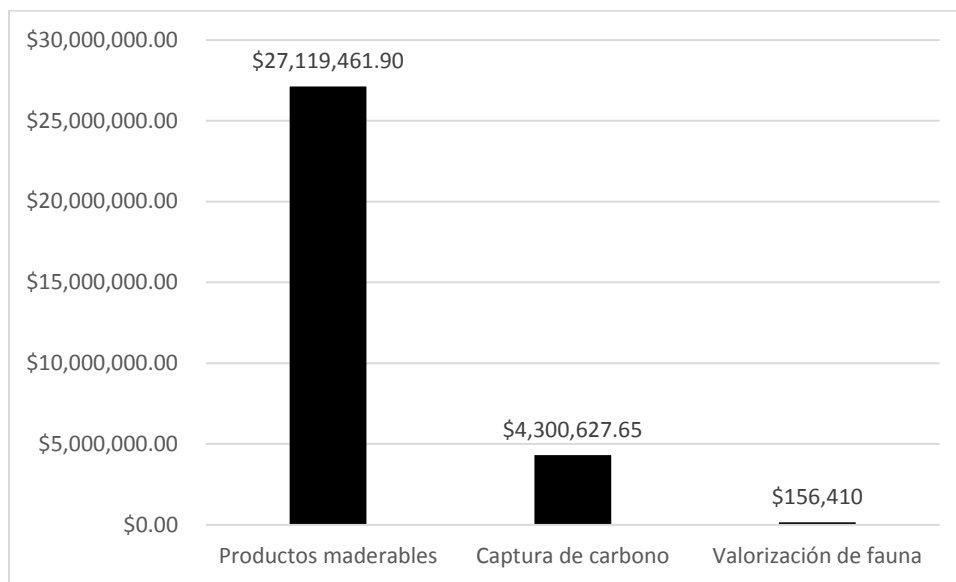


Figura II.15 Representación gráfica de la valoración económica de los recursos biológico-forestales en el área de CUSTF.

En este sentido es preciso destacar cuales son los beneficios que la humanidad obtiene por conservar la cobertura vegetal en el polígono sujeto a cambio de uso de suelo: los procesos ecológicos de los ecosistemas naturales suministran a la humanidad una gran e importante gama de servicios gratuitos de los que dependemos. Las selvas han sido tradicionalmente fuente de maderas preciosas, leña y diversidad de plantas y animales para la subsistencia de comunidades rurales e indígenas. Además, son sustento de los procesos de funcionamiento de los ecosistemas incluyendo ciclo de nutrientes y agua, retención y formación de suelos, hábitat de biodiversidad, regulación del clima, erosión y eventos extremos, mantenimiento de la biodiversidad. También desempeñan un papel importante en la regulación de polinizadores, plagas y vectores de enfermedades.

El bosque o selva natural, a través de sus raíces más profundas y la existencia de sotobosque, presenta los menores niveles de erosión y sedimentación, sin embargo, la introducción de otros usos del suelo, no necesariamente significa desastres en términos de erosión si dicho cambio es acompañado de prácticas adecuadas de conservación de suelos. De la misma manera, la introducción de proyectos de reforestación no necesariamente disminuye la sedimentación a menos que sea acompañada por prácticas de conservación.

# CAPÍTULO III

VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y  
ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES





## Contenido

III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES.....	6
III.1. Ordenamientos jurídicos ambientales .....	8
III.1.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos .....	9
III.1.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente .....	10
III.1.3. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto ambiental. ....	13
III.1.4. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable .....	16
III.1.5. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal .....	18
III.1.6. Ley General de Vida Silvestre .....	19
III.1.7. Ley de Aguas Nacionales .....	20
III.1.8. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales .....	21
III.1.9. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos.....	22
III.1.10. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	24
III.1.11. Ley General de Cambio Climático .....	26
III.1.12. Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones.....	27
III.1.13. Ley de la Industria Eléctrica.....	28
III.1.14. Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica.....	30
III.1.15. Ley para el aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética .....	31
III.1.16. Reglamento de la Ley para el aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.....	32
III.1.17. Ley de la Comisión Reguladora de Energía .....	33

III.2.	Instrumentos de política ambiental en el ámbito Internacional .....	34
III.2.1.	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. ....	35
III.2.2.	Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Protocolo de Kioto). ....	37
III.3.	Instrumentos de planeación .....	41
III.3.1.	Plan Nacional de Desarrollo de 2013-2018 .....	42
III.3.2.	Programa Sectorial de Energía .....	43
III.3.3.	Programa Nacional de Infraestructura.....	45
III.3.4.	Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales .....	46
III.3.5.	Programa Nacional de Desarrollo Urbano .....	46
III.3.6.	Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía .....	47
III.3.7.	Programa Especial de Cambio Climático.....	49
III.3.8.	Plan Estatal de Desarrollo Yucatán.....	51
III.3.9.	Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio .....	52
III.3.10.	Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe	65
III.3.11.	Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán .....	66
III.3.12.	Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán	84
III.3.13.	Programas de Desarrollo Urbano (PDU) .....	85
III.4.	Decretos y programas de conservación y manejo de las Áreas Naturales Protegidas .....	86
III.5.	Sitios RAMSAR .....	90
III.6.	Normas Oficiales Mexicanas .....	92

## Figuras

Figura III. 1. Ubicación del predio de proyecto con respecto al POEGT.....	53
Figura III. 2. Ubicación del proyecto respecto al ámbito de aplicación geográfico del POEMyRGMMyMC. ....	66
Figura III. 3. Ubicación del proyecto de acuerdo al POETY. ....	69
Figura III. 4. Ubicación del Proyecto respecto al Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán. ....	85
Figura III. 5. Áreas Naturales Protegidas federales cercanas al sitio del proyecto. ....	87
Figura III. 6. Áreas Naturales Protegidas estatales cercanas al sitio del proyecto.....	88
Figura III. 7. Áreas Naturales Protegidas municipales cercanas al sitio del proyecto. ....	89
Figura III. 8. Ubicación del proyecto respecto a Sitios RAMSAR. ....	91

## **Tablas**

Tabla III. 1 Vinculación del proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.....	10
Tabla III. 2. Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto ambiental. ....	13
Tabla III. 3 Vinculación del Proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. ....	17
Tabla III. 4. Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal.	18
Tabla III. 5. Vinculación del proyecto con la Ley General de Vida Silvestre. ....	19

Tabla III. 6. Vinculación del proyecto con la Ley de Aguas Nacionales. ....	20
Tabla III. 7. Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales. ....	21
Tabla III. 8. Vinculación del Proyecto con la LGPGIR. ....	22
Tabla III. 9. Artículos del Reglamento de la LGPGIR aplicables para el desarrollo del proyecto. ....	25
Tabla III. 10. Vinculación del proyecto con la Ley General de Cambio Climático. ....	26
Tabla III. 11. Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones. ....	27
Tabla III. 12. Vinculación del proyecto con la Ley de la Industria Eléctrica. ....	29
Tabla III. 13. Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica ....	30
Tabla III. 14. Vinculación del proyecto con la Ley para el aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. ....	31
Tabla III. 15. Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley para el aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. ....	32
Tabla III. 16. Vinculación del proyecto con la Ley de la Comisión Reguladora de Energía. ....	33
Tabla III. 17. Vinculación del proyecto con el Plan Nacional de Desarrollo. ....	42
Tabla III. 18. Vinculación del Programa Sectorial de Energía con el proyecto. ....	44
Tabla III. 19. Vinculación del Programa Nacional de Infraestructura con el proyecto. ....	45

Tabla III. 20. Vinculación del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales con el proyecto. ....	46
Tabla III. 21. Vinculación del Programa Nacional de Desarrollo Urbano con el Proyecto. ....	47
Tabla III. 22. Vinculación del Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y el Proyecto.....	48
Tabla III. 23. Vinculación del Programa Especial de Cambio Climático con el proyecto.....	50
Tabla III. 24. Vinculación del Plan Estatal de Desarrollo Yucatán con el proyecto. ....	51
Tabla III. 25 Política y estrategias establecidas para las UAB aplicables.....	54
Tabla III. 26. Estrategias del POEGT vinculadas con el proyecto.....	54
Tabla III. 27. Usos de suelo y utilización del territorio para el Estado de Yucatán establecidos en el POETY. ....	67
Tabla III. 28. Resumen de la UGA en la que incide el proyecto.....	68
Tabla III. 29. Vinculación del proyecto con los lineamientos generales del POETY. ....	70
Tabla III. 30. Criterios Particulares para las UGA's en las que incide el proyecto.....	77
Tabla III. 31. Sitios RAMSAR en el Estado de Yucatán.....	90
Tabla III. 32. Vinculación del proyecto con las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.....	92

### **III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES**

El presente capítulo tiene por objeto relacionar el proyecto con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables, así como evidenciar el cumplimiento de dichos instrumentos en todas las etapas del proyecto.

Mediante el *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*; publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 22 de diciembre de 2010, en el cual, se establecen los trámites unificados de aprovechamiento forestal y de cambio de uso de suelo forestal, este último en sus modalidades A y B.

Así mismo, en el citado Acuerdo se define al Documento Técnico Unificado (DTU) como sigue:

*"SEGUNDO. Para los efectos del presente Acuerdo se entenderá por:*

*...*

*II. Documento técnico unificado, el que integra la manifestación de impacto ambiental, en sus modalidades regional o particular, señaladas en los artículos 12 y 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, con el estudio técnico justificativo señalado en el artículo 121 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y cuyo contenido se describe en los artículos Sexto y Séptimo del presente Acuerdo.*

*..."*

Ahora bien, el Acuerdo por el que se unifica la evaluación de impacto ambiental y cambio de uso de suelo en terrenos forestales, en su artículo Segundo, fracción V, establece que el trámite unificado de cambio de uso de suelo forestal, modalidad B corresponde a las

obras y actividades señaladas en la fracción VII (referentes al cambio de uso de suelo de áreas forestales, así como el selvas y zonas áridas) más las descritas **en cualquier otra fracción del artículo 28** de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), excepto la prevista en la fracción V de dicho numeral (correspondiente a los aprovechamientos forestales en selvas tropicales y especies de difícil regeneración) y el trámite de autorización de cambio de uso de suelo forestal a que se refiere el artículo 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

Adicionalmente, el artículo 28 de la LGEEPA, fracción XIII, establece:

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

*...*

*II.- Industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica;*

*...*

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

*..."*

De acuerdo con lo anterior, son aplicables al proyecto las fracciones II y VII, del artículo 28 de la LGEEPA y por tanto la modalidad B del Documento Técnico Unificado para cambios de uso de suelo y evaluación de obras de competencia federal al ser un proyecto al estar integrado por las siguientes obras y actividades:

- Planta Fotovoltaica
- Línea de transmisión eléctrica
- Zanja para cableado
- Subestación de elevación
- Edificio de control y mantenimiento
- Caminos internos

### **III.1. Ordenamientos jurídicos ambientales**

En el presente apartado se realizará el análisis de los siguientes instrumentos normativos, en numerales siguientes se establece la vinculación específica con cada uno de ellos:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto ambiental.
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable
- Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal
- Ley General de Vida Silvestre
- Ley de Aguas Nacionales
- Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales



- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos
- Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
- Ley General de Cambio Climático
- Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones
- Ley de la Industria Eléctrica
- Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica
- Ley para el aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética
- Reglamento de la Ley para el aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética
- Ley de la Comisión Reguladora de Energía

### **III.1.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos**

En el artículo 4° Constitucional se establece que toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. De igual forma establece que el daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quién lo provoque.

Por su parte, el artículo 27 establece que la Nación tendrá en todo tiempo el derecho de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, así como de dictar las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, a efecto

de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población, para preservar y restaurar el equilibrio ecológico.

De tal forma que el proyecto se somete a procedimiento de evaluación de impacto ambiental, con apego a la legislación en materia ambiental evaluando los impactos del proyecto al ambiente y estableciendo medidas para preservar el equilibrio ecológico.

### **III.1.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente**

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental establecen que el uso de suelo deberá ser compatible con su vocación natural y que al hacer uso de él no se deberá alterar el equilibrio de los ecosistemas. En este sentido el proyecto respetará en todo momento, el uso de suelo de acuerdo a lo establecido en los instrumentos de Planeación y Ordenamiento Ecológico vigentes en la zona del proyecto (en las secciones posteriores del presente capítulo, se evidenciará el cumplimiento del proyecto con respecto a los dichos instrumentos).

Adicionalmente, en esta Ley se establecen las condiciones a que se sujetará la realización de las obras y actividades que puedan causar un desequilibrio ecológico. Los principales artículos con que se vincula el proyecto que nos ocupa se mencionan a continuación.

**Tabla III. 1 Vinculación del proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.**

<b>Artículo</b>	<b>Vinculación con el proyecto</b>
<i>"Artículo 28. La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan</i>	Son aplicables al proyecto las fracciones II y VII, del artículo 28 de la LGEEPA y por tanto la modalidad B del Documento Técnico Unificado para cambios de uso de suelo y evaluación de obras de competencia

<p><i>causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente.</i></p> <p><i>Para ello, en los casos que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo, alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:</i></p> <p><i>...</i></p> <p><i>II.- Industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica;...</i></p> <p><i>VII.- Cambios de uso de suelo forestales; así como en selvas y zonas áridas;</i></p> <p><i>..."</i></p>	<p>federal al ser un proyecto al estar integrado por las siguientes obras y actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Planta Fotovoltaica</li><li>• Línea de transmisión eléctrica</li><li>• Zanja para cableado</li><li>• Subestación de elevación</li><li>• Edificio de control y mantenimiento</li><li>• Caminos internos</li></ul> <p>Asimismo, el proyecto se ajusta a las disposiciones establecidas en la presente Ley, ya que el desarrollo de las obras y/o actividades requieren ser evaluadas en materia de impacto ambiental por el Cambio de Uso de Suelo, para la cual se ha considerado como la actividad más relevante en cuanto a los impactos ambientales identificados, por lo que se somete a la el presente proyecto a Evaluación en Materia de Impacto Ambiental mediante la presentación de un Documento Técnico Unificado.</p>
<p><i>"Artículo 30. Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo</i></p>	<p>El proyecto se ajusta al precepto establecido en el artículo en cita, ya que para obtener la autorización en materia de impacto ambiental, se presenta el Documento Técnico Unificado, en el que se ha incluido una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por el desarrollo de la obra, así como las estrategias ambientales definidas como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.</p>

<p>los efectos negativos sobre el ambiente.</p> <p>... “</p>	
<p>“ARTICULO 35 .- Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de evaluación, para lo cual revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas en esta Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, e integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de diez días.</p> <p>Para la autorización de las obras y actividades a que se refiere el artículo 28, la Secretaría se sujetará a lo que establezcan los ordenamientos antes señalados, así como los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico del territorio, las declaratorias de áreas naturales protegidas y las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables.</p> <p>Asimismo, para la autorización a que se refiere este artículo, la Secretaría deberá evaluar los posibles efectos de dichas obras o actividades en el o los ecosistemas de que se trate, considerando el conjunto de elementos que los conforman y no únicamente los recursos que, en su caso, serían sujetos de aprovechamiento o afectación.”</p>	<p>Para determinar la viabilidad ambiental del predio donde se pretende llevar a cabo el desarrollo del proyecto se tiene que llevar a cabo un análisis técnico-jurídico, partiendo en primera instancia de lo requerido por el Artículo 35 de la LGEEPA.</p> <p>El artículo citado establece de manera general a la autoridad la forma en que deberá iniciar el procedimiento de evaluación, para lo cual la Secretaría prestará especial atención a que el proyecto se ajuste a lo establecido en la LGEEPA, su Reglamento en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA) y las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) que le sean aplicables, además de lo que se especifique en los programas de desarrollo urbano (PDU's), los ordenamientos ecológicos del territorio (OET's), de existir y las declaratorias de áreas naturales protegidas(D-ANP's), así como sus programas de manejo (si existen) y deja a salvo algunas otras disposiciones jurídicas, en materia ambiental, que resulten aplicables al proyecto. Al respecto, dichos instrumentos fueron considerados en el desarrollo del presente capítulo del DTU del proyecto, a fin de evidenciar su cumplimiento.</p>
<p>“ARTÍCULO 110.- Para la protección a la atmósfera se considerarán los siguientes criterios:</p> <p>I.- La calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y las regiones del país;</p>	<p>Una vez definido el proyecto como una actividad tipificada en el aprovechamiento de energías renovables y limpias, conlleva a la reducción de emisiones a la atmósfera para asegurar una calidad</p>

y <i>II.- Las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico."</i>	del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico. Lo anterior, da cabal cumplimiento a lo establecido en el artículo citado.
---	--

De acuerdo con lo anterior, el proyecto cumple con las disposiciones establecidas en esta ley, mediante la presentación del DTU ante la autoridad competente a fin de obtener la autorización en materia de impacto ambiental, así como para el cambio de uso de suelo, que a su vez obedece el carácter preventivo, toda vez que se sujete a las medidas preventivas y correctivas para minimizar los impactos y riesgos que durante el desarrollo del proyecto pudiera ocasionar al entorno.

### **III.1.3. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto ambiental.**

En concordancia con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, se ha vinculado el proyecto con los siguientes artículos de su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

**Tabla III. 2. Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto ambiental.**

<b>Artículo</b>	<b>Vinculación con el proyecto</b>
<b>Artículo 50.-</b> Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán	El proyecto pretende el aprovechamiento de energía solar para la conversión o

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p>previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:</p> <p>...</p> <p><b>K) INDUSTRIA ELÉCTRICA:</b></p> <p>I. Construcción de plantas nucleoelectricas, hidroelectricas, carboelectricas, geotermoelctricas, eoloelctricas o termoelctricas, convencionales, de ciclo combinado o de unidad turbogás, con excepción de las plantas de generación con una capacidad menor o igual a medio MW, utilizadas para respaldo en residencias, oficinas y unidades habitacionales;</p> <p><b>II. Construcción de estaciones o subestaciones eléctricas de potencia o distribución;</b></p> <p><b>III. Obras de transmisión y subtransmisión eléctrica, y</b></p> <p>IV. Plantas de cogeneración y autoabastecimiento de energía eléctrica mayores a 3 MW.</p> <p>Las obras a que se refieren las fracciones II a III anteriores no requerirán autorización en materia de impacto ambiental cuando pretendan ubicarse en áreas urbanas, suburbanas, de equipamiento urbano o de servicios, rurales, agropecuarias, industriales o turísticas.</p> <p>...</p> <p><b>O) CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO EN SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS:</b></p> <p>I. Cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios</p>	<p>transformación a energía eléctrica, por lo que son aplicables al proyecto las fracciones II y III del inciso k) así como la fracción I del inciso O) del artículo 5° del REIA, ya que el proyecto incluye una planta fotovoltaica, una subestación de elevación así como una línea de transmisión eléctrica y como ya se mencionó anteriormente requiere cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por lo que mediante el procedimiento de impacto ambiental al que se somete a través de este Documento Técnico Unificado se da cumplimiento al presente precepto.</p>

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p>en predios con vegetación forestal, con excepción de la construcción de vivienda unifamiliar y del establecimiento de instalaciones comerciales o de servicios en predios menores a 1000 metros cuadrados, cuando su construcción no implique el derribo de arbolado en una superficie mayor a 500 metros cuadrados, o la eliminación o fragmentación del hábitat de ejemplares de flora o fauna sujetos a un régimen de protección especial de conformidad con las normas oficiales mexicanas y otros instrumentos jurídicos aplicables;</p> <p>..."</p>	
<p><i>"Artículo 44. Al evaluar las manifestaciones de impacto ambiental la Secretaría deberá considerar:</i></p> <p><i>Los posibles efectos de las obras o actividades a desarrollarse en el o los ecosistemas de que se trate, tomando en cuenta el conjunto de elementos que los conforman, y no únicamente los recursos que fuesen objeto de aprovechamiento o afectación;</i></p> <p><i>II. La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos, y</i></p> <p><i>En su caso, la Secretaría podrá considerar las medidas preventivas, de mitigación y las demás que sean propuestas de manera voluntaria por el solicitante, para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.</i></p>	<p>El presente DTU, cumple con lo establecido en el presente artículo, toda vez de que se han considerado los posibles efectos del proyecto a desarrollarse en el ecosistema que prevalece en el sitio del proyecto.</p> <p>Aunado a lo anterior, se ha considerado la implementación de las medidas preventivas, de mitigación para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente. Asimismo, serán consideradas aquellas medidas adicionales que resulten necesarias y que la autoridad ambiental dictamine en el caso de ser favorable la resolución para el proyecto que nos ocupe.</p>

El proyecto se ajusta a los artículos en cita, en virtud de la presentación del Documento Técnico Unificado, para ser evaluado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y obtener la autorización correspondiente en materia de impacto ambiental.

#### **III.1.4. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable**

En virtud de que el proyecto requiere de la autorización de cambio de uso de suelo de terrenos forestales, definido de acuerdo a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, en su Fracción V, Artículo 7 como "la remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales. En la siguiente tabla se presenta la vinculación del proyecto con el ordenamiento jurídico en cita.



**Tabla III. 3 Vinculación del Proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.**

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>"ARTICULO 117. La Secretaría sólo podrá autorizar el cambio de uso del suelo en terrenos forestales, por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos que demuestren que no se compromete la biodiversidad, ni se provocará la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación; y que los usos alternativos del suelo que se propongan sean más productivos a largo plazo. Estos estudios se deberán considerar en conjunto y no de manera aislada.</i></p> <p><i>En las autorizaciones de cambio de uso del suelo en terrenos forestales, la autoridad deberá dar respuesta debidamente fundada y motivada a las propuestas y observaciones planteadas por los miembros del Consejo Estatal Forestal.</i></p> <p><i>No se podrá otorgar autorización de cambio de uso de suelo en un terreno incendiado sin que hayan pasado 20 años, a menos que se acredite fehacientemente a la Secretaría que el ecosistema se ha regenerado totalmente, mediante los mecanismos que para tal efecto se establezcan en el reglamento correspondiente.</i></p> <p><i>Las autorizaciones que se emitan deberán atender lo que, en su caso, dispongan los programas de ordenamiento ecológico correspondiente, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables..."</i></p>	<p>Mediante la presentación del presente DTU que a su vez incluye el Estudio Técnico Justificativo, se solicita la autorización de cambio de uso de suelo forestal, por lo que el proyecto se ajusta al supuesto jurídico que se cita, además en capítulos posteriores, se demuestra que no se compromete la biodiversidad, ni se provocará erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación. Cabe mencionar que el terreno al que se pretende realizar el cambio de uso de suelo, no corresponde a un terreno incendiado.</p>

### III.1.5. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal

El presente reglamento deriva de la Ley General de Desarrollo Forestal y debido a que el proyecto requiere cambio de uso de suelo forestal como ya se ha mencionado, es vinculante el presente Reglamento.

**Tabla III. 4. Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal.**

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>Artículo 120. Para solicitar la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, el interesado deberá solicitarlo mediante el formato que expida la Secretaría, el cual contendrá lo siguiente:</i></p> <p><i>Nombre, denominación o razón social y domicilio del solicitante;</i></p> <p><i>Lugar y fecha;</i></p> <p><i>Datos de ubicación del predio o conjunto de predios, y</i></p> <p><i>Superficie forestal solicitada para el cambio de uso del suelo y el tipo de vegetación por afectar.</i></p> <p><i>Junto con la solicitud, deberá presentarse el estudio técnico justificativo, así como copia simple de la identificación oficial del solicitante y original o copia certificada del título de propiedad debidamente inscrita en el registro público que corresponda o en su caso, del documento que acredite la posesión o el derecho para realizar actividades que impliquen el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, así como copia simple para su cotejo. Tratándose de ejidos o comunidades</i></p>	<p>El proyecto cumple con las disposiciones establecidas en el Reglamento al presentar el Dictamen Técnico Unificado, donde se incluye el Estudio Técnico Justificativo, como medio para obtener la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales.</p> <p>El proyecto no podrá realizar ninguna obra y actividad referente al proyecto hasta no contar con la autorización correspondiente en material de cambio de uso de áreas forestales por parte de la autoridad correspondiente, por lo tanto deberá ajustarse al artículo en cita y demás aplicables.</p>

<p><i>agrarias deberá presentarse original o copia certificada del acta de asamblea en la que conste el acuerdo de cambio de uso de suelo en el terreno respectivo, así como copia simple para su cotejo.</i></p>	
---	--

### III.1.6. Ley General de Vida Silvestre

La Ley General de Vida Silvestre tiene por objeto establecer el marco relativo a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana. Es aplicable al proyecto como se puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla III. 5. Vinculación del proyecto con la Ley General de Vida Silvestre.**

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>“Artículo 4o. Es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación.</i></p> <p><i>Los propietarios o legítimos poseedores de los predios en donde se distribuye la vida silvestre, tendrán derechos de aprovechamiento sustentable sobre sus ejemplares, partes y derivados en los términos prescritos en la presente Ley y demás disposiciones aplicables.</i></p>	<p>A pesar de que el presente proyecto no pretende desarrollar actividades de aprovechamiento de vida silvestre, para el área donde pretende desarrollarse y de acuerdo con los muestreos realizados y reportados a detalle en el Capítulo IV del presente DTU, en el área del proyecto se encontraron 8 especies de fauna bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (la vinculación con dicha norma se encuentra en numerales posteriores).</p> <p>De tal forma que corresponde al promovente llevar a cabo actividades para la protección y preservación de la vida silvestre presente en el</p>

<i>Los derechos sobre los recursos genéticos estarán sujetos a los tratados internacionales y a las disposiciones sobre la materia."</i>	área del proyecto. Para tal fin se establecen como parte de las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales inherentes al proyecto el Programa de Manejo de Flora así como el Programa de Manejo de Fauna conforme a lo establecido en el presente ordenamiento.
--	---

### III.1.7. Ley de Aguas Nacionales

En la etapa de operación del proyecto, como se ha mencionado en el Capítulo II del presente DTU, las aguas residuales provenientes de los sanitarios serán captadas en fosas sépticas, debido a que en la zona no se cuenta con drenaje sanitario. De tal manera que es vinculante la Ley de Aguas Naturales como se podrá apreciar en la siguiente tabla:

**Tabla III. 6. Vinculación del proyecto con la Ley de Aguas Nacionales.**

<b>Artículo</b>	<b>Vinculación con el proyecto</b>
<i>"Artículo 44. La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales superficiales o del subsuelo por parte de los sistemas del Distrito Federal, estatales o municipales de agua potable y alcantarillado, se efectuarán mediante asignación que otorgue "la Autoridad del Agua", en los términos dispuestos por el Título Cuarto de esta Ley. ... Las personas que infiltren o descarguen aguas residuales en el suelo o subsuelo o cuerpos receptores distintos de los sistemas municipales de alcantarillados de las poblaciones, deberán obtener el permiso de descarga respectivo, en los términos de esta Ley independientemente del origen de las</i>	Las aguas residuales provenientes de los sanitarios serán captadas en fosas sépticas, debido a que en la zona no se cuenta con drenaje sanitario, por lo que el promovente obtendrá en su momento el permiso de descarga correspondiente conforme lo establece la presente Ley.

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>fuentes de abastecimiento.</i></p> <p><i>Las descargas de aguas residuales de uso doméstico que no formen parte de un sistema municipal de alcantarillado, se podrán llevar a cabo con sujeción a las Normas Oficiales Mexicanas que al efecto se expidan y mediante aviso."</i></p>	
<p><i>"ARTÍCULO 88. Las personas físicas o morales requieren permiso de descarga expedido por "la Autoridad del Agua" para verter en forma permanente o intermitente aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o demás bienes nacionales, incluyendo aguas marinas, así como cuando se infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o en otros terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos.</i></p> <p><i>..."</i></p>	<p>El promovente obtendrá el permiso de descarga para verter aguas residuales en cuerpos de agua nacional para la operación de la fosa séptica proyectada, dando cumplimiento al presente ordenamiento.</p>

### III.1.8. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

Adicional a la Ley de Aguas Nacionales, es vinculante al proyecto el presente Reglamento en su Título Séptimo sobre la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas, como se puede apreciar en la siguiente tabla.

**Tabla III. 7. Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.**

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>"Artículo 135.- Las personas físicas o morales que efectúen descargas de aguas residuales a los</i></p>	<p>Para la etapa de operación del proyecto se dará el aviso correspondiente para la disposición de aguas</p>

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>cuerpos receptores a que se refiere la "Ley", deberán:</i></p> <p><i>I. Contar con el permiso de descarga de aguas residuales que les expida "La Comisión", o en su caso, presentar el aviso respectivo a que se refiere la "Ley" y este Reglamento;</i></p> <p>...</p> <p><i>Las descargas de aguas residuales de uso doméstico que no formen parte de un sistema municipal de alcantarillado, se podrán llevar a cabo con sujeción a las normas oficiales mexicanas que al efecto se expidan y mediante un simple aviso."</i></p>	<p>residuales mediante fosas sépticas o en su caso se realizará el trámite de descarga de aguas residuales de acuerdo a lo dispuesto por el presente ordenamiento y en la Ley de Aguas Nacionales.</p>

### III.1.9. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos

La vinculación de esta Ley con el proyecto en sus diferentes etapas de desarrollo, parte de la prevención, de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, así como de prevenir la contaminación con estos residuos y en su caso llevar a cabo la remediación correspondiente. La vinculación del proyecto con el presente ordenamiento se aprecia en la siguiente tabla.

**Tabla III. 8. Vinculación del Proyecto con la LGPGIR.**

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>"Artículo 40.- Los residuos peligrosos deberán ser manejados conforme a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento, las normas oficiales mexicanas y las demás disposiciones que de este</i></p>	<p>Durante las diferentes etapas del proyecto se generarán residuos peligrosos. La denominación de dichos residuos como peligrosos parte de la clasificación establecida en la NOM-052-SEMARNAT-1993 Que establece las características,</p>

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>ordenamiento se deriven.</i></p> <p><i>En las actividades en las que se generen o manejen residuos peligrosos, se deberán observar los principios previstos en el artículo 2 de este ordenamiento, en lo que resulten aplicables."</i></p>	<p>el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos (la vinculación formal con dicha norma se presenta posteriormente).</p>
<p><i>"Artículo 41.- Los generadores de residuos peligrosos y los gestores de este tipo de residuos, deberán manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada conforme a los términos señalados en esta Ley.</i></p>	
<p><i>Artículo 42.- Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos, podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la Secretaría, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos.</i></p> <p><i>La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contraten los servicios de manejo y disposición final de residuos peligrosos por empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas, independientemente de la responsabilidad que tiene el generador.</i></p>	<p>En cumplimiento con la presente Ley y con el fin de dar un manejo adecuado y seguro a los residuos generados se implementará el Programa de Manejo Integral de Residuos en el que se incluye el manejo de residuos peligrosos, las acciones de identificación y clasificación de residuos peligrosos generados durante el desarrollo de las diversas obras manifestadas y acorde a la normatividad aplicable, dando así cumplimiento a dicha disposición.</p> <p>Particularmente para dar cumplimiento al presente ordenamiento se contratará a una empresa prestadora de servicios de recolección, transporte, tratamiento y/o disposición final de residuos peligrosos que se encuentre debidamente autorizada por las autoridades competentes.</p>

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>Los generadores de residuos peligrosos que transfieran éstos a empresas o gestores que presten los servicios de manejo, deberán cerciorarse ante la Secretaría que cuentan con las autorizaciones respectivas y vigentes, en caso contrario serán responsables de los daños que ocasione su manejo.</i></p>	
<p><i>"Artículo 54.- Se deberá evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales o residuos para no contaminarlos y no provocar reacciones, que puedan poner en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales.</i></p> <p><i>La Secretaría establecerá los procedimientos a seguir para determinar la incompatibilidad entre un residuo peligroso y otro material o residuo."</i></p>	<p>En cuanto al manejo interno se refiere se identificarán y evitará la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales con el fin de evitar su contaminación y reacción química que pueda provocar efectos en la salud el ambiente o los recursos naturales, para ello se dará cabal seguimiento a la NOM-054-SEMARNAT-1993 Procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993, cuya vinculación particular se presenta posteriormente.</p>

### **III.1.10. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos**

Este reglamento es vinculante con el proyecto en cuanto a la identificación, y manejo integral de los residuos peligrosos a generar en sus diferentes etapas, el proyecto dará cumplimiento como se describe a continuación.



**Tabla III. 9. Artículos del Reglamento de la LGPGIR aplicables para el desarrollo del proyecto.**

Artículo	Vinculación con el proyecto
<b>Artículo 35</b> , Capítulo I Identificación de Residuos Peligrosos del Título Cuarto Residuos Peligrosos.	El proyecto da cumplimiento al presente ordenamiento al clasificar sus residuos peligrosos a partir de lo establecido en la NOM-052-SEMARNAT-1993 <i>Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.</i>
<b>Artículos 82, 83 y 84</b> , de la Sección I, Almacenamiento y centros de acopio de residuos peligrosos.	Durante el desarrollo del proyecto se tiene destinado un área de almacenamiento temporal de los residuos dentro del predio conforme a las características y especificaciones establecidas
<b>Artículos 85 y 86</b> , de la Sección II, Recolección y Transporte de Residuos Peligrosos	Para las actividades de recolección y transporte externo de los residuos, ésta se llevará a cabo a través de una empresa prestadora de servicios que cuente con la autorización correspondiente.
<b>Artículos 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98 y 99</b> , de la Sección V, Disposición final de residuos peligrosos	El promovente contará con los manifiestos de disposición de residuos peligrosos correspondientes con el fin de comprobar que la disposición final de los residuos peligrosos generados realizada por la empresa prestadora de servicios en sitios debidamente autorizados conforme a lo establecido en los presentes lineamientos.

De acuerdo con lo anterior, el proyecto objeto del presente DTU dará cabal cumplimiento al reglamento de la LGPGIR en materia de manejo de residuos peligrosos, durante cada una de las etapas del proyecto.

### III.1.11. Ley General de Cambio Climático

La Ley General de Cambio Climático es de observancia e interés general para toda la nación. Tiene por objeto enfrentar los efectos adversos del cambio climático regulando las emisiones de gases de efecto invernadero y promoviendo la transición hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono. En este sentido es vinculante con el proyecto como se expresa a continuación.

**Tabla III. 10. Vinculación del proyecto con la Ley General de Cambio Climático.**

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>Artículo 34. Para reducir las emisiones, las dependencias y entidades de la administración pública federal, las Entidades Federativas y los Municipios, en el ámbito de su competencia, promoverán el diseño y la elaboración de políticas y acciones de mitigación asociadas a los sectores correspondientes, considerando las disposiciones siguientes:</i></p> <p><i>I. Reducción de emisiones en la generación y uso de energía:</i></p> <p><i>a) Fomentar prácticas de eficiencia energética y promover el uso de fuentes renovables de energía; así como la transferencia de tecnología de bajas en emisiones de carbono, de conformidad con la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento para la Transición Energética.</i></p> <p>...</p> <p><i>e) Fomentar la utilización de energías renovables</i></p>	<p>En este sentido, el proyecto coadyuvará con la mitigación del cambio climático al ser una tecnología renovable de emisiones cero, particularmente la energía solar, para la generación de electricidad. Cabe mencionar que en las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto se generarán emisiones de gases de efecto invernadero, no obstante para su reducción y mitigación se implementarán las medidas establecidas en el Capítulo VII del presente DTU.</p>

<i>para la generación de electricidad, de conformidad con la legislación aplicable en la materia.</i>	
---	--

### **III.1.12. Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones**

El Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones tiene por objeto regular los establecimientos sujetos a reporte por la generación de gases de efecto invernadero, dichos establecimientos quedan definidos en el presente reglamento como sigue.

**Tabla III. 11. Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones.**

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>“Artículo 2. Para los efectos del presente Reglamento, se considerarán las definiciones contenidas en el artículo 3 de la Ley, así como las siguientes:</i></p> <p>...</p> <p><i>VI. Establecimiento Sujeto a Reporte: El conjunto de Fuentes Fijas y Móviles con las cuales se desarrolla una actividad productiva, comercial o de servicios, cuya operación genere Emisiones Directas o Indirectas de Gases o Compuestos de Efecto Invernadero. Las expresiones “fuentes que deberán reportar” y “fuentes sujetas a reporte” a que se refieren los artículos 87 y 88 de la Ley, se entenderán como Establecimientos Sujetos a Reporte;”</i></p>	<p>Considerando que el proyecto consiste en la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos, es considerado como Establecimiento Sujeto a Reporte de acuerdo a lo establecido en el Artículo 4 del presente reglamento.</p> <p>Como ya se había mencionado en el capítulo II del presente DTU, el proyecto únicamente prevé la generación de emisiones a la atmósfera durante las etapas de preparación del sitio y construcción. Durante la operación del proyecto y dada la naturaleza del mismo no se generarán emisiones ya que utilizará como fuente de energía la solar para generar electricidad. De acuerdo con lo anterior, el promovente reportará las emisiones directas o</p>

<p><i>“Artículo 4. Las actividades que se considerarán como Establecimientos Sujetos a Reporte agrupadas dentro de los sectores y subsectores señalados en el artículo anterior, son las siguientes:</i></p> <p><i>I. Sector Energía:</i></p> <p><i>a. Subsector generación, transmisión y distribución de electricidad.</i></p> <p><i>a.1. Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica,</i></p> <p><i>...</i></p> <p><i>Las actividades previstas en las fracciones I y III del presente artículo calcularán y reportarán sus Emisiones Directas o Indirectas por instalación.</i></p> <p><i>La Secretaría, mediante Acuerdo que publique en el Diario Oficial de la Federación podrá definir aspectos técnicos que permitan identificar a detalle las actividades específicas que, conforme al presente artículo, se consideran como Establecimientos Sujetos a Reporte, aun cuando, conforme a otras disposiciones jurídicas, no estén obligadas a proporcionar información sobre sus Emisiones o descargas a través de la Cédula de Operación Anual ante la Secretaría, pero que en su realización emitan, de manera directa o indirecta, Gases o Compuestos de Efecto Invernadero.</i></p>	<p>indirectas generadas por efecto de la ejecución del proyecto.</p>
---	--

### **III.1.13. Ley de la Industria Eléctrica**

Considerando que el proyecto consiste en la generación, transformación, distribución de energía eléctrica a partir de la captación de radiación solar por medio de paneles

fotovoltaicos, se deberá observar el cumplimiento de la presente Ley. En la siguiente tabla se muestra la vinculación del proyecto con la Ley de la Industria Eléctrica.

**Tabla III. 12. Vinculación del proyecto con la Ley de la Industria Eléctrica.**

Artículo	Vinculación con el proyecto
<i>“Artículo 2.- La industria eléctrica comprende las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, así como la operación del Mercado Eléctrico Mayorista. ...”</i>	El proyecto consiste en la generación, transformación, distribución de energía eléctrica a partir la captación de radiación solar por medio de paneles fotovoltaicos por lo que el promovente deberá dar cabal cumplimiento a lo establecido en la Ley de la Industria Eléctrica.
<i>“Artículo 17.- Las Centrales Eléctricas con capacidad mayor o igual a 0.5 MW y las Centrales Eléctricas de cualquier tamaño representadas por un Generador en el Mercado Eléctrico Mayorista requieren permiso otorgado por la CRE para generar energía eléctrica en el territorio nacional. ...”</i>	Considerando que la capacidad de generación programada para el proyecto es mayor a 0.5 MW (ver capítulo II del presente DTU), el promovente obtendrá el permiso otorgado por la CRE para generar energía. Adicionalmente dará cumplimiento a las Reglas del Mercado, condiciones y permisos que establezca la CRE así como aquellas en materia de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad establecidos por la Secretaría de Energía
<i>Artículo 121.- La Secretaría implementará mecanismos que permitan cumplir la política en materia de diversificación de fuentes de energía, seguridad energética y la promoción de fuentes de Energías Limpias. La Secretaría establecerá las obligaciones para adquirir Certificados de Energías Limpias e instrumentará los demás mecanismos que se requieran para dar cumplimiento a la política en la materia, y podrá celebrar convenios</i>	El proyecto coadyuvará al cumplimiento del presente lineamiento y observará las disposiciones aplicables a los generadores de energía eléctrica, particularmente por fuentes renovables, así como las aplicables en materia de transmisión, distribución y comercialización de la misma.

<i>que permitan su homologación con los instrumentos correspondientes de otras jurisdicciones.</i>	
--	--

### III.1.14. Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica

En congruencia con el numeral anterior, es de observancia el Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica toda vez que dicho instrumento tiene por objeto establecer las disposiciones aplicables a las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de la industria eléctrica y el proyecto consiste en la generación, transformación, distribución de energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos. En este sentido, se presenta la vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica.

**Tabla III. 13. Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica**

<b>Artículo</b>	<b>Vinculación con el proyecto</b>
<i>"Artículo 16.- Requieren de permiso otorgado por la CRE, las Centrales Eléctricas con capacidad igual o mayor a 0.5 MW, así como las representadas por un Generador en el Mercado Eléctrico Mayorista, con independencia de su capacidad, salvo las destinadas exclusivamente al uso propio en emergencias o interrupciones en el Suministro Eléctrico. ..."</i>	El promovente en su momento tramitará el permiso correspondiente otorgado por la CRE para generación, transmisión, distribución y comercialización. Adicionalmente, el promovente adoptará las medidas conducentes para el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas y demás especificaciones establecidas por la CRE para el desarrollo de las actividades planteadas por el proyecto.

### III.1.15. Ley para el aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética

La presente Ley tiene por objeto regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica, entendiendo como energías renovables aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza y que se regeneran naturalmente, donde encontramos a la radiación solar, misma que se pretende utilizar para el desarrollo del proyecto. A continuación se presenta la vinculación del proyecto con el presente ordenamiento.

**Tabla III. 14. Vinculación del proyecto con la Ley para el aprovechamiento de Energías Renovables y el  
Financiamiento de la Transición Energética**

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>“Artículo 2o.- El aprovechamiento de las fuentes de energía renovable y el uso de tecnologías limpias es de utilidad pública y se realizará en el marco de la estrategia nacional para la transición energética mediante la cual el Estado mexicano promoverá la eficiencia y sustentabilidad energética, así como la reducción de la dependencia de los hidrocarburos como fuente primaria de energía.</i></p> <p><i>El Reglamento de esta Ley establecerá los criterios específicos de utilización de las distintas fuentes de energías renovables, así como la promoción para la investigación y desarrollo de las tecnologías limpias para su aprovechamiento.”</i></p>	<p>La presente Ley es de observancia para el proyecto y es coadyuvante al cumplimiento de la misma toda vez que el Estado promoverá la adopción de tecnologías para el aprovechamiento de las energías renovables, la eficiencia y el ahorro de energía como se establece en el artículo en cita.</p> <p>Por todo lo anterior, se puede decir que el proyecto coadyuvará al cumplimiento de los lineamientos anteriormente planteados así como a la transición energética a fuentes de energía renovables.</p>

### III.1.16. Reglamento de la Ley para el aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.

Como ya se había mencionado, el proyecto consiste en la generación de energía eléctrica utilizando una fuente de energía renovable, la radiación solar. La vinculación del proyecto con el presente reglamento se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla III. 15. Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley para el aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.**

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>“Artículo 4.- La Secretaría promoverá que la utilización de las distintas fuentes de energía para la Generación Renovable se lleve a cabo de conformidad con los siguientes criterios:</i></p> <p><i>I. Fortalecimiento de la seguridad energética del país, al diversificar las fuentes de energía para la generación eléctrica;</i></p> <p><i>...</i></p> <p><i>VII. Reducción en los impactos ambientales y en la salud pública causados por el uso de combustibles de origen fósil;</i></p> <p><i>VIII. Reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero, en la generación de electricidad, mediante el uso de Energías renovables y Cogeneración Eficiente.</i></p> <p><i>...”</i></p>	<p>El proyecto es coadyuvante del cumplimiento de los criterios antes mencionados fortaleciendo y diversificando la generación eléctrica mediante el uso de una energía renovable. De igual manera reducirá los impactos ambientales y en la salud pública inherentes a otras fuentes de generación en la región.</p>



### III.1.17. Ley de la Comisión Reguladora de Energía

De acuerdo con la presente Ley, corresponde a la Comisión Reguladora de Energía promover el desarrollo eficiente de la generación, exportación e importación de energía eléctrica realizada por particulares por lo que es vinculante con el proyecto como se muestra a continuación.

**Tabla III. 16. Vinculación del proyecto con la Ley de la Comisión Reguladora de Energía.**

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>"Artículo 2.- La Comisión tendrá por objeto promover el desarrollo eficiente de las actividades siguientes:</i></p> <p><i>I. El suministro y venta de energía eléctrica a los usuarios del servicio público;</i></p> <p><i>II. La generación, exportación e importación de energía eléctrica, que realicen los particulares;</i></p> <p><i>III. La adquisición de energía eléctrica que se destine al servicio público;</i></p> <p><i>IV. Los servicios de conducción, transformación y entrega de energía eléctrica, entre las entidades que tengan a su cargo la prestación del servicio público de energía eléctrica y entre éstas y los titulares de permisos para la generación, exportación e importación de energía eléctrica;</i></p> <p><i>..."</i></p>	<p>El proyecto que nos atañe contribuye con la generación eficiente de energía eléctrica, particularmente mediante una fuente de energía renovable adicionalmente fortalece y diversifica la generación eléctrica mediante el uso de una energía renovable.</p>

### **III.2. Instrumentos de política ambiental en el ámbito Internacional**

Uno de los grandes avances en la agenda ambiental internacional, tales como la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, realizada en Estocolmo, Suecia en 1972, la presentación en 1987 del documento "Nuestro Futuro Común", también conocido como el "Informe Brundtland" y la Cumbre de la Tierra celebrada en el año 1992 en Río de Janeiro, Brasil.

La Cumbre de la Tierra y la consecuente aprobación de la Agenda 21, constituyen un parte aguas en el tema del medio ambiente y los recursos naturales. A partir de entonces se iniciaron acciones destinadas a mitigar los cambios en el régimen climático global, producto de la emisión de gases de efecto invernadero, reducir el ritmo de desertificación de los suelos, disminuir la pérdida de la biodiversidad y más recientemente, regular el movimiento transfronterizo de mercancías de preocupación global, como los organismos vivos modificados y los materiales peligrosos por su toxicidad.

Como resultado de este movimiento, han sido creados instrumentos jurídicos y acuerdos: bilaterales, regionales y multilaterales. En todos estos mecanismos de cooperación SEMARNAT es un activo participante y ha logrado influir en la agenda internacional y los programas de cooperación económica para responder de manera más adecuada a las prioridades nacionales.

Lo esencial de los esfuerzos internacionales para buscar solución al cambio climático son la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y su Protocolo de Kioto. Estos dos tratados constituyen hasta el momento la reacción internacional ante las pruebas convincentes, recopiladas y confirmadas una y otra vez por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), de que se está produciendo un cambio climático y que su causa fundamental son las actividades humanas.

### **III.2.1. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.**

Los países acordaron la Convención el 9 de mayo de 1992, y ésta entró en vigor el 21 de marzo de 1994. No obstante, pese a que aprobaron la Convención, los gobiernos eran conscientes de que sus disposiciones no bastarían para procurar la debida solución al cambio climático. En la primera Conferencia de las Partes, celebrada en Berlín (Alemania) a principios de 1995, se inició una nueva ronda de negociaciones para analizar compromisos más firmes y específicos.

Esta Convención estableció que las partes deberías tomar medidas apropiadas para evitar que la salud humana y el medio ambiente sufrieron efectos adversos por la modificación de la capa de ozono. El mayor logro de este cuerdo internacional fue el d intentar el poder evitar que los efectos de la reducción de la capa de ozono afecten la salud.

El Protocolo de Montreal se estableció en 1987 y trata de las sustancias que agotan la capa de ozono. El Protocolo contiene cláusulas que dan margen para que se reduzca la producción de sustancias nocivas hasta en un 50%, antes de la llegada de 1999. Sin embargo, se reconoció que los países en desarrollo experimentarían dificultades en la aplicación de estas medidas; así como el Artículo 5, establece una cláusulas en las que se permitirá que se aplase el cumplimiento de las obligaciones del protocolo por un periodo de 10 años, desde la fecha de entrada de vigor; además de brindarles asistencia técnica y ayuda financiera para los costos de la conversión tecnológica.

Con respecto a la aplicación de este Protocolo México ha logrado en los últimos años, la reducción de un 87% de la emisión de clorofluorocarbono. Para 1990, se logró que se sustituyera en los aerosoles el uso de los clorofluorocarbonos (CFC), a partir de 1997, los refrigeradores se encuentran libres de emitir estas sustancias.

México, como Parte del Anexo I de la Convención, tiene los siguientes compromisos:

- a) La elaboración, actualización periódica y publicación del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, por fuentes y sumideros de todos los gases de efecto de invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, y
- b) La formulación, la instrumentación, la publicación y actualización de manera regular de programas nacionales en su caso regionales que contengan medidas para mitigar el cambio climático , enfocadas a la mitigación de emisiones en las áreas energética y forestal, y medidas para facilitar la adecuada adaptación al cambio climático.

Todas las Partes de la Convención de las Partes los avances en los compromisos antes mencionados. Es atribución de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales planificar, coordinar, dar seguimiento y evaluar las actividades de cambio climático.

El eje fundamental de la Comunicación lo constituyó el primer Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero con cifras de 1990. En dicho inventario, los resultados más relevantes fueron el total de emisiones de gases de invernadero, 459.27 millones de toneladas, de los cuales el 96.42% corresponde a Bióxido de carbono y el 0.79% a metano con 3,641 toneladas.

La distribución de las emisiones de bióxido de carbono por sectores es el siguiente: industria de la transformación y energía 24.5%; cambio de uso de suelo, 30.6%; transporte 21, 3%; industria 14.6% y procesos industriales, 2.6%.

Existe conciencia en nuestro país de la necesidad de afrontar este desafío, ya que las consecuencias del cambio climático pueden ser importantes en un país productor del petróleo como el nuestro, que a la vez resulta, vulnerable a la variabilidad climática.

A pesar de las medidas que México adopte, en las próximas décadas se sentirán con mayor intensidad y frecuencia fenómenos climáticos extremos, ya que las variaciones climáticas serán peores de lo que pensamos, por ello debemos tener claro que iniciarán también en esta fecha las negociaciones más allá de Kyoto en las que nuestro país debe perseguir el liderazgo.

Cumplir con las metas de Kyoto sólo es posible si se comprenden dos puntos. Uno se relaciona con el desarrollo de las energías renovables y el otro con la eficiencia en materia energética. Es decir, usar la energía disponible con inteligencia.

En esta óptica, el aprovechamiento de energía solar como energía renovable, cuyo gran beneficio medioambiental para la generación de energía eléctrica, lo cual viene dando, en primer lugar, la minimización en los niveles de emisiones a la atmósfera, en comparación con los producidos en centrales térmicas. En definitiva, se contribuye a la estabilidad climática del planeta. Un desarrollo importante de la energía eléctrica de origen natural puede ser, por tanto, una de las medidas más eficaces para evitar el efecto invernadero ya que, a nivel mundial, se considera que el sector eléctrico es responsable del 29% de las emisiones de CO<sub>2</sub> del planeta. Es así como en particular el proyecto, contribuirá a la ejecución de una medida eficaz para evitar el efecto invernadero en la minimización de emisiones a la atmósfera.

### **III.2.2. Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Protocolo de Kioto).**

Al finales de 1997 se aprobó en Kioto, un anexo de suma importancia de la Convención. Este Protocolo de Kioto estableció metas obligatorias para los países industrializados en relación con las emisiones y creó mecanismos innovadores para ayudar a estos países a cumplir esas metas. El Protocolo de Kioto entró en vigor el 18 de noviembre de 2004,

después de su ratificación por 55 Partes en la Convención, entre ellas un número suficiente de países industrializados, que tienen metas concretas que cumplir, que representaban el 55% de las emisiones de dióxido de carbono de ese grupo en 1990.

El Protocolo de Kioto comparte con la Convención el objetivo supremo de estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida la interferencia peligrosa con el régimen climático. En la consecución de este objetivo, el Protocolo de Kioto se basa y hace hincapié en muchos de los compromisos ya contraídos en virtud de la Convención. Sólo las Partes en la Convención pueden ser Partes en el Protocolo.

Para ayudar a los países industrializados a cumplir sus metas obligatorias y promover el desarrollo sostenible en los países en desarrollo, el Protocolo de Kioto estableció tres mecanismos innovadores: el mecanismo para un desarrollo limpio o MDL, la aplicación conjunta y el comercio de los derechos de emisión.

En el artículo 2, inciso a), fracción I del Protocolo de Kioto, que prevé la obligación de las Partes de fomentar la eficiencia energética en los sectores pertinentes de la economía nacional correspondiente. En este sentido, cobra relevancia el proyecto pues dado su naturaleza, es de gran utilidad en el cumplimiento de las obligaciones adquiridas por México en virtud de lo siguiente:

- Implica el desarrollo, uso y aprovechamiento de formas nuevas, no extractivas y renovables de energía, se trata de tecnologías avanzadas, novedosas y ecológicamente racionales;
- El costo de producción será menor en comparación con la producción de otros combustibles fósiles;

- Funcionará como sumidero, pues durante el proceso de producción uno de los insumos empleados será el dióxido de carbono, contribuyendo de esta forma a la disminución de los GEI;
- Cubrirá la nueva demanda de etanol como biocombustible, derivada de una de las medidas adoptadas por las Partes del Protocolo de Kioto, consistente en la incorporación de etanol a los combustibles que utilizan los vehículos automotores, establecido en un principio entre un 8 y un 12% de etanol por litro para las gasolinas. De acuerdo a este Protocolo y conforme a los mecanismos que prevé para la reducción de emisiones, actualmente el Proyecto se encuentra desarrollando un Mecanismo de Desarrollo Limpio, cuya metodología se encuentra en elaboración –por ser un proyecto innovador- por el que se espera en un futuro la obtención de reducciones certificadas de emisiones.

En general el Protocolo de Kyoto es considerado como primer paso importante hacia un régimen verdaderamente mundial de reducción y estabilización de las emisiones de GEI, y proporciona la arquitectura esencial para cualquier acuerdo internacional sobre el cambio climático que se firme en el futuro. Cuando concluya el primer período de compromiso del Protocolo de Kyoto en 2012, tiene que haber quedado decidido y ratificado un nuevo marco internacional que pueda aportar las severas reducciones de las emisiones que según ha indicado claramente el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) son necesarias.

Finalmente para la reducción de las emisiones a la atmósfera, una manera de combatir el problema en el origen, en el consumo eficiente del petróleo y el del carbón, es la adopción de formas renovables de energía, como la energía solar y eólica, y la introducción de nuevas tecnologías para la industria y el transporte. En particular, el proyecto dará impulso a la adopción de tecnologías limpias para el aprovechamiento de energía

renovable, como la energía solar. Lo anterior hace que el proyecto sea vinculante con el instrumento denominado "Protocolo de Kioto" de carácter internacional y contribuye en la participación del cumplimiento a las obligaciones adquiridas por parte de México.



### **III.3. Instrumentos de planeación**

En ésta sección, se hace un descripción breve y concisa referente a la congruencia del proyecto con respecto a las políticas regionales de desarrollo social, económico y ambiental, contempladas en los siguientes instrumentos de planeación y ordenamiento del territorio, que son aplicables al sitio donde se pretende llevar a cabo el proyecto. Estos instrumentos se enlistan a continuación.

#### **Instrumentos de planeación para el desarrollo**

- Plan Nacional de Desarrollo de 2013-2018.
- Programa Sectorial de Energía
- Programa Nacional de Infraestructura
- Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- Programa Nacional de Desarrollo Urbano
- Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía
- Programa Especial de Cambio Climático
- Plan Estatal de Desarrollo 2012-2018 Yucatán

#### **Instrumentos de planeación para la conservación ecológica**

- Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.
- Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe
- Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán.

- Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán.
- Programas de Desarrollo Urbanos locales

### III.3.1. Plan Nacional de Desarrollo de 2013-2018

El Plan Nacional de Desarrollo considera que la tarea del desarrollo y del crecimiento corresponde a todos los actores, todos los sectores y todas las personas del país. El desarrollo no es deber de un solo actor, ni siquiera de uno tan central como lo es el Estado. El crecimiento y el desarrollo surgen de abajo hacia arriba, cuando cada persona, cada empresa y cada actor de nuestra sociedad son capaces de lograr su mayor contribución.

El Plan Nacional de Desarrollo se estructura bajo cinco ejes rectores: México en Paz, México Incluyente, México con Educación de Calidad, México Próspero y México con Responsabilidad Global. El proyecto se inserta en el eje denominado "México Próspero", por lo que a continuación se vincula con sus objetivos estrategias y líneas de acción. A continuación se presenta la vinculación del proyecto con los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo.

**Tabla III. 17. Vinculación del proyecto con el Plan Nacional de Desarrollo.**

Objetivo	Vinculación
<i>"Satisfacer las necesidades energéticas del país, identificando de manera anticipada los requerimientos asociados al crecimiento económico y extendiéndolos a todos los mexicanos, además de los beneficios que derivan del acceso y consumo de la energía."</i>	El desarrollo del proyecto crece la capacidad de la Red Eléctrica Nacional para satisfacer las necesidades eléctricas del país, lo significará un incremento en el desarrollo del mismo. De esta forma se coadyuvará con este objetivo y el impulso del desarrollo económico.

---

Objetivo	Vinculación
<i>"Abastecer de energía al país con precios competitivos, calidad y eficiencia a lo largo de la cadena productiva."</i>	El proyecto favorece la modernización del sector, incrementando el abasto de energía con precios competitivos, participando en el ordenamiento de la oferta y la demanda en los mercados mundiales de energía.
<i>"Fortalecer el abastecimiento racional de energía eléctrica."</i>	El proyecto crecerá en su medida, la suficiencia energética de la región donde se ubica.
<i>"Promover el uso eficiente de la energía, así como el aprovechamiento de fuentes renovables, mediante la adopción de nuevas tecnologías y la implementación de mejores prácticas."</i>	El proyecto en sí aprovechará un recurso renovable para la generación de energía eléctrica mediante la implementación de una tecnología probada mundialmente.

De acuerdo con lo anterior, el proyecto se ajusta y coadyuva con los objetivos, estrategias y líneas de acción planteados en el Plan Nacional de desarrollo, promoviendo uso de energías renovables y generando un satisfactor social.

### **III.3.2. Programa Sectorial de Energía**

El Programa Sectorial de Energía 2013-2018 establece las políticas que contribuirán al crecimiento y desarrollo del sector energético mexicano, enfocadas primordialmente en el abasto de energía promoviendo la construcción y modernización de la infraestructura del sector. Así mismo promueve una mejor utilización de los recursos energéticos, mejoras en la eficiencia energética de los procesos productivos y la utilización de fuentes de energía limpias y renovables encaminadas a la responsabilidad social y ambiental. A continuación se presentan los objetivos, estrategias y líneas de acción del presente programa sectorial que se vinculan con el proyecto.

**Tabla III. 18. Vinculación del Programa Sectorial de Energía con el proyecto.**

Objetivo, estrategia o línea de acción	Vinculación
<b>Objetivo 2.</b> Optimizar la operación y expansión de infraestructura eléctrica nacional.	El proyecto crece infraestructura eléctrica nacional mediante la generación por una fuente renovable de energía.
<b>Estrategia 2.1</b> Desarrollar la infraestructura eléctrica nacional, con criterios de economía, seguridad, sustentabilidad y viabilidad económica.	Adicionalmente la infraestructura propuesta por el proyecto que nos atañe contribuye con el desarrollo de infraestructura eléctrica considerando los criterios económicos, de seguridad, viabilidad económica y prioritariamente de sustentabilidad.
<b>Línea de acción 2.1.1</b> Planear la expansión de la infraestructura eléctrica nacional conforme al incremento de la demanda, incorporando energías limpias, externalidades y diversificación energética.	El proyecto es congruente con la presente línea de acción ya que consiste en la generación de electricidad implementando una tecnología limpia, particularmente mediante radiación solar.
<b>Línea de acción 2.1.2</b> Expandir la infraestructura, cumpliendo con las metas de energía limpia del Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables.	El proyecto coadyuvará con el cumplimiento de las metas del Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables.
<b>Objetivo 5.</b> Ampliar la utilización de fuentes de energía limpias y renovables, promoviendo la eficiencia energética y la responsabilidad social y ambiental.	El proyecto utiliza una fuente de energía renovable para su transformación en energía eléctrica. Este servicio se conectará al Sistema Eléctrico Nacional promoviendo el desarrollo regional y nacional.
<b>Estrategia 5.1</b> Incrementar la participación de energías limpias y renovables en la generación de electricidad.	El proyecto contribuye con el crecimiento de la capacidad nacional instalada mediante de energía renovable y tecnología limpia.
<b>Línea de acción 5.1.4</b> Instrumentar mecanismos de mercado y regulaciones que aceleren la incorporación de energías limpias y renovables apoyados en inversiones públicas y privadas.	Como ya se había mencionado, el proyecto contribuirá con la generación de electricidad empleando una energía limpia y renovable, particularmente la radiación solar.

Objetivo, estrategia o línea de acción	Vinculación
<b>Línea de acción 5.1.7</b> Promover la participación y coordinación entre actores interesados para favorecer el desarrollo de energías limpias y renovables	

### III.3.3. Programa Nacional de Infraestructura

De acuerdo con el Programa Nacional de Infraestructura 2013-2018, la inversión al sector energético es un tema estratégico y prioritario para México porque representa el medio para generar desarrollo y crecimiento económico incrementando la competitividad. Por ello dimensiona las necesidades de inversión e identifica proyectos específicos para fortalecer la infraestructura del sector energético que hagan posible el desarrollo integral de todas las regiones y sectores del país.

**Tabla III. 19. Vinculación del Programa Nacional de Infraestructura con el proyecto.**

Objetivo, estrategia o línea de acción	Vinculación
<b>Objetivo 2.</b> Asegurar el desarrollo óptimo de la infraestructura para contar con energía suficiente, con calidad y a precios competitivos.	Para cumplir con este objetivo el proyecto busca incrementar la energía y su calidad, así como reducir los costos de su generación.
<b>Estrategia 2.5</b> Desarrollar infraestructura de generación eléctrica para el aprovechamiento de combustibles eficientes, de menor costo y con bajo impacto ambiental.	El proyecto no utilizará combustible, utilizará una fuente renovable de energía (solar), reduciendo costos e impactos ambientales inherentes a la generación.
<b>Línea de acción 2.5.3</b> Desarrollar proyectos de generación que permitan el aprovechamiento de recursos renovables hídricos, eólicos y solares.	Las actividades del proyecto fortalecen y mejoran la infraestructura para el desarrollo de los amplios sectores productivos, mediante el suministro de electricidad a partir de una energía renovable, propiciando así el crecimiento económico de la región con la nueva apertura de empleos directos e

Objetivo, estrategia o línea de acción	Vinculación
	indirectos.

### III.3.4. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales

El Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018 se elaboró con el objetivo general de transitar hacia una economía baja en carbono, replantear el manejo hídrico del país, detener la pérdida de nuestra biodiversidad y mejorar la gestión de los residuos. En específico, se plantea la oportunidad de mitigar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, entre las cuales se consideran las del sector energético a través del impulso de energías más limpias. A continuación se presenta la vinculación del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales con el proyecto.

Tabla III. 20. Vinculación del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales con el proyecto.

Objetivo, estrategia o línea de acción	Vinculación
<b>Objetivo 1.</b> Promover y facilitar el crecimiento sostenido y sustentable de bajo carbono con equidad y socialmente incluyente.	El proyecto promueve el crecimiento económico con los propósitos de mayor inclusión social y uso sustentable de los recursos naturales y servicios ecosistémicos.
<b>Estrategia 1.2.</b> Propiciar una gestión ambiental integral para promover el desarrollo de proyectos de inversión que cumplan con criterios de sustentabilidad.	El proyecto tiene un enfoque sustentable al implementar tecnología limpia y contribuir al desarrollo social de la región.
<b>Línea de acción 1.2.1.</b> Normar, regular y fomentar energías renovables y tecnologías limpias para consolidar al país como una economía de bajo carbono.	El proyecto es coadyuvante con esta línea de acción considerando que implementará una tecnología limpia y utilizará una energía renovable para la generación eléctrica, contribuyendo con la reducción de emisiones de carbono.

### III.3.5. Programa Nacional de Desarrollo Urbano

El Programa Nacional de Desarrollo Urbano 2014-2018 prevé como estrategia general elevar la productividad para llevar a México a su máximo potencial por lo que se enfoca en proveer un entorno adecuado lograr la transición hacia un modelo de desarrollo urbano sustentable e inteligente que procure un ordenamiento territorial responsable. A continuación se presenta la vinculación del proyecto con el Programa Nacional de Desarrollo Urbano.

**Tabla III. 21. Vinculación del Programa Nacional de Desarrollo Urbano con el Proyecto.**

Objetivo, Estrategia o Línea de acción	Vinculación
<b>Objetivo 2.</b> Consolidar un modelo de desarrollo urbano que genere bienestar para los ciudadanos, garantizando la sustentabilidad social, económica y ambiental.	El proyecto es congruente con el objetivo puesto que proporciona y crece un servicio para la sociedad en general bajo un modelo sustentable y de cuidado ambiental.
<b>Estrategia 2.3.</b> Promover la sustentabilidad económica del desarrollo en las ciudades y sus barrios.	El proyecto promueve el desarrollo económico con un enfoque sustentable mediante la utilización de tecnologías limpias.
<b>Estrategia 2.3.1.</b> Promover un crecimiento policéntrico en zonas con potencial económico.	El proyecto se establece fuera de zonas urbanas en un entorno con potencial económico. El proyecto contribuirá con el crecimiento económico regional generando empleos directos e indirectos.
<b>Estrategia 2.5</b> Incorporar criterios de adaptación y mitigación al cambio climático en la planeación del desarrollo urbano	El proyecto contribuye con la mitigación de gases de efecto invernadero mediante la utilización de una energía renovable coadyuvando con la mitigación al cambio climático.
<b>Línea de acción 2.5.1.</b> Establecer la inclusión de criterios de adaptación al cambio climático en los proyectos de desarrollo urbano acordes con la LGEEPA	Como se mostró anteriormente el proyecto se ajusta a los lineamientos establecidos en la LGEEPA y es coadyuvante a las acciones de mitigación del cambio climático.

### III.3.6. Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía

El Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014-2018 es el instrumento especial de planeación mediante el cual el Ejecutivo Federal establece estrategias, objetivos, acciones y metas que permitan alcanzar el uso óptimo de la energía en todos los procesos y actividades para su explotación, producción, transformación, distribución y consumo (SENER, 2014).

El uso y suministro de energía son esenciales para las actividades productivas de la sociedad. Por lo que su escasez derivaría en un obstáculo para el desarrollo de cualquier economía. En este sentido, es imperativo satisfacer las necesidades energéticas del país, identificando de manera anticipada los requerimientos asociados al crecimiento económico y extendiéndolos a todos los mexicanos, además de los beneficios que derivan del acceso y consumo de la energía (SENER, 2014).

En congruencia con lo anterior, el presente instrumento de planeación es vinculante con el proyecto puesto que la naturaleza de éste es la generación eléctrica mediante una energía renovable. A continuación se presentan los objetivos, estrategias y líneas de acción vinculados con el proyecto.

**Tabla III. 22. Vinculación del Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y el Proyecto.**

<b>Objetivo, Estrategia o Líneas de Acción</b>	<b>Vinculación</b>
<b>Objetivo 1.</b> Diseñar y desarrollar programas y acciones que propicien el uso óptimo de energía en procesos y actividades de la cadena energética nacional.	El proyecto es congruente con el presente objetivo puesto que propone el uso de energía renovable para el suministro a la población en general a través del Sistema Eléctrico Nacional.
<b>Estrategia 1.1.</b> Implementar acciones de eficiencia energética en los procesos de explotación, transformación y distribución de las empresas energéticas paraestatales	Si bien el proyecto no pretende realizarse en una empresa paraestatal, contribuirá con la implementación de acciones de eficiencia energética de última tecnología en el proceso de generación, transformación y distribución de



---

Objetivo, Estrategia o Líneas de Acción	Vinculación
	electricidad.
<b>Línea de acción 1.1.3.</b> Impulsar proyectos de rehabilitación, modernización y conversión de centrales de generación de electricidad que permitan un mayor aprovechamiento térmico y económico de los combustibles en Comisión Federal de Electricidad.	Como ya se había mencionado el proyecto no se realizará en CFE, no obstante coadyuvará con la presente línea de acción modernizando en el sector mediante la implementación de tecnologías limpias.
<b>Estrategia 1.2.</b> Incrementar la eficiencia energética en los sectores residencial, comercial y servicios, agropecuario e industrial mediante la sustitución de tecnologías.	El proyecto coadyuvará con la presente estrategia mediante la implementación de tecnologías limpias para la generación de electricidad.
<b>Línea de acción 1.2.8</b> Promover el uso de esquemas de generación distribuida de pequeña y gran escala.	Así mismo, se es congruente con la presente línea de acción al implementarse un sistema de generación a gran escala utilizando energía renovable.

### III.3.7. Programa Especial de Cambio Climático

En el Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 se incluyen medidas que reducirán la emisión de gases de efecto invernadero y mejorarán nuestra capacidad de respuesta ante fenómenos ambientales (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2014).

De forma general, el proyecto es congruente con el Programa Especial de Cambio Climático ya que mediante el mismo se utiliza la energía solar, considerada una fuente renovable de energía para la satisfacción de la demanda eléctrica nacional. Esto se puede apreciar en la vinculación del Programa Especial de Cambio Climático con el proyecto presentada a continuación.

**Tabla III. 23. Vinculación del Programa Especial de Cambio Climático con el proyecto.**

Objetivo, Estrategia o Líneas de Acción	Vinculación
<b>Objetivo 3.</b> Reducir emisiones de gases de efecto invernadero para transitar a una economía competitiva y a un desarrollo bajo en emisiones.	El proyecto contribuye con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero ya que este se considera de emisiones cero, puesto que transforma la radiación solar en electricidad.
<b>Estrategia 3.1.</b> Ejecutar proyectos y acciones de eficiencia energética	Así mismo, para el proyecto se implementará tecnología con eficiencia energética que cumpla con los estándares nacionales.
<b>Línea de acción 3.1.6.</b> Establecer programas que incrementen la eficiencia energética de los procesos de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica	El proyecto incrementará en la medida de lo posible la eficiencia energética de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.
<b>Línea de acción 3.1.7.</b> Promover el uso de esquemas de generación distribuida en pequeña y gran escala	El proyecto es congruente con la presente línea de acción al implementarse un sistema de generación a gran escala utilizando energía renovable.
<b>Línea de acción 3.1.8.</b> Fomentar la inversión en redes inteligentes que faciliten la incorporación de energías renovables variables y reducción de pérdidas.	El proyecto consiste en la utilización de una energía renovable, particularmente la energía solar, para la generación de electricidad por lo que contribuirá con el cumplimiento de esta línea estratégica.
<b>Estrategia 3.2.</b> Acelerar la transición energética a fuentes de energía menos intensivas en carbono.	Con la implementación del proyecto se contribuye con la presente estrategia al tratarse de una fuente renovable de energía de emisiones cero.
<b>Línea de acción 3.2.1.</b> Impulsar la diversificación de la matriz energética con inversión pública y privada en la generación mediante energías limpias.	Por todo lo anterior se impulsará la diversificación del Sistema Eléctrico Nacional contribuyendo con la aplicación de energías limpias y renovables para la satisfacción de la demanda energética nacional.

### III.3.8. Plan Estatal de Desarrollo Yucatán

Como parte de los objetivos considerados por el Plan Estatal de Desarrollo para Yucatán se encuentra la promoción del desarrollo que refuerce no solo la infraestructura, sino el desarrollo económico y urbano, preservando siempre, el medio ambiente. A continuación se presentan los objetivos y estrategias del Plan Estatal de Desarrollo Yucatán vinculados con el proyecto por sector y tema.

**Tabla III. 24. Vinculación del Plan Estatal de Desarrollo Yucatán con el proyecto.**

Sector, Tema, Objetivo y Estrategia	Vinculación
<p><b>Sector:</b> Yucatán con Crecimiento Ordenado</p> <p><b>Tema:</b> infraestructura para el desarrollo</p> <p><b>Objetivo 3.</b> Incrementar la cobertura de infraestructura básica en el estado</p> <p><b>Estrategia:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ampliar y mejorar la infraestructura hidráulica y redes de electrificación tanto en el medio rural como en el urbano.</li></ul>	<p>El proyecto incrementará de forma directa la cobertura de infraestructura eléctrica en el estado de Yucatán por lo que colaborará con el cumplimiento del presente objetivo así como su estrategia correspondiente.</p>
<p><b>Sector:</b> Yucatán con Crecimiento Ordenado</p> <p><b>Tema:</b> Medio Ambiente</p> <p><b>Objetivo 3.</b> Reducir la vulnerabilidad de los sectores productivos o sociales ante el impacto del cambio climático</p> <p><b>Estrategias:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Impulsar sistemas eficientes para la generación de energía sustentable en el sector residencial y productivo.</li><li>• Impulsar la investigación y desarrollo tecnológico para el aprovechamiento sustentable de los recursos eólicos, solares y de biomasa.</li></ul>	<p>El proyecto impulsará de origen el aprovechamiento de energía renovable para la generación de electricidad, de tal forma que se impulsará de forma indirecta la investigación y el desarrollo tecnológico en este sector.</p>

### **III.3.9. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio**

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) fue publicado en el D.O.F. el 7 de septiembre de 2012. Tiene el propósito de regionalizar ecológicamente el territorio nacional en su conjunto, para poder determinar claramente los lineamientos y estrategias ecológicas que preserven, protejan, restauren y propicien el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a través de acciones coordinadas e integrales entre los distintos niveles de gobierno y la sociedad, que permitan la articulación de las políticas, programas y acciones para enfrentar los retos en materia ambiental, frenar el deterioro y avanzar en la conservación y aprovechamiento sustentable del territorio nacional. El Acuerdo por el que se expide el POEGT, establece, entre otros puntos, lo siguiente:

El POEGT es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y vinculará las acciones y programas de la Administración Pública Federal y las entidades paraestatales en el marco del Sistema Nacional de Planeación Democrática, quienes deberán observarlo en sus programas operativos anuales, en sus proyectos de presupuestos y en sus programas de obra pública.

El POEGT promueve un esquema de coordinación y corresponsabilidad entre los sectores de la Administración Pública Federal –a quienes está dirigido este Programa- que permite generar sinergias y propiciar un desarrollo sustentable en cada una de las regiones ecológicas identificadas en el territorio nacional.

Por su escala y alcance, el POEGT no tiene como objetivo autorizar o prohibir el uso del suelo para el desarrollo de actividades sectoriales. Cada sector tiene sus prioridades y metas, sin embargo, en su formulación e instrumentación, los sectores adquieren el compromiso de orientar sus programas, proyectos y acciones de tal forma que contribuyan al desarrollo sustentable de cada región.

De lo anterior se desprende que le corresponde a la Administración Pública Federal, y a las entidades Paraestatales, la formulación e instrumentación del POEGT; no obstante a ello, y a la escala en la que se presentan las Unidades Ambientales Biofísicas (1:2,000,000), se llevó a cabo la revisión de este instrumento de planeación identificando que el proyecto se encuentra en las **UAB 62 Región 17.33 "Karst de Yucatán y Quintana Roo"** y **UAB 63 Región 17.32 "Karst y Lomeríos de Campeche, Quintana Roo y Yucatán"**, como se aprecia en la siguiente figura, con políticas ambientales de Restauración, Protección y Aprovechamiento sustentable así como Restauración y Aprovechamiento sustentable respectivamente.

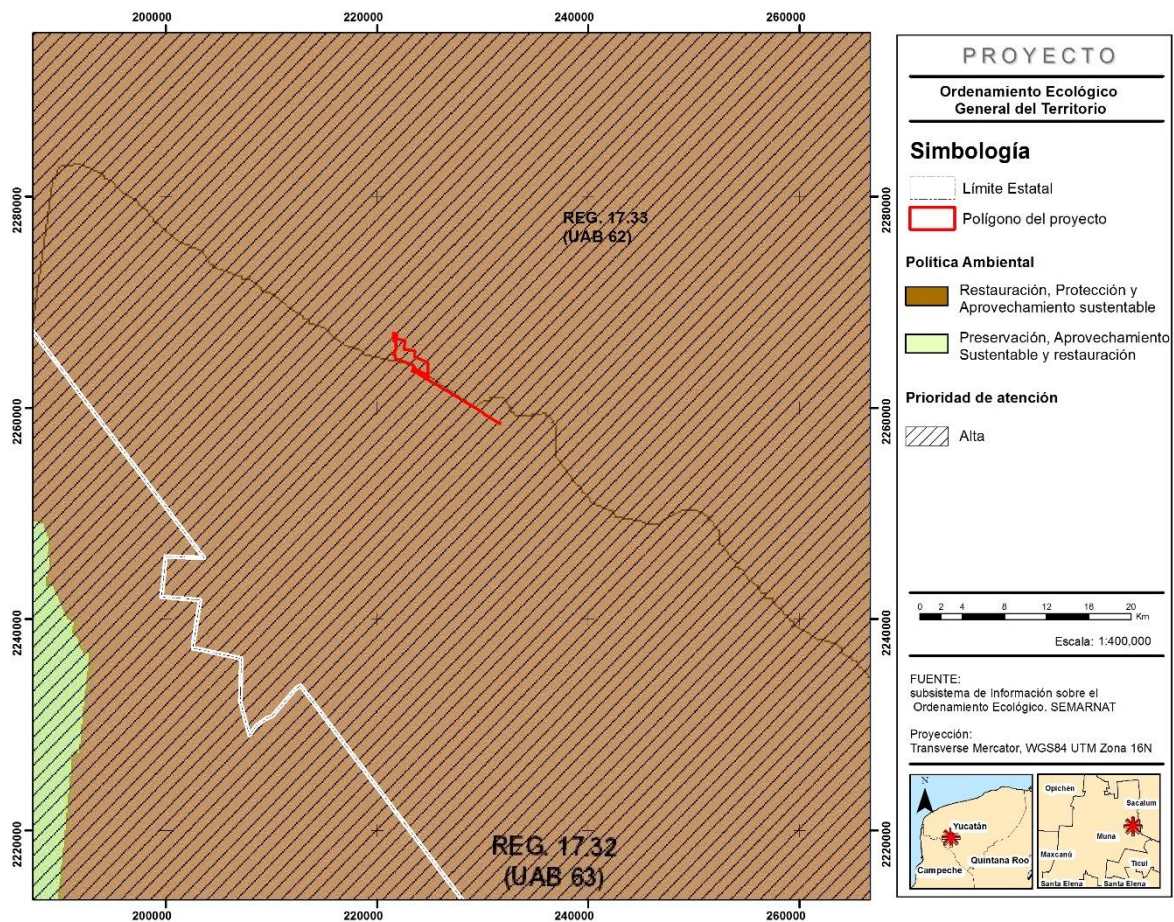


Figura III. 1. Ubicación del predio de proyecto con respecto al POEGT.

En la siguiente tabla, se incluyen las estrategias, políticas y los rectores, coadyuvantes y asociados del desarrollo que son aplicables al proyecto.

**Tabla III. 25 Política y estrategias establecidas para las UAB aplicables.**

UAB/ Región	Rectores del desarrollo	Coadyuvantes del desarrollo	Asociados del desarrollo	Otros sectores de interés	Estrategias sectoriales
UAB 62 Región 17.33	Preservación de Flora y Fauna- Turismo	Desarrollo Social-Forestal	Agricultura - Ganadería	Pueblos Indígenas	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 31, 32, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44
UAB 63 Región 17.32	Preservación de Flora y Fauna	Forestal- Turismo	Agricultura - Ganadería	Pueblos Indígenas	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 36, 37, 38, 42, 43, 44

En la siguiente tabla se presentan las estrategias de cada una de las Unidades Ambientales Biofísicas en las que incide el proyecto así como su vinculación y congruencia con el mismo.

**Tabla III. 26. Estrategias del POEGT vinculadas con el proyecto.**

Estrategias de la UAB		Vinculación con el proyecto
<b>Región ecológica 17.33</b>		
<b>UAB 62. Karst de Yucatán y Quintana Roo</b>		
<b>Grupo I Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio</b>		
A) Preservación	1. Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad.	Durante el desarrollo del proyecto se implementaran acciones ambientales de protección y conservación de flora y fauna en el área del proyecto, principalmente enfocadas a especies

Estrategias de la UAB		Vinculación con el proyecto
	2. Recuperación de especies en riesgo.	bajo protección legal o en riesgo, de conformidad a la normatividad en materia. Estas acciones se encuentran estructuradas en el Programa de Manejo de flora y el Programa de Manejo de fauna, en el Capítulo VII del presente DTU.
	3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	Las acciones ambientales incluyen el rescate y reubicación de individuos, conlleva a la recuperación de especies particularmente aquellas en riesgo. Cabe señalar, que una vez rescatadas y reubicadas dichas especies, serán monitoreadas con objeto de dar seguimiento a la supervivencia de dichas individuos. Así mismo se han establecido actividades de restauración por el cambio de uso de suelo lo que conlleva a la sustentabilidad ambiental del proyecto entorno al ecosistema que pretende desarrollarse.
B) Aprovechamiento sustentable	4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.	El proyecto que nos ocupa, para su operación y desarrollo pretende el aprovechamiento de la energía solar, con la finalidad generar energía eléctrica. Lo anterior, tipifica a la obra como una actividad en el aprovechamiento de energía renovable y limpia, conlleva a la sustentabilidad de la obra, por lo que el proyecto es congruente con la estrategia en

Estrategias de la UAB		Vinculación con el proyecto
		comento.
	5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	Dado que no se contemplan actividades de aprovechamiento de los suelos agrícolas y pecuarios, la estrategia en cita no le es aplicable al proyecto.
	6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.	La estrategia en comento, no le es aplicable al proyecto que nos ocupa, ya que no se contemplan actividades de tipo agrícola.
	7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	No habrá aprovechamiento de recursos forestales por lo que no es aplicable el presente criterio.
	8. Valoración de los servicios ambientales.	La empresa promovente responsable de la ejecución del proyecto, consiente del compromiso ambiental, implementará acciones ambientales, que permitan la conservación y protección del ecosistema y sus recursos naturales, y por ende los servicios ambientales que estos nos brinda, como son la captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales; la modulación o regulación climática; la protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida; la protección y recuperación de suelos, entre otros.
C) Protección de los recursos naturales	9. Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados.	El proyecto coadyuvará con el cumplimiento de los presentes criterios, al utilizar racionalmente el
	10. Reglamentar para su protección, el	



Estrategias de la UAB		Vinculación con el proyecto
	uso del agua en las principales cuencas y acuíferos.	agua en todas las fases del proyecto implementando las medidas establecidas en el capítulo VII, particularmente en el Programa de Difusión y Educación Ambiental.
	11. Mantener en condiciones adecuadas de funcionamiento las presas administradas por CONAGUA.	No es aplicable al proyecto puesto que no se tiene relación con presas administradas por la Comisión Nacional del Agua.
	12. Protección de los ecosistemas.	La ejecución de estrategias ambientales presentadas en el Capítulo VI, conducen a la protección y conservación del ecosistema que prevalece en el sitio del proyecto, donde dichas acciones están diseñadas y estructuras bajo esquemas de Programas ambientales que permiten a su vez la protección de los recursos naturales. Lo anterior, permite la congruencia del proyecto con la estrategia señalada.
	13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	No es aplicable al proyecto el presente criterio puesto que no se realizarán actividades relacionadas con el sector agropecuario.
D) Restauración	14. Restauración de los ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	El proyecto es congruente con la estrategia en cita, toda vez que se llevaran a cabo Actividades de restauración por el cambio de uso de suelo, lo anterior como medida compensatoria ante el cambio de uso

Estrategias de la UAB		Vinculación con el proyecto
		de suelo de áreas forestales que se pretende realizar, para la superficie a ocupar en la instalación y operación del proyecto.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios.	21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo.	No es aplicable al proyecto la presente estrategia puesto que éste no contempla el desarrollo de actividades turísticas.
	22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional.	No es aplicable al proyecto la presente estrategia puesto que éste no contempla el desarrollo de actividades turísticas.
	23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista) – beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).	No es aplicable al proyecto la presente estrategia puesto que éste no contempla el desarrollo de actividades turísticas.
<b>Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana</b>		
D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional	31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas.	El proyecto es coadyuvante de la presente estrategia puesto que pretende el desarrollo de infraestructura para la generación de electricidad. Así mismo permite el desarrollo de la región y genera empleos directos e indirectos con un enfoque sustentable al utilizar energía renovable.
	32. Frenar la expansión desordenada de las ciudades, dotarlas de suelo apto	Corresponde a la autoridad local, frenar la expansión desordenada de las

Estrategias de la UAB		Vinculación con el proyecto
	para el desarrollo urbano y aprovechar el dinamismo, la fortaleza y la riqueza de las mismas para impulsar el desarrollo regional	ciudades, dotarlas de suelo apto para el desarrollo urbano.
E) Desarrollo social	36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza.	Las estrategias definidas en el ámbito social, no aplican al proyecto que nos ocupa. El proyecto corresponde al sector energético.
	37. Integrar a mujeres indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.	
	38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza.	
	39. Incentivar el uso de los servicios de salud, especialmente de las mujeres y los niños de las familias en pobreza.	
	40. Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la	

Estrategias de la UAB		Vinculación con el proyecto
	población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación.	
<b>Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional</b>		
A) Marco Jurídico	42. Asegurara la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	La estrategia en cita, no aplica al proyecto.
B) Planeación del Ordenamiento Territorial	43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos.	Corresponde a autoridad local y estatal integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos.
	44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	No aplican al proyecto las estrategias en comento. Corresponde a la autoridad local o estatal la planeación del ordenamiento territorial.
<b>Región ecológica 17.32</b>		
<b>UAB 63. Karst y Lomeríos de Campeche, Quintana Roo y Yucatán</b>		
<b>Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio</b>		
A) Preservación	1. Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad.	Como ya se había mencionado, durante el desarrollo del proyecto se implementará el Programa de Manejo de flora y el Programa de Manejo de fauna, en el Capítulo VII del presente DTU. Así mismo se han establecido actividades de restauración por el cambio de uso de suelo lo que conlleva a la sustentabilidad ambiental del
	2. Recuperación de especies en riesgo.	
	3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	

Estrategias de la UAB		Vinculación con el proyecto
		proyecto entorno al ecosistema que pretende desarrollarse.
B) Aprovechamiento sustentable	4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.	Como ya se había visto anteriormente, el proyecto que nos ocupa, para su operación y desarrollo pretende el aprovechamiento de la energía solar considerada energía renovable, con la finalidad generar energía eléctrica. Lo que conlleva a la sustentabilidad de la obra, por lo que el proyecto es congruente con la estrategia en comento.
	5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	La estrategia en cita no le es aplicable al proyecto ya que el proyecto no contempla el aprovechamiento de suelos agrícolas o pecuarios.
	6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.	No es aplicable al proyecto la presente estrategia ya que no se contempla el desarrollo de actividades agrícolas.
	7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	No habrá aprovechamiento de recursos forestales por lo que no es aplicable el presente criterio.
	8. Valoración de los servicios ambientales.	Para la ejecución del proyecto se implementarán acciones ambientales, que permitan la conservación y protección del ecosistema y sus recursos naturales, y por ende los servicios ambientales que estos nos brinda, como son la captura de carbono, de contaminantes y componentes

Estrategias de la UAB		Vinculación con el proyecto
		naturales; la modulación o regulación climática; la protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida; la protección y recuperación de suelos, entre otros.
C) Protección de los recursos naturales	9. Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados.	El proyecto coadyuvará con el cumplimiento de los presentes criterios, al utilizar racionalmente el agua en todas las fases del proyecto implementando las medidas establecidas en el capítulo VII, particularmente en el Programa de Difusión y Educación Ambiental.
	10. Reglamentar para su protección, el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos.	
	11. Mantener en condiciones adecuadas de funcionamiento las presas administradas por CONAGUA.	No es aplicable al proyecto la presente estrategia puesto que no consiste ni tiene relación con presas administradas por CONAGUA.
	12. Protección de los ecosistemas.	La ejecución de estrategias ambientales presentadas en el Capítulo VII, conducen a la protección y conservación del ecosistema que prevalece en el sitio del proyecto, donde dichas acciones están diseñadas y estructuras bajo esquemas de Programas ambientales que permiten a su vez la protección de los recursos naturales. Lo anterior, permite la congruencia del proyecto con la estrategia señalada.
	13. Racionalizar el uso de agroquímicos	No es aplicable al proyecto el presente criterio puesto que no se realizarán

Estrategias de la UAB		Vinculación con el proyecto
	y promover el uso de biofertilizantes.	actividades relacionadas con el sector agropecuario.
D) Restauración	14. Restauración de los ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	El proyecto es congruente con la estrategia en cita, toda vez que se llevaran a cabo Actividades de restauración por el cambio de uso de suelo, lo anterior como medida compensatoria ante el cambio de uso de suelo de áreas forestales que se pretende realizar, para la superficie a ocupar en la instalación y operación del proyecto.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo.	No es aplicable al proyecto la presente estrategia puesto que éste no contempla el desarrollo de actividades turísticas.
	22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional.	No es aplicable al proyecto la presente estrategia puesto que éste no contempla el desarrollo de actividades turísticas.
	23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista) – beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).	No es aplicable al proyecto la presente estrategia puesto que éste no contempla el desarrollo de actividades turísticas.
<b>Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana</b>		
E) Desarrollo Social	36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento	Las estrategias definidas en el ámbito social, no aplican al proyecto que nos ocupa. El proyecto corresponde al

Estrategias de la UAB		Vinculación con el proyecto
	<p>integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza.</p> <p>37. Integrar a mujeres indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.</p> <p>38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza.</p>	sector energético.
<b>Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional</b>		
A) Marco Jurídico	42. Asegurara la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	La estrategia en cita, no aplica al proyecto.
B) Planeación del Ordenamiento Territorial	43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos.	Corresponde a autoridad local y estatal integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos.
	44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	No aplican al proyecto las estrategias en comento. Corresponde a la autoridad local o estatal la planeación del ordenamiento territorial.

De acuerdo con lo anterior, es importante destacar que el proyecto es congruente respecto a las políticas y estrategias de las UAB de interés refiriendo como punto



relevante que ambas contemplan el **Aprovechamiento Sustentable** definido por el mismo POEGT como *"La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos (LGEEPA, Artículo 3, fracción III)"*.

En congruencia con lo anterior, para el desarrollo del proyecto se han considerado acciones ambientales tendientes a la protección y conservación de la flora y la fauna, y a prevenir, mitigar y, en su caso, a compensar los impactos ambientales que serán generados. Estas medidas se encuentran detalladas en el capítulo VI del presente DTU.

### **III.3.10. Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe**

El Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMMyMC) identifica, orienta y enlaza las políticas, programas, proyectos y acciones de la administración pública que contribuyan a lograr las metas regionales que en él se plantean y optimizar el uso de los recursos públicos de acuerdo con la aptitud del territorio.

El Programa de Ordenamiento Ecológico considera un modelo con lineamientos ecológicos y unidades de gestión ambiental y una estrategia ecológica con objetivos específicos, acciones, criterios ecológicos y responsables. Establece 203 unidades de gestión ambiental (UGA) clasificadas en marinas y regionales.

El proyecto no se encuentra dentro del ámbito de aplicación geográfico del presente ordenamiento al encontrarse ubicado a 16 kilómetros de distancia de la UGA regional más cercana tal cual se puede apreciar en la siguiente figura.

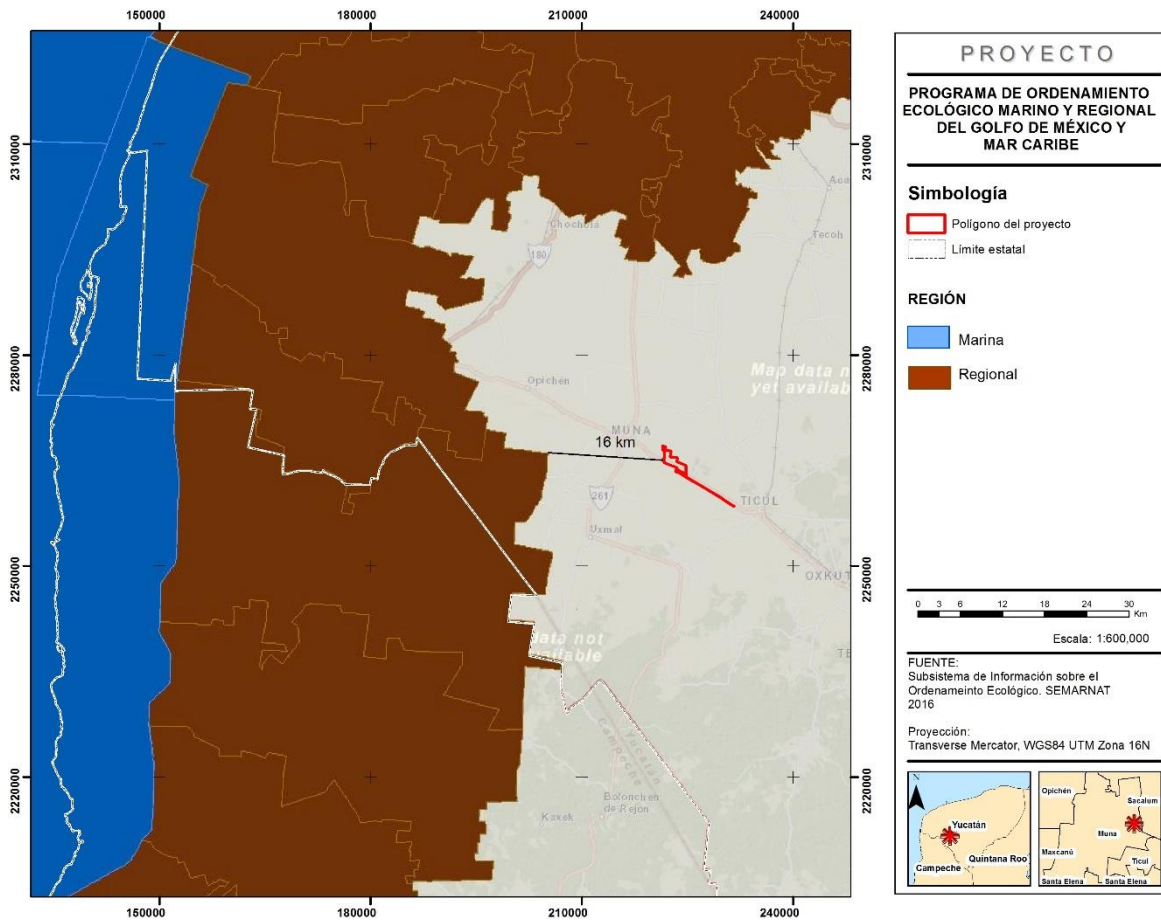


Figura III. 2. Ubicación del proyecto respecto al ámbito de aplicación geográfico del POEMyRGMMyMC.

De acuerdo con lo anterior, el modelo, lineamientos ecológicos, criterios ecológicos, estrategias, objetivos específicos y acciones establecidas en el POEMyRGMMyMC no son aplicables al proyecto.

### III.3.11. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán

El Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán (POETY) fue decretado el 26 de julio de 2007 en el Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán. Es un instrumento de planeación jurídica que determina esquemas de regulación de la ocupación territorial.

Mediante el POETY se establece el Modelo de Ocupación del Territorio para el Estado de Yucatán que incluye la propuesta de usos para el territorio, acorde con sus potencialidades y limitantes y el establecimiento de un sistema de políticas y criterios ambientales.

El POETY en su Artículo 7, establece los tipos de uso y utilización del territorio para el Estado de Yucatán como sigue.

**Tabla III. 27. Usos de suelo y utilización del territorio para el Estado de Yucatán establecidos en el POETY.**

Uso	Utilización
Agricultura	Agricultura tradicional
	Cítricos
	Papaya
	Hortalizas
	Chile habanero
	Frutales tropicales
Ganadería	Semi-Intensiva (porcicultura, avicultura y apicultura)
	Semi-Extensiva (bovina)
Silvicultura	Aprovechamiento Forestal
	Desarrollo de Plantaciones Forestales
Asentamientos humanos	Desarrollos urbanos
Turismo	Turismo alternativo

Uso	Utilización
Industrial	Transformación
	Extracción
Conservación de recursos naturales	Conservación

Así mismo, en dicho ordenamiento se contempla la asignación y aplicación de las políticas de ordenamiento denominadas como: Aprovechamiento, Conservación, Protección y Restauración.

Particularmente el proyecto incide en la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 3B "Valle Ticul". En la siguiente tabla se presentan la los usos, políticas, criterios y recomendaciones para dicha Unidad de Gestión Ambiental de acuerdo a lo establecido en el POETY, adicionalmente la incidencia del proyecto en dicha UGA se puede apreciar gráficamente en la siguiente figura.

**Tabla III. 28. Resumen de la UGA en la que incide el proyecto.**

UGA	Usos	Políticas	Criterios y recomendaciones
3B Valle Ticul	<b>Predominante:</b> Agroforestería <b>Compatible:</b> Agricultura tradicional, apicultura, ecoturismo y actividades cinegéticas. <b>Condicionado:</b> Agricultura tecnificada <b>Incompatible:</b> Ganadería, extracción de materiales pétreos e industria.	Protección	<b>P</b> - 1, 2, 3, 5, 9, 12, 13, 14, 16.
		Conservación	<b>C</b> - 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 13.
		Aprovechamiento	<b>A</b> - 1, 2, 3, 4, 5, 7, 12, 13, 14.
		Restauración	<b>R</b> - 1, 6, 8, 11, 16.

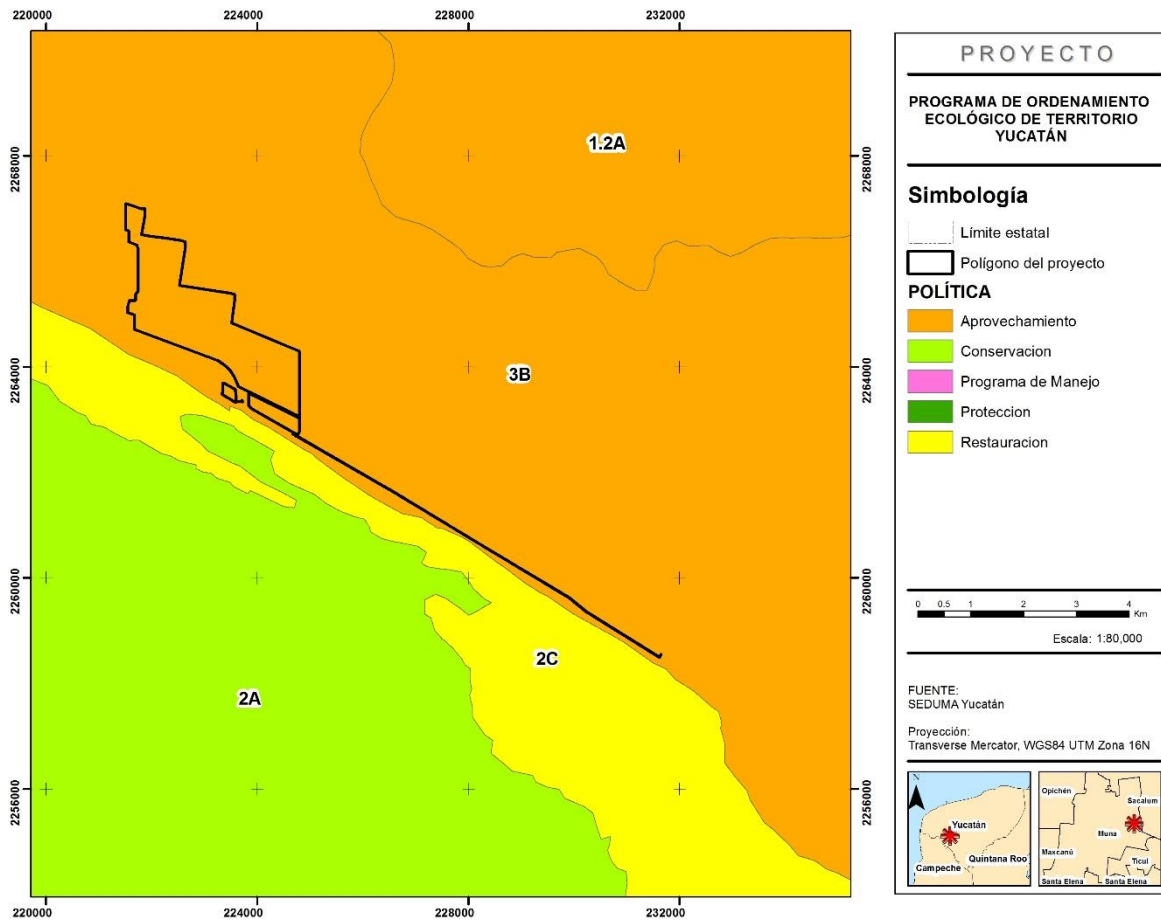


Figura III. 3. Ubicación del proyecto de acuerdo al POETY.

Como se pudo observar en la tabla anterior, para la UGA 3B los usos de suelo incompatibles contemplan a la industria, no obstante de acuerdo con los *Usos de suelo y utilización del territorio para el Estado de Yucatán* establecidos en el Artículo 7 del POETY, el uso de suelo industrial únicamente contempla a la industrias de la transformación y extractiva; y dado que el presente proyecto corresponde a la industria eléctrica no se encontraría expresamente contemplado dentro de las incompatibilidades de uso.

Es decir, para la UGA 3B no se tiene contemplado el uso que se pretende dar mediante la ejecución del presente proyecto, para lo que el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán establece a la letra:

*"ARTÍCULO 9.- Las obras o actividades que se pretendan realizar dentro del área que comprende el presente ordenamiento, cuyos usos no hubieren sido previstos en el presente documento, deberán contar antes de su inicio con las autorizaciones correspondientes derivadas del procedimiento de evaluación en materia de impacto ambiental con base en lo establecido en la legislación federal y estatal vigente, en el ámbito de sus respectivas competencias."*

Por lo que mediante la presentación de éste DTU se somete el proyecto en comento al procedimiento de evaluación en materia de impacto ambiental con base en lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y su Reglamento en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental así como en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento como se ha validado en numerales anteriores.

Adicional a lo anterior, el proyecto dará cumplimiento a los lineamientos generales y criterios particulares establecidos la unidad de gestión ambiental en la que incide. En las dos tablas siguientes se presenta la vinculación del proyecto con los lineamientos generales y criterios particulares aplicables a dicha UGA.

**Tabla III. 29. Vinculación del proyecto con los lineamientos generales del POETY.**

<b>Lineamiento</b>	<b>Vinculación con el proyecto</b>
Ajustarse a la legislación y disposiciones aplicables en la materia.	El proyecto se ajustará a la legislación ambiental y demás disposiciones como se encuentra expresado en el presente capítulo.
Sujetarse a las disposiciones de los Decretos de creación y/o programas de manejo de las Áreas Naturales Protegidas Federales, Estatales y/o Municipales.	El proyecto no incide en ninguna Área Natural Protegida como se podrá observar en numerales posteriores, por lo que no se encuentra sujeto a dichos decretos y programas de manejo.
En Áreas Naturales Protegidas, los criterios de protección, conservación, restauración y aprovechamiento, son los establecidos en los	No es aplicable el criterio puesto que, como se verá posteriormente, el proyecto no incide en ninguna Área Natural Protegida por lo que no son aplicables

Lineamiento	Vinculación con el proyecto
Decretos y/o programas de manejo y reglas administrativas.	los Decretos, Programas de manejo y criterios correspondientes a dichas áreas.
Asegurar el uso sustentable de los recursos naturales, mediante la aplicación de los instrumentos establecidos de política ambiental (agua, aire, suelos, forestal, vida silvestre y pesca, etc.).	Corresponde a la autoridad el cumplimiento del presente lineamiento, no obstante el proyecto coadyuva con el mismo mediante el apego al presente ordenamiento.
Garantizar el uso racional del recurso hídrico, la recarga de los acuíferos y la calidad del agua.	Corresponde a la autoridad el cumplimiento del presente lineamiento. El proyecto coadyuvará con el mismo, al utilizar racionalmente el agua en todas las fases del proyecto implementando las medidas establecidas en el capítulo VII, particularmente en el Programa de Difusión y Educación Ambiental.
Prevenir la erosión y degradación de los suelos.	Corresponde a la autoridad la observancia del presente lineamiento. No obstante el proyecto coadyuvará a través de la implementación de medidas establecidas en el Capítulo VII del presente DTU, particularmente en el Programa de Manejo Integral de los Residuos, Programa de Manejo de Flora así como las Actividades de restauración por el cambio de uso de suelo se prevendrá la erosión y degradación de los suelos existentes en el área del proyecto.
Asegurar el mantenimiento de la diversidad biológica y geográfica del territorio, así como el hábitat de especies vegetales y animales.	Corresponde a la autoridad el mantenimiento de la diversidad biológica y geográfica del territorio así como el hábitat de especies. Sin embargo el proyecto coadyuvará con el presente lineamiento mediante la implementación de los Programas de Manejo de Flora y Fauna establecidos en el capítulo VI del presente DTU.

Lineamiento	Vinculación con el proyecto
Considerar las observaciones de los comités y/o consejos establecidos en la normatividad vigente.	Corresponde a la autoridad la observancia del presente lineamiento.
Incrementar los estudios que permitan aumentar el conocimiento de los recursos y valores naturales.	Corresponde a la autoridad la observancia del presente lineamiento.
Utilizar los instrumentos económicos para la protección del medio ambiente.	Corresponde a la autoridad la observancia del presente lineamiento.
Fortalecer y, en caso de ser necesario, reorientar las actividades económicas a fin de hacer más eficiente el uso de los recursos naturales y la protección al ambiente.	Corresponde a la autoridad la observancia del presente lineamiento.
Proteger la recarga de los acuíferos en las áreas de captación de los asentamientos humanos.	Corresponde a la autoridad la observancia del presente lineamiento. Adicionalmente, el proyecto no se ubica en un área de asentamientos humanos.
Controlar la introducción y el uso de especies ferales e invasoras.	Como parte de las medidas propuestas en las Actividades de restauración por el cambio de uso de suelo así como en el Programa de Manejo de Flora del Capítulo VII del presente DTU, se establece la no introducción de especies invasoras ni exóticas
Respetar la integridad funcional, la capacidad de carga, regeneración y funcionamiento de los geosistemas.	Como se observará en el Capítulo V del presente DTU el proyecto no generará impactos en la geología del sistema ambiental. Adicionalmente mediante la implementación de las medidas propuestas en el Capítulo VII se mitigarán los impactos generados por el proyecto en el suelo con lo que se asegurará la integridad funcional del geosistema presente en el área del proyecto.
Fomentar el uso sustentable de los recursos naturales mediante tasas que no excedan su	El objetivo del presente proyecto es la generación de energía eléctrica a través de la captación de radiación



Lineamiento	Vinculación con el proyecto
capacidad de renovación.	solar. Dicha energía por su naturaleza es considerada un recurso renovable por lo que su aprovechamiento es congruente al presente lineamiento promoviendo el desarrollo sustentable.
Reorientar la forma actual de aprovechamiento de los recursos naturales, para lograr su utilización sustentable.	Como ya se mencionó, la energía solar fotovoltaica es un tipo de electricidad renovable por lo que el proyecto es congruente con el presente lineamiento.
Desarrollar las actividades económicas en los diferentes sectores bajo criterios ambientales.	En lo que refiere al desarrollo del proyecto, éste se ajustará a la legislación ambiental y demás disposiciones aplicables tal como se encuentra expresado en el presente capítulo.
Realizar la gestión y el manejo integral de los residuos, de acuerdo a la normatividad.	Para el desarrollo del proyecto se prevé la implementación del Programa de Manejo Integral de Residuos con el que establecen las actividades referentes al manejo de los residuos generados en cada una de las etapas del proyecto conforme a lo establecido en la legislación y normatividad aplicable.
Hacer compatibles los proyectos de desarrollo a los requerimientos y disposiciones de los programas de ordenamiento local del territorio y/o de manejo de las áreas protegidas.	Corresponde a la autoridad la observancia del presente lineamiento. Sin embargo mediante la vinculación con el presente ordenamiento se coadyuva al cumplimiento del mismo en lo referente al proyecto que nos atañe. Adicionalmente y como se verá posteriormente, el proyecto no incide en Áreas Naturales Protegidas de ninguna jurisdicción.
Controlar y minimizar las fuentes de emisión a la atmósfera.	En el Programa de Supervisión y Gestión Ambiental establecido en el Capítulo VII del presente DTU se establecen las medidas para el control y minimización de las emisiones generadas por efecto de la ejecución del proyecto.
Incentivar la producción de bienes y servicios que	Corresponde a la autoridad el cumplimiento del

Lineamiento	Vinculación con el proyecto
<p>respondan a las necesidades económicas, sociales y culturales de la población bajo criterios ambientales.</p>	<p>presente lineamiento. Sin embargo el proyecto, mediante la generación de energía eléctrica entregada directamente a la red eléctrica nacional coadyuvará a dar respuesta a las necesidades de la población de la entidad.</p>
<p>En la construcción de cualquier tipo de infraestructura o equipamiento, se deberá contar con un estudio previo de afectación a zonas de valor histórico o arqueológico.</p>	<p>No es aplicable el presente lineamiento puesto que el proyecto se localiza fuera de áreas de valor histórico o arqueológico como se podrá apreciar en el Capítulo IV.</p>
<p>No permitir el depósito de desechos sólidos y las descargas de drenaje sanitario y/o industrial sin tratamiento al mar o cuerpos de agua.</p>	<p>Como se mencionó en el capítulo II del presente DTU, no se efectuarán directamente descargas al mar o cuerpos de agua, para ello se prevé la instalación de fosas séptica que funge como tratamiento primario de las aguas residuales generadas por el proyecto. Cabe mencionar que dicha fosas sépticas cumplirán con la normatividad existente en la materia. Los residuos sólidos generados serán manejados conforme a lo establecido en el Programa de Manejo Integral de Residuos (ver capítulo VII), no se realizará disposición de dichos residuos en el mar o en cuerpos de agua.</p>
<p>Todo sitio para la ubicación de rellenos sanitarios locales o regionales deberá contar con un estudio específico que establezca criterios ecológicos para la selección del sitio, la construcción, la operación y la etapa de abandono del mismo, así como las medidas de mitigación del impacto al manto freático y la alteración de la vegetación presente.</p>	<p>No es aplicable el lineamiento puesto que el proyecto consiste en la generación eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos y no en un relleno sanitario.</p>
<p>Promover zonas de vegetación natural dentro de</p>	<p>Corresponde a la autoridad la observancia del presente lineamiento, adicionalmente el proyecto se</p>

Lineamiento	Vinculación con el proyecto
las áreas urbanas.	ubica fuera de zonas urbanas.
En el desarrollo de los asentamientos humanos deberá evitarse la afectación (tala, extracción, caza, captura, etc.) de selvas, manglares, ciénaga y dunas entre otros, excepto en aquellos casos en que de manera específica se permita alguna actividad; así como la afectación las poblaciones de flora y fauna endémicas, amenazadas o en peligro de extinción. En su caso, se establecerán medidas de mitigación o compensación de acuerdo a la normatividad ambiental vigente.	Corresponde a la autoridad la observancia del presente lineamiento. Adicionalmente, en el capítulo VII del presente DTU se establecen las medidas para mitigar los impactos generados por el proyecto a la flora y fauna.
Establecer programas educativos para incorporar a la ciudadanía en el manejo ambiental urbano (basura, ruido, erosión, etc.), a través de material educativo y cursos específicos.	Corresponde a la autoridad la observancia del presente lineamiento, sin embargo se prevé la implementación del Programa de Difusión y Educación Ambiental cuyos objetivos son coadyuvantes al presente lineamiento.
Fortalecer e integrar los programas para la recuperación de los valores naturales y culturales del territorio.	Corresponde a la autoridad la observancia del presente lineamiento, sin embargo mediante la implementación del Programa de Difusión y Educación Ambiental se coadyuvará con éste lineamiento.
Fomentar la creación de Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMAS).	Corresponde a la autoridad la observancia del presente lineamiento.
Elaborar programas de manejo forestal para la protección y uso de las selvas y recursos forestales.	Corresponde a la autoridad la observancia del presente lineamiento.
El crecimiento de los asentamientos humanos deberá limitarse a las áreas y criterios establecidos en los Programas de Desarrollo	No es aplicable el lineamiento puesto que el proyecto no corresponde a "asentamiento humanos". Adicionalmente no se cuenta con Programa de

Lineamiento	Vinculación con el proyecto
Urbano y al presente Ordenamiento.	Desarrollo Urbano para el Estado de Yucatán ni los municipios donde se ubica el proyecto.
En la definición de nuevas reservas territoriales para asentamientos humanos deberá evaluarse las condiciones físicas, biológicas y socioeconómicas locales en congruencia con la propuesta de ordenamiento ecológico.	Corresponde a la autoridad la observancia del presente lineamiento.
Establecer viveros e invernaderos para producción de plantas nativas con fines comerciales y de restauración.	Corresponde a la autoridad la observancia del presente lineamiento. En el Programa de Manejo de Flora se establecen las medidas que se adoptarán para el rescate y reubicación de flora y coadyuvarán con el presente lineamiento.
El aprovechamiento intensivo de la fauna silvestre debe estar acorde a las aptitudes del ecosistema.	No es aplicable el presente lineamiento ya que no es objeto del proyecto el aprovechamiento de fauna silvestre.
Establecer medidas de rehabilitación en los cuerpos de agua afectados.	No es aplicable al proyecto puesto que no se prevé la afectación a cuerpos de agua. Esto se puede cotejar en el Capítulo V del presente DTU.
Remediación y recuperación de suelos contaminados.	No es aplicable el proyecto puesto que no se encuentra en un sitio contaminado. Adicionalmente en el Capítulo VII del presente DTU se establecen las medidas para prevenir la contaminación de suelos por la ejecución del proyecto.
Las actividades de restauración ecológica a realizarse en estas unidades tendrán especial énfasis en el restablecimiento y protección de las poblaciones afectadas de fauna y flora silvestre de importancia para los ecosistemas presentes.	El proyecto no contempla actividades de restauración ecológica, no obstante como parte de las medidas para prevenir y mitigar los impactos generados por la ejecución del mismo se prevé la implementación del Programa de Manejo de Flora y el Programa de Manejo de Fauna, para mayor referencia ver el Capítulo VII del presente DTU.

Lineamiento	Vinculación con el proyecto
En el ámbito de sus competencias, el Estado y los Municipios deben establecer zonas prioritarias para la restauración ecológica, que coadyuven con el sistema de áreas naturales protegidas de Yucatán, para la restauración y conservación de los recursos naturales.	Corresponde a la autoridad el establecimiento de zonas prioritarias para la restauración ecológica.
La construcción de nuevas vialidades debe evitar la fragmentación del hábitat en áreas de conservación de flora y fauna y ANP's.	Como parte del proyecto se contempla la construcción de una red de caminos internos, sin embargo la construcción de esta red no ocasionará la fragmentación del hábitat al encontrarse comunicación entre el ecosistema por áreas aledañas (para mayor referencia ver Capítulos IV y V)

**Tabla III. 30. Criterios Particulares para las UGA's en las que incide el proyecto.**

No.	Criterios particulares	Vinculación
<b>Protección</b>		
1	Promover la reconversión y diversificación productiva bajo criterios ecológicos de los usos del suelo y las actividades forestales, agrícolas, pecuarias y extractivas, que no se estén desarrollando conforme a los requerimientos de protección del territorio.	Corresponde a la autoridad la observancia del presente criterio.
2	Crear las condiciones que generen un desarrollo socioeconómico de las comunidades locales que sea compatible con la protección.	Corresponde a la autoridad la observancia del presente criterio, sin embargo al tratarse de un proyecto de generación de energía eléctrica a través de la captación de radiación solar, se coadyuva con el cumplimiento del mismo generando un desarrollo socioeconómico de la región con una tecnología acorde a un modelo

No.	Criterios particulares	Vinculación
		sustentable.
3	Evitar el cambio de uso de suelo en las depresiones y montículos kársticos al igual que las pendientes que presentan en general un estado alto de conservación.	El criterio no es aplicable toda vez que la geomorfología del sitio del proyecto corresponde a una planicie ondulada, no se presentan formaciones kársticas y no se considera un sitio con un alto grado de conservación como se podrá constatar posteriormente y con mayor detalle en el Capítulo IV del presente DTU.
5	No se permite el confinamiento de desechos industriales, tóxicos y biológico-infecciosos.	El proyecto no contempla el confinamiento de desechos industriales, tóxicos y biológico-infecciosos
9	No se permite la quema de vegetación, de desechos sólidos ni la aplicación de herbicidas y defoliantes.	No se llevará a cabo la quema de vegetación ni de residuos sólidos en ninguna etapa del proyecto. Para la remoción de vegetación se llevarán a cabo las actividades propuestas en el Programa de Manejo de Flora y para el manejo de residuos se implementarán las medidas programadas en el Programa de Manejo Integral de Residuos. Adicionalmente no se aplicarán herbicidas ni defoliantes en ninguna etapa del proyecto.
12	Los proyectos a desarrollar deben garantizar la conectividad de la vegetación entre los predios colindantes que permitan la movilidad de la fauna silvestre.	El proyecto se ubica en un área con vegetación fragmentada al encontrarse aledaño a la Carretera Ticul-Muna, por lo que actualmente no existe conectividad entre los predios colindantes que permitan la movilidad de fauna silvestre.
13	No se permiten las actividades que degraden la naturaleza en las zonas que formen parte de los corredores biológicos.	El proyecto se ubica fuera de corredores biológicos, la vegetación presente en el predio se encuentra fragmentada cercana a zonas con infraestructura y asentamientos humanos, para mayor referencia ver capítulo IV.

No.	Criterios particulares	Vinculación
		Además de esto, con el fin de prevenir y mitigar los impactos ambientales que derivan de la ejecución del proyecto, se presentan en el capítulo VII las medidas a implementar en cada etapa del mismo.
14	Deben mantenerse y protegerse las áreas de vegetación que permitan la recarga de acuíferos.	El área del proyecto corresponde a una zona que actualmente no funge como zona de recarga de acuíferos, esto puede ser verificado en el Capítulo IV del presente DTU. En conjunto con lo anterior el proyecto no pone en riesgo el funcionamiento del SAR como se explica a detalle en capítulos posteriores.
16	No se permite el pastoreo en áreas de corte forestal que se encuentren en regeneración.	El presente criterio no es aplicable puesto que el proyecto consiste en la generación energética mediante paneles fotovoltaicos y no en el pastoreo.
<b>Conservación</b>		
1	Los proyectos de desarrollo deben considerar técnicas que disminuyan la pérdida de la cobertura vegetal y de la biodiversidad.	Si bien el proyecto pretende el cambio de uso de suelo para el desarrollo del mismo, se prevé la implementación del Programa de Manejo Flora así como las Actividades de restauración por el cambio de uso de suelo, como parte de las medidas para prevenir y mitigar los impactos inherentes al desarrollo del proyecto.
2	Prevenir la erosión inducida por las actividades antropogénicas.	Se llevarán a cabo medidas para prevenir la erosión del suelo, principalmente en las etapas de preparación del sitio y construcción. Estas medidas están contenidas en el Programa de Supervisión y Gestión Ambiental así como en las Actividades de restauración por el cambio de uso de suelo, en el Capítulo VII del presente DTU.
3	Controlar y/o restringir el uso de especies	Como ya se mencionó anteriormente, en ninguna

No.	Criterios particulares	Vinculación
	exóticas.	etapa de proyecto se prevé el uso de especies exóticas o invasoras.
4	En el desarrollo de proyectos, se debe proteger los ecosistemas excepcionales tales como selvas, ciénagas, esteros, dunas costeras entre otros; así como las poblaciones de flora y fauna endémicas, amenazadas o en peligro de extinción, que se localicen dentro del área de estos proyectos.	Es de resaltar que si bien el proyecto presenta Vegetación secundaria arbórea de selva mediana, Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia y Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia esta vegetación no se considera un ecosistema excepcional ya que se encuentra fragmentado e impactado por los asentamientos humanos e infraestructura cercanos al proyecto.  Además de esto, con el fin de prevenir y mitigar los impactos ambientales que derivan de la ejecución del proyecto, se presentan en el capítulo VII las medidas a implementar en cada etapa del mismo.
5	No se permite la instalación de bancos de préstamo de material en unidades localizadas en ANP's, cerca de cuerpos de agua y/o dunas costeras.	No es aplicable el criterio puesto que el proyecto no consiste en la instalación de un banco de material.
8	No se permite la disposición de materiales derivados de obras, excavaciones o rellenos sobre la vegetación nativa, zona federal marítimo terrestre, zonas inundables y áreas marinas.	No se realizará la disposición de ningún tipo de residuos sobre áreas vegetadas. Para el manejo de los residuos generados en cada una de las etapas del proyecto se implementarán las medidas establecidas en el Capítulo VII del presente DTU, particularmente en el Programa de Manejo Integral de Residuos. Cabe mencionar que el proyecto se encuentra alejado de zonas federales marítimo-terrestres, zonas inundables y áreas marinas.
9	Las vías de comunicación deben contar con drenajes suficientes que permitan el libre	Como parte del proyecto se prevé la construcción de una red de caminos internos, estos contarán con



No.	Criterios particulares	Vinculación
	flujo de agua, evitando su represamiento.	el drenaje suficiente que permita el libre flujo de agua de tal forma que no se generará represamiento en ninguna de sus zonas.
10	El sistema de drenaje de las vías de comunicación debe sujetarse a mantenimiento periódico para evitar su obstrucción y mal funcionamiento.	Como parte de las actividades de mantenimiento en la etapa operativa del proyecto se comprobará que la red de caminos internos se encuentre en perfecto estado y funcionamiento óptimo.
13	Los proyectos de desarrollo deben identificar y conservar los ecosistemas cuyos servicios ambientales son de relevancia para la región.	Los servicios ambientales ofrecidos por la vegetación del área del proyecto no son de relevancia para la región puesto que dicha vegetación se encuentra actualmente fragmentada. Es importante mencionar que el proyecto no pone en riesgo el funcionamiento del SAR como se explica a detalle en capítulos posteriores.
<b>Aprovechamiento</b>		
1	Mantener las fertilidades de los suelos mediante técnicas de conservación y/o agroecológicas.	Como ya se ha mencionado, se llevarán a cabo medidas para prevenir la erosión del suelo, principalmente en las etapas de preparación del sitio y construcción. Estas medidas están contenidas en el Programa de Supervisión y Gestión Ambiental así como en las Actividades de restauración por el cambio de uso de suelo, en el Capítulo VII del presente DTU.
2	Considerar prácticas y técnicas para la prevención de incendios.	El proyecto se ajustará a la normatividad aplicable en la materia para la prevención de incendios en las instalaciones del mismo.
3	Reducir la utilización de agroquímicos en los sistemas de producción, favoreciendo técnicas ecológicas y de control biológico.	No es aplicable el criterio puesto que el proyecto corresponde a la generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos y no a la producción agropecuaria.

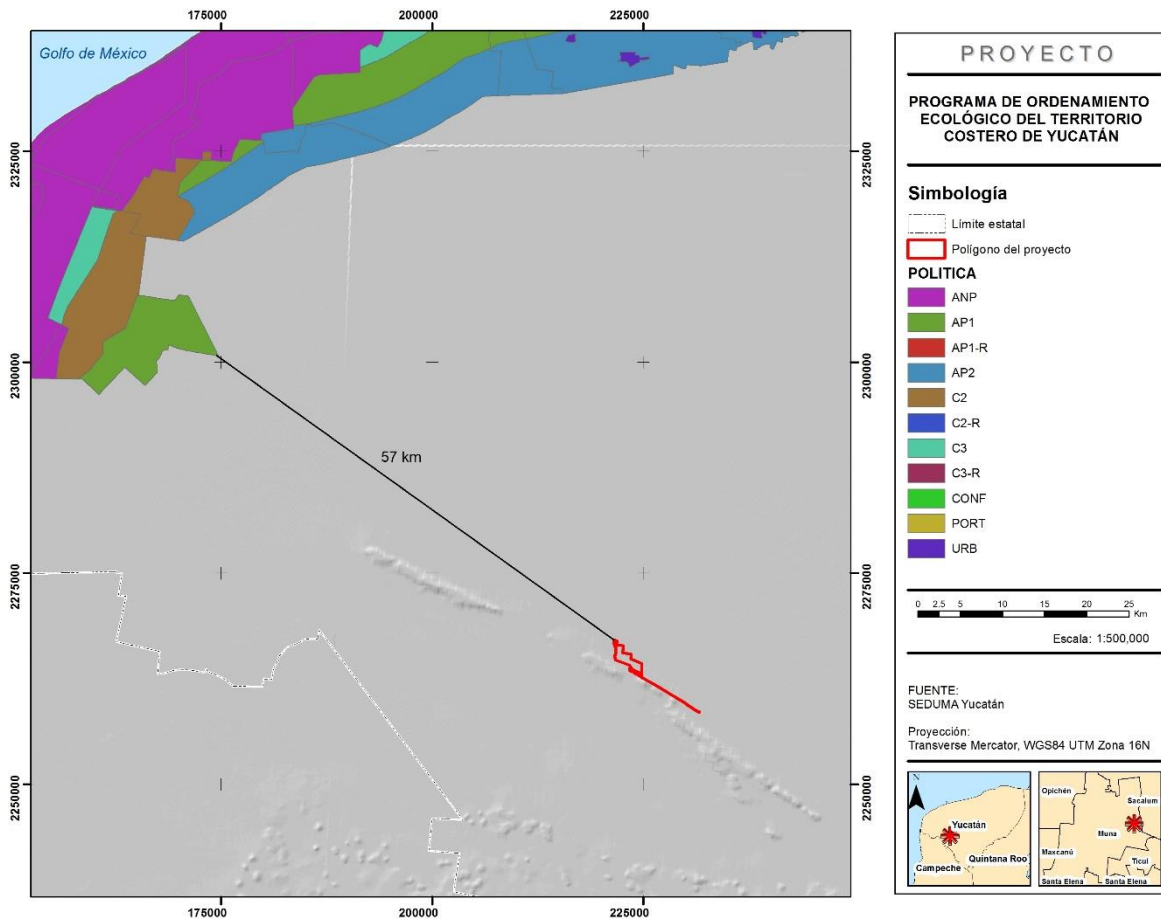
No.	Criterios particulares	Vinculación
4	Impulsar el control integrado para el manejo de plagas y enfermedades.	Corresponde a la autoridad la observancia del presente criterio.
5	Promover el uso de especies productivas nativas que sean adecuadas para los suelos, considerando su potencial.	Corresponde a la autoridad la observancia del presente criterio. No obstante, el proyecto es congruente con el presente criterio a través de las medidas establecidas en el Programa de Manejo de Flora que forma parte del Capítulo VII del presente DTU.
7	Permitir el ecoturismo de baja densidad en las modalidades de contemplación y senderismo.	No es aplicable el criterio puesto que el proyecto corresponde a la generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos y no al ecoturismo.
12	Utilizar materiales naturales de la región en la construcción de instalaciones ecoturísticas.	No es aplicable el criterio puesto que el proyecto corresponde a la generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos y no a un desarrollo ecoturístico.
13	En áreas agrícolas productivas debe promoverse la rotación de cultivos.	No es aplicable el criterio puesto que el proyecto corresponde a la generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos y no la producción agrícola.
14	En áreas productivas para la agricultura deben de integrarse los sistemas agroforestales y/o agrosilvícolas, con diversificación de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas.	No es aplicable el criterio puesto que el proyecto corresponde a la generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos y no la producción agrícola.
<b>Restauración</b>		
1	Recuperar las tierras no productivas y degradadas.	Corresponde a la autoridad la observancia del presente criterio y por tanto la recuperación de tierras no productivas y degradadas. En lo que concierne al proyecto, se llevarán a cabo medidas para la prevención de la erosión del suelo así como

No.	Criterios particulares	Vinculación
		actividades de restauración por el cambio de uso de suelo, estas medidas pueden ser consultadas para mayor detalle en el capítulo VII del presente DTU.
6	Promover la recuperación de poblaciones silvestres.	En cumplimiento con el presente criterio, para el desarrollo del proyecto se implementarán los Programas de Manejo de Fauna y Manejo de Flora para la no afectación y recuperación de los individuos presentes en predio del proyecto.
8	Promover la restauración del área sujeta a aprovechamiento turístico.	No es aplicable el presente criterio puesto que el proyecto no contempla el aprovechamiento turístico.
11	Restaurar superficies dañadas con especies nativas.	Como parte de las actividades de restauración por el cambio de uso de suelo se prevé la utilización de especies nativas. Es importante mencionar que no se introducirán especies invasoras ni exóticas en ninguna de las etapas del proyecto.
16	Establecer programas de monitoreo ambiental.	Para la prevención y mitigación de los impactos ambientales inherentes al desarrollo del proyecto se implementarán los siguientes programas y medidas, descritos a mayor detalle en el Capítulo VII del presente DTU: <ul data-bbox="812 1428 1364 1785" style="list-style-type: none"><li>• Programa de Supervisión y Gestión Ambiental.</li><li>• Programa de Manejo de Fauna</li><li>• Programa de Manejo de Flora</li><li>• Programa de Manejo Integral de Residuos</li><li>• Programa de Difusión y Educación Ambiental</li><li>• Actividades de restauración por el cambio de uso de suelo</li></ul>

De acuerdo con la vinculación realizada, no se identificaron limitantes o incongruencias para el desarrollo del proyecto en el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán (POETY), por lo que es viable su ejecución de acuerdo a lo establecido el ordenamiento referido. Adicionalmente, se seguirán cabalmente los criterios y lineamientos establecidos en el mismo para la UGA correspondiente.

### **III.3.12. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán**

El Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán tiene por objeto llevar a cabo la regionalización ecológica del Territorio Costero del Estado de Yucatán. Comprende un área total de 6,468.535 km<sup>2</sup>, dicha superficie se localiza en el Norte de la Península de Yucatán. El proyecto en comento se encuentra ubicado aproximadamente a 57 kilómetros del ámbito de aplicación de dicho Programa de Ordenamiento tal cual se aprecia en la siguiente figura.



**Figura III. 4. Ubicación del Proyecto respecto al Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán.**

De acuerdo con lo anterior las políticas ambientales, lineamientos, usos de suelo, criterios de regulación ecológica, indicadores y estrategia de gestión propuestas por el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán no son aplicables al proyecto al no incidir en el territorio del mismo.

### **III.3.13. Programas de Desarrollo Urbano (PDU)**

Como resultado de la investigación realizada para la elaboración del presente capítulo correspondiente a la vinculación del proyecto con los instrumentos de planeación y

jurídicos aplicables al mismo, se obtuvo que no existen Programa o Plan de Desarrollo Urbano para el Estado de Yucatán. Así mismo, no existen los Planes de Desarrollo Urbano correspondientes a los municipios de Ticul, Muna y Sacalum.

#### **III.4. Decretos y programas de conservación y manejo de las Áreas Naturales Protegidas**

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), como órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), está encargada de la administración de las Áreas Naturales Protegidas (ANP's), definidas como:

*"Porciones del territorio nacional, terrestres o acuáticas, representativas de los diferentes ecosistemas en donde el ambiente original no ha sido modificado en su esencia por la actividad del hombre y que están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo."*

En el Estado de Yucatán existen ANP's con diversas categorías de competencia federal como son Parques Nacionales y Área de Protección de Flora y Fauna. Las ANP's más cercanas al proyecto son:

- Área Natural Protegida "Dzibilchantún" con categoría de Parque Nacional, ubicada en el Municipio de Mérida, Yucatán.
- Área Natural Protegida "Río Celestún" con categoría de Reserva de la Biósfera, ubicada en los Municipios de Celestún y Maxcanú, Yucatán y Calkiní, Campeche.
- Área Natural Protegida "Balaan Kaax" con categoría de Área de Protección de Flora y Fauna, los municipios de Othón P. Blanco y José María Morelos, Quintana Roo.

- Área Natural Protegida "Los Petenes" con categoría de Reserva de la Biósfera ubicada en los Municipios Campeche, Tenabo, Hecelchakán y Calkiní, Campeche.

El proyecto no incide en ningún Área Natural Protegida de carácter federal como se puede apreciar en la siguiente figura. El ANP más cercana al sitio del proyecto corresponde a "Los Petenes" a 68 km de distancia.

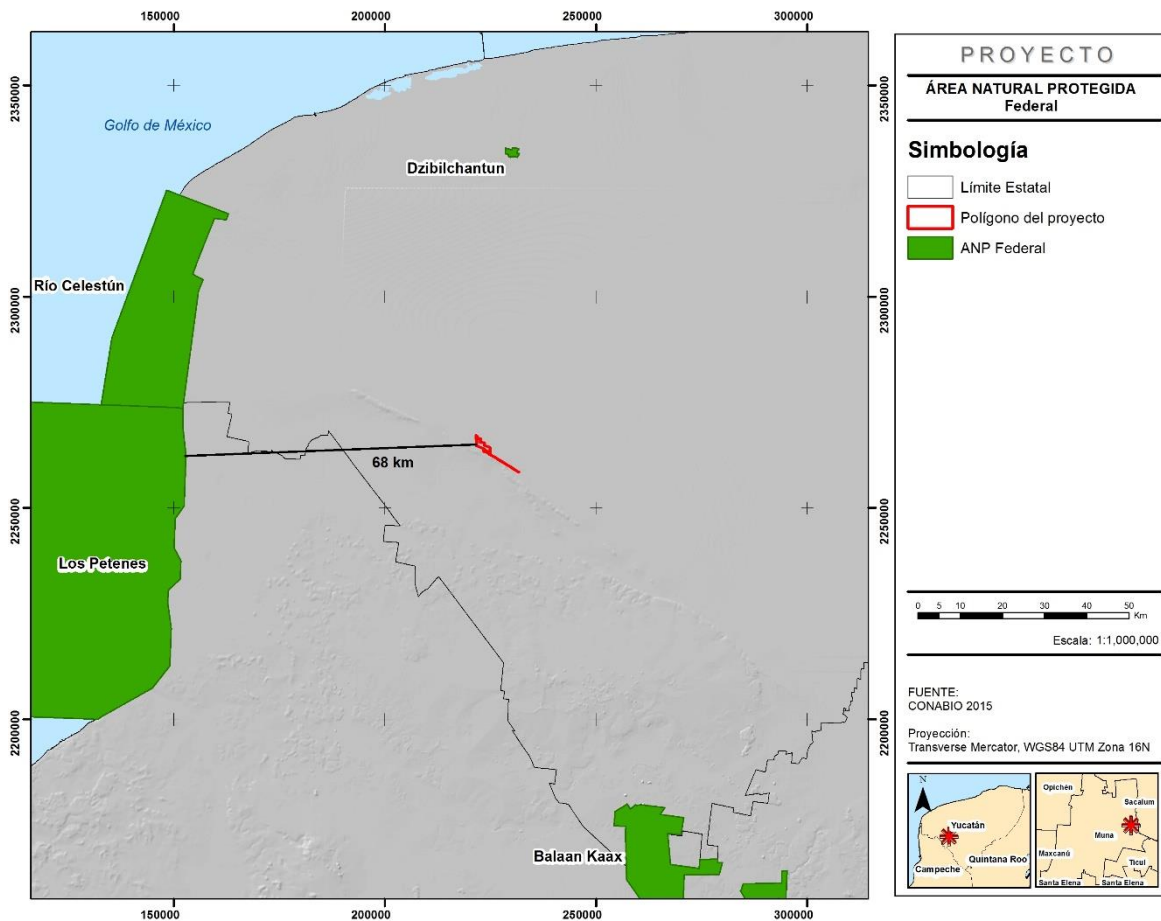


Figura III. 5. Áreas Naturales Protegidas federales cercanas al sitio del proyecto.

Por lo visualizado en la figura anterior, el proyecto queda exento del cumplimiento de cualquier Decreto y Programa de Manejo de ANP's de jurisdicción Federal.

Respecto a las ANP e competencia estatal, en la siguiente figura se visualiza la ubicación del proyecto, en la cual se desprende que el ANP estatal más próxima, denominada "San Juan Bautista Tabi y Anexa Zac Nicté" con categoría de Área Natural Protegida de Valor Escénico Histórico y Cultural, se ubica a una distancia de 13.5 kilómetros del proyecto. Asimismo se ubican las ANP's estatales denominadas "Kabah", "Lagunas de Yalahau" con categoría de Parque Estatal y "El Palmar" con categoría de Reserva Estatal, las cuales se encuentran a una distancia mayor a 17 km como se puede apreciar en la siguiente figura.

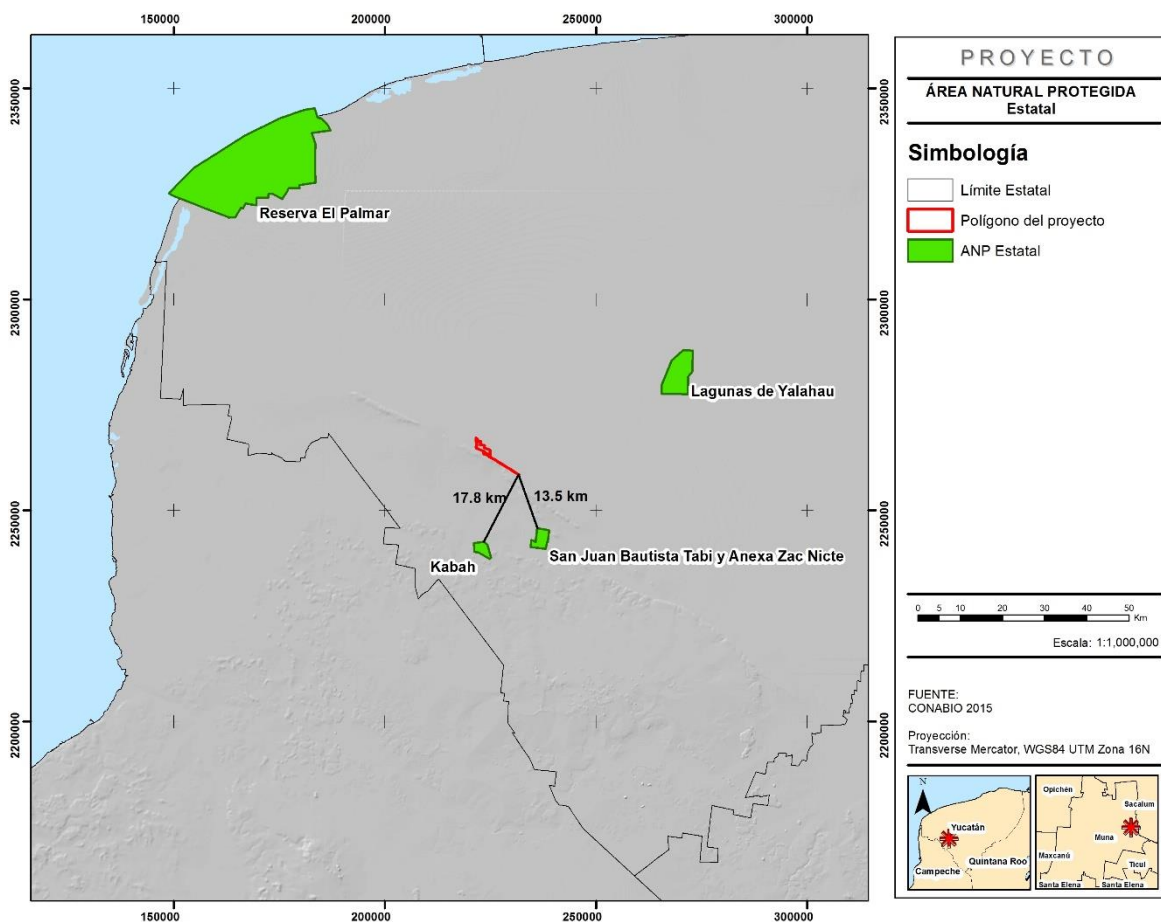


Figura III. 6. Áreas Naturales Protegidas estatales cercanas al sitio del proyecto.

De acuerdo a la información anterior se puede apreciar que el predio contemplado para llevar a cabo el desarrollo del proyecto sujeto a evaluación, no tiene incidencia en ninguna



ANP de carácter estatal, quedando exento de la regulación de algún Decreto o Programa de Manejo de las mismas.

Adicional a lo anterior se obtuvo que el proyecto no tiene incidencia en ANP's municipales al ser la más próxima la denominada "Reserva Cuxtal" con categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica ubicada en el municipio de Mérida, Yucatán. Esta ANP se localiza a 34 km del sitio del proyecto como se puede apreciar en la siguiente figura.

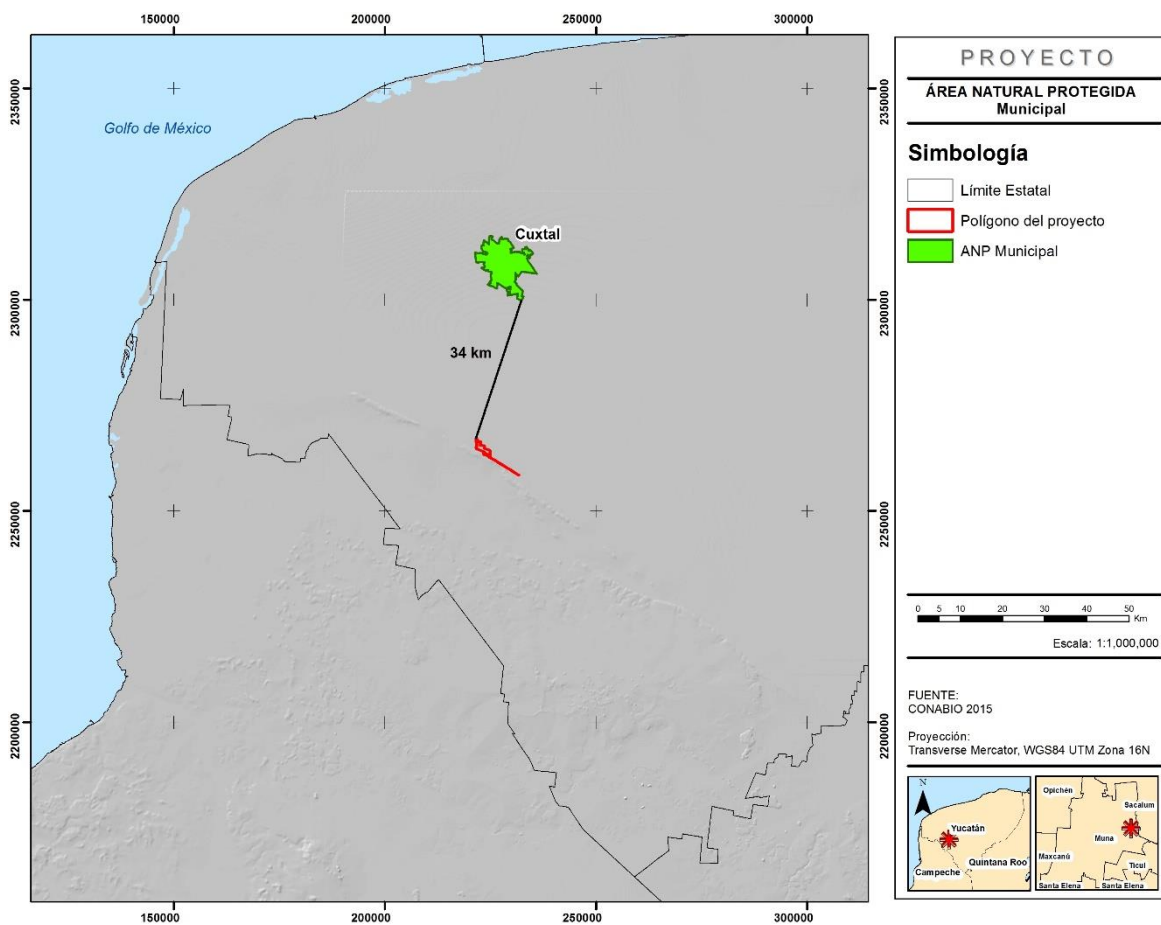


Figura III. 7. Áreas Naturales Protegidas municipales cercanas al sitio del proyecto.

### III.5. Sitios RAMSAR

La "Convención de Ramsar" es un tratado intergubernamental en el que se consagran los compromisos contraídos por sus países miembros para mantener las características ecológicas de sus humedales de importancia internacional y planificar el "uso racional", o uso sostenible, de todos los humedales situados en sus territorios. Para el estado de Yucatán se reportan ocho sitios RAMSAR, en la siguiente tabla se presenta el listado de los mismos.

**Tabla III. 31. Sitios RAMSAR en el Estado de Yucatán.**

Nombre del Sitio RAMSAR	Estado	Municipios
Ría Lagartos (Yucatán)	Yucatán	Río Lagartos, Tizimín, San Felipe
Dzilam (Reserva Estatal)	Yucatán	Dzilam de Bravo, San Felipe
Reserva Estatal El Palmar	Yucatán	Celestún, Hunucmá
Reserva de la Biosfera Ría Celestún	Yucatán, Campeche	Yucatán: Celestún, Maxcanú; Campeche: Calkiní
Parque Estatal Lagunas de Yalahau	Yucatán	Homún, Huhó, Tekit, Sotuta
Otoch Ma'ax Yetel Kooh	Yucatán	Valladolid
Parque Nacional Arrecife Alacranes	Yucatán	Zona Marina
Anillo de Cenotes	Yucatán	Celestún, Umán, Abalá, Chocholá, Maxcanú, Kopomá, Opichén, Muna, Chapab, Sacalum, Tecoh, Tekit, Cuzamá, Homún, Huhí, Kantunil, Izamal, Dzoncahuich, Tekal de Venegas, Quintana Roo, Sotuta, Sudzal, Tunkás, Cenotillo, Buctzotz, Dzilam González, Dzilam de Bravo.

El proyecto no incide en ninguno de estos Sitios RAMSAR siendo el más próximo el denominado Anillo de Cenotes de Yucatán, ubicado a una distancia de 5 km del punto más cercano del polígono del proyecto. Esto se puede apreciar en la siguiente figura.

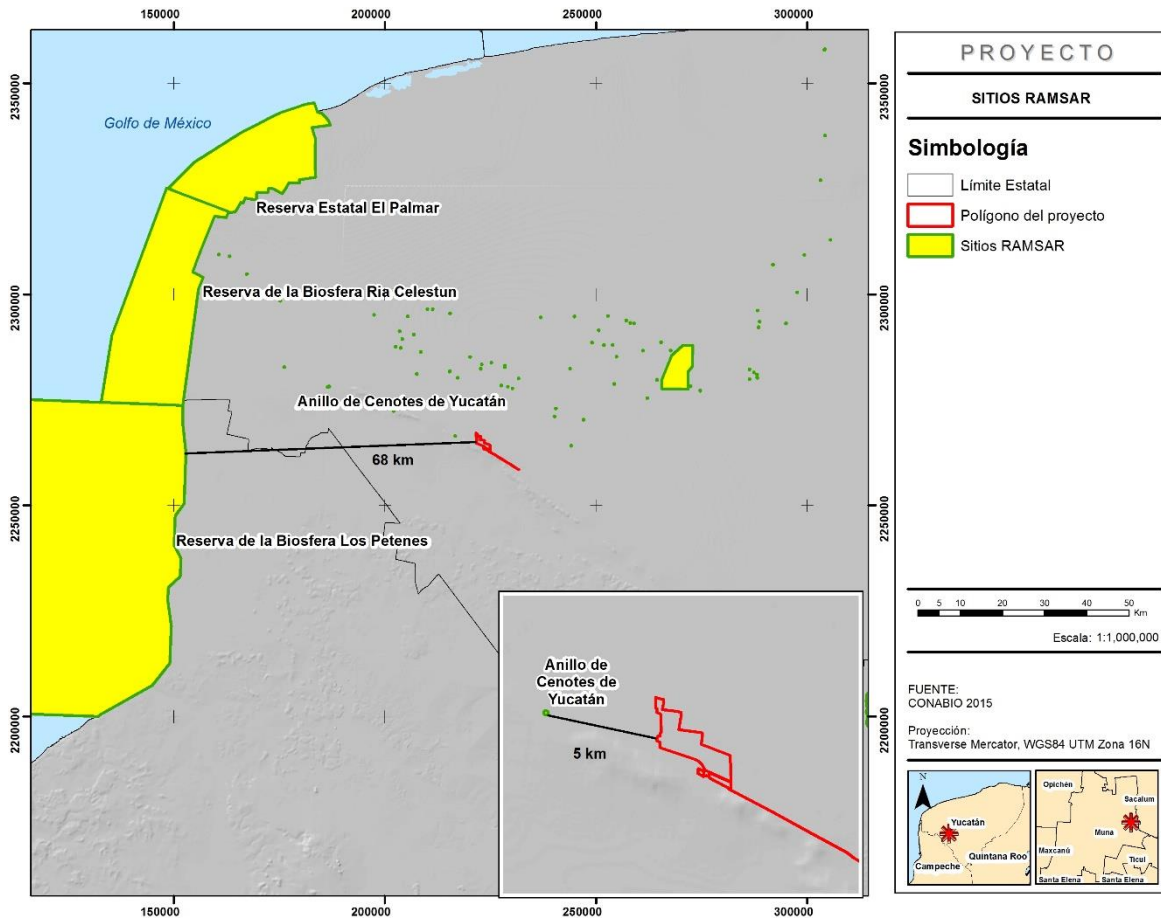


Figura III. 8. Ubicación del proyecto respecto a Sitios RAMSAR.

De acuerdo con lo anterior, el proyecto está fuera de Sitios RAMSAR y su Zona de Influencia. Por tanto no son aplicables los criterios correspondientes a dichos Sitios al no incidir en ellos.

### III.6. Normas Oficiales Mexicanas

En este apartado, se hace un análisis de la normatividad ambiental aplicable al proyecto que nos ocupa, en materia de agua, aire, suelo, residuos, flora y fauna. En la siguiente tabla se presentan las normas oficiales mexicanas aplicables al Proyecto y su vinculación con éstas.

**Tabla III. 32. Vinculación del proyecto con las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.**

Norma Oficial Mexicana	Vinculación con el Proyecto
<b>AGUA</b>	
<p><b>NOM-001-SEMARNAT-1996</b></p> <p>Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.</p>	<p>Durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto, se prevé que las aguas residuales generadas, provenientes de sanitarios, sean captadas en fosas sépticas debido a que no se cuenta con red de drenaje municipal. Para lo cual se dará cumplimiento a la presente norma o en su caso a las condiciones particulares de descarga fijadas por la autoridad.</p>
<p><b>NOM-002-SEMARNAT-1996</b></p> <p>Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.</p>	<p>No es aplicable la presente norma ya que en ninguna de las etapas del proyecto se descargarán aguas residuales a los sistemas de alcantarillado municipal debido a que en la zona donde se desarrollará el proyecto no se cuenta red de drenaje municipal.</p>
<p><b>NOM-003-SEMARNAT-1997</b></p> <p>Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.</p>	<p>El proyecto no contempla el tratamiento de aguas ni el uso de aguas tratadas en ninguna de sus etapas por lo que no corresponde al promovente la observancia de la presente norma.</p>
<p><b>NOM-003-CONAGUA-1996</b></p> <p>Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la</p>	<p>No es aplicable la presente norma al proyecto ya que el agua que será requerida durante las diferentes etapas del proyecto será suministrada</p>

Norma Oficial Mexicana	Vinculación con el Proyecto
contaminación de acuíferos.	mediante pipas provenientes de una compañía debidamente autorizada.
<b>NOM-004-CONAGUA-1996</b> Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general	Como ya se mencionó, el suministro de agua para todas las etapas del proyecto será a través de pipas por lo que no es aplicable la presente norma.
<b>NOM-006-CONAGUA-2007</b> Fosas sépticas prefabricadas- especificaciones y métodos de prueba.	Si bien ésta norma es aplicable a los fabricantes y proveedores de fosas sépticas, el promovente observará la presente norma en caso de instalar fosas sépticas prefabricadas para la disposición de las aguas residuales sanitarias generadas durante la fase de operación y mantenimiento del proyecto.
<b>AIRE</b>	
<b>NOM-041-SEMARNAT-2006</b> Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	El proyecto se vincula con la normas en cita, en materia de emisiones a la atmósfera principalmente en las etapas de preparación del sitio y construcción, con la utilización de la maquinaria, equipo y vehículos base gasolina. Durante estas etapas la maquinaria operará en óptimas condiciones a fin de cumplir con los límites establecidos en los parámetros de emisión de gases.
<b>NOM-045-SEMARNAT-2006</b> Protección ambiental, Vehículos en circulación que usan diésel como combustible - Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características	Adicional a lo anterior, para las etapas de preparación del sitio y construcción se utilizarán vehículos base diésel. Dichos vehículos o en su caso equipos se mantendrán en condiciones óptimas cumpliendo los límites máximos

Norma Oficial Mexicana	Vinculación con el Proyecto
técnicas del equipo de medición.	permisibles establecidos en la presente norma.
<b>RESIDUOS</b>	
<p><b>NOM-052-SEMARNAT-2005</b></p> <p>Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.</p>	<p>Durante las diferentes etapas del proyecto se generarán residuos peligrosos. La denominación de dichos residuos como peligrosos parte de la clasificación establecida en la presente norma. Se identificó la generación de lubricantes, combustibles, grasas y aceites. Estos residuos serán manejados conforme lo establece la LGPGIR y su reglamento como se observó en numerales anteriores. Las medidas para el manejo de estos residuos se encuentran contenidas en el Programa de Manejo Integral de Residuos en el Capítulo VII del presente DTU.</p>
<p><b>NOM-054-SEMARNAT-1993</b></p> <p>Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.</p>	<p>Se dará cabal seguimiento de la presente norma en cuanto al manejo interno se refiere. Para ello se identificarán e impedirá la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales con el fin de evitar su contaminación y reacción química. Esto reducirá el riesgo de generar efectos en la salud, el ambiente o los recursos naturales</p>
<b>RUIDO</b>	
<p><b>NOM-080-SEMARNAT-1994</b></p> <p>Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.</p>	<p>Esta norma se vincula con el proyecto particularmente en la etapa de preparación y construcción, debido a la utilización de vehículos, maquinaria y equipo. Dichos equipos se mantendrán en condiciones óptimas para su operación, dando cumplimiento a los límites de emisión establecidos en la presente norma.</p>

Norma Oficial Mexicana	Vinculación con el Proyecto
<p><b>NOM-081-SEMARNAT-1994</b></p> <p>Límites máximo permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.</p>	<p>Si bien no se prevé la generación de ruido durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto, se dará cabal seguimiento al cumplimiento de esta norma en cuanto a los Límites Máximos Permisibles de emisión se refiere.</p>
<b>SUELO</b>	
<p><b>NOM-138-SEMARNAT-SSA1-2012</b></p> <p>Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.</p>	<p>En todas las etapas del proyecto se aplicaran medidas para prevenir la contaminación del suelo, no obstante, en caso de ocurrir un incidente en el que se contamine el suelo con hidrocarburos, se deberá observar la presente norma así como lo establecido en la materia en la LGPGIR y en su reglamento para llevar a cabo la caracterización y remediación correspondiente.</p>
<b>FLORA Y FAUNA</b>	
<p><b>NOM-059-SEMARNAT-2010</b></p> <p>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.</p>	<p>Como resultado de los levantamientos realizados para la caracterización biótica del sitio del proyecto y del Sistema Ambiental Regional, se obtuvieron los siguientes resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para el sitio del proyecto, se obtuvo un registro de 8 especies de fauna listadas en la presente norma.</li> <li>• En cuanto a las especies de flora, no se registraron especies bajo alguna categoría de protección de acuerdo a la presente norma.</li> </ul> <p>Por tal motivo se implementaran acciones de</p>

# CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN





## Contenido

IV.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN.....	11
IV.1.	Introducción.....	11
IV.2.	Escalas de análisis .....	12
IV.3.	Delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR) donde pretende establecerse el proyecto .....	13
IV.4.	Caracterización y análisis del Medio Abiótico .....	18
IV.4.1.	Clima.....	18
IV.4.1.1.	Precipitación .....	20
IV.4.1.2.	Temperatura .....	20
IV.4.1.3.	Vientos .....	21
IV.4.2.	Fenómenos hidrometeorológicos .....	23
IV.4.2.1.	Ciclones Tropicales .....	24
IV.4.2.2.	Nortes o frentes fríos Polares .....	28
IV.4.2.3.	Días con granizo .....	29
IV.4.3.	Geología .....	29
IV.4.3.1.	Riesgos asociados a riesgos geológicos - geomorfológicos .....	32
IV.4.3.2.	Provincias fisiográficas.....	34
IV.4.3.3.	Geomorfología .....	36
IV.4.4.	Suelos .....	39
IV.4.4.1.	Degradación de suelos.....	42
IV.4.4.2.	Erosión de suelos .....	44
IV.4.4.3.	Estimación de erosión potencial.....	45
IV.4.4.4.	Estimación de la erosión potencial con proyecto .....	46
IV.4.4.5.	Infiltración del suelo .....	49
IV.4.5.	Hidrología.....	53
IV.4.5.1.	Hidrología superficial .....	53
IV.4.5.2.	Hidrología subterránea .....	57
IV.4.6.	Calidad del aire.....	60
IV.4.7.	Paisaje .....	62
IV.4.7.1.	Definición de paisaje.....	62

---

IV.4.7.2.	Unidades de paisaje en el SAR.....	63
IV.4.7.3.	Paisajes naturales .....	63
IV.4.7.4.	Paisajes antrópicos .....	64
IV.4.7.5.	Paisajes a escala del predio del proyecto .....	66
IV.5.	Caracterización del Medio Biótico .....	68
IV.6.	Áreas de importancia para la biodiversidad .....	69
IV.7.	Vegetación .....	70
IV.7.1.	Usos de suelo y tipos de vegetación en el SAR .....	71
IV.7.2.	Usos de suelo y tipos de vegetación en el polígono del proyecto .....	72
IV.7.3.	Análisis espacial de la cobertura vegetal en el polígono del proyecto utilizando la técnica de clasificación supervisada.....	74
IV.7.4.	Revisión bibliográfica y de bases de datos de la flora presente en el SAR .....	81
IV.7.4.1.	Clase liliopsida.....	81
IV.7.4.2.	Clase magnoliopsida .....	82
IV.7.5.	Especies registradas en el SAR en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.....	83
IV.7.6.	Trabajo de campo de flora en el SAR y en el polígono del proyecto. ....	86
IV.7.6.1.	Composición florística general .....	91
IV.7.6.2.	Resultados del muestreo realizado en el SAR .....	99
IV.7.6.3.	Vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia VSA/SMC .....	99
IV.7.6.4.	Estructura vertical y horizontal.....	100
IV.7.6.5.	Diversidad y estructura en el área del proyecto.....	112
IV.7.6.6.	Estructura vertical y horizontal.....	112
IV.7.6.7.	Comparación entre el SAR y el área del proyecto .....	128
IV.7.6.8.	Especies en NOM-059-SEMARNAT-2010.....	132
IV.7.6.9.	Especies de flora endémicas.....	132
IV.8.	Fauna .....	133
IV.8.1.	Revisión bibliográfica y de bases de datos de fauna en el SAR.....	133
IV.8.2.	Aves .....	134
IV.8.3.	Anfibios .....	136
IV.8.4.	Mamíferos .....	137
IV.8.5.	Reptiles.....	141

IV.8.6.	Especies registradas en el SAR en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.....	143
IV.8.6.1.	Aves incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 .....	146
IV.8.6.2.	Anfibios incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010 .....	150
IV.8.6.3.	Mamíferos incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010.....	153
IV.8.6.4.	Reptiles incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010.....	157
IV.9.	Trabajo de campo de la fauna .....	167
IV.9.1.	Resultados del muestreo de fauna en el SAR .....	167
IV.9.2.	Resultados del muestreo de la fauna en el área del proyecto. ....	174
IV.9.3.	Conclusión del trabajo de campo para la fauna en el área del proyecto .....	183
IV.9.4.	Curvas de acumulación de especies.....	185
IV.9.5.	Especies en categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 registradas en campo tanto para el SAR como para el área del proyecto.....	187
IV.9.6.	Estacionalidad de aves .....	199
IV.10.	Servicios ambientales .....	201
IV.10.1.1.	Provisión de agua .....	201
IV.10.1.2.	Secuestro de carbono.....	202
IV.10.1.3.	Generación de oxígeno .....	203
IV.10.1.4.	Amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales .....	204
IV.10.1.5.	Modulación o regulación climática .....	205
IV.10.1.6.	Protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida .....	205
IV.10.1.7.	Protección y recuperación de suelos .....	207
IV.10.1.8.	Paisaje y recreación.....	210
IV.11.	Medio socioeconómico.....	211
IV.11.1.	Condiciones socioeconómicas actuales .....	213
IV.11.2.	Localidades Urbanas .....	215
IV.11.3.	Localidades indígenas .....	217
IV.12.	Línea base (Diagnóstico ambiental).....	221

## Figuras

Figura IV.1.	Niveles de análisis. ....	13
Figura IV.2.	Topografía en el área del proyecto.....	16

Figura IV.3. Límite del Sistema Ambiental Regional (SAR). .....	18
Figura IV.4. Tipo de climas en el SAR del proyecto. ....	20
Figura IV.5. Flujo vectorial (predominante) del viento en temporada de ciclones tropicales. ....	22
Figura IV.6. Flujo vectorial (predominante) del viento en temporada de Nortes. ....	23
Figura IV.7. Zonas de riesgo y grado de vulnerabilidad a huracanes en México. ....	25
Figura IV.8. Trayectoria de tormentas tropicales y huracanes durante 1990-2012 (CENAPRED, 2011). ....	26
Figura IV.9. Lineamiento principales determinados por distintos rasgos del relieve. 1.- Dolinas; 2.- valles cársticos; 3.- lomeríos; 4.- laderas; 5.-escarpes; 6.- línea de costa. ....	31
Figura IV.10. Geología en el SAR. ....	33
Figura IV.11. Provincia fisiográfica donde se localiza el SAR. ....	34
Figura IV.12. Subprovincia fisiográfica donde se localiza el SAR. ....	36
Figura IV.13. Sierrita de Ticul al fondo. ....	38
Figura IV.14. Unidades del relieve en la localidad de Ticul. ....	38
Figura IV.15. Unidades del suelo en el SAR del proyecto. ....	42
Figura IV.16. Degradación del suelo dentro del Sistema Ambiental Regional del proyecto. ....	44
Figura IV.17. Región hidrológica. ....	54
Figura IV.18. Subcuencas hidrológicas. ....	55
Figura IV.19. Escurrimientos superficiales. ....	56
Figura IV.20. Dirección del flujo del agua subterránea. ....	59
Figura IV.21. Número de cenotes por municipio. ....	60
Figura IV.22. Al fondo, Paisaje natural en Ticul. ....	64
Figura IV.23. Elementos del paisaje antrópico en Ticul. ....	65
Figura IV.24. Unidades de Paisaje en el SAR. ....	66
Figura IV.25. Mapa actualizado de los USV polígono del proyecto. ....	67
Figura IV.26. Tipos de paisaje en el polígono del proyecto. ....	68
Figura IV.27. Ubicación espacial de las regiones terrestres prioritarias. ....	70
Figura IV.28. Usos de suelo y tipos de vegetación en el SAR. ....	72
Figura IV.29. Usos de suelo y tipos de vegetación en el polígono del proyecto. ....	74
Figura IV.30. Cobertura forestal y no forestal en el SAR. ....	75
Figura IV.31. Cobertura forestal y no forestal en el polígono del proyecto. ....	77
Figura IV.32. Comparación de la vegetación en el polígono del proyecto. ....	79
Figura IV.33. Mapa actualizado de los USV polígono del proyecto. ....	80
Figura IV.34. Especies mejor representadas bibliográficamente de la clase liliopsida en el SAR (Izquierda: <i>Lasiacis ruscifolia</i> y <i>Dioscorea spiculiflora</i> ). ....	82
Figura IV.35. Especies mejor representadas bibliográficamente de la clase magnoliopsida en el SAR (Izquierda: <i>Lasiacis ruscifolia</i> y <i>Dioscorea spiculiflora</i> ). ....	82
Figura IV.36. Registros de <i>Roystonea regia</i> (Fuente: <a href="http://www.gbif.org">www.gbif.org</a> ). ....	84
Figura IV.37. Registros de <i>Thrinax radiata</i> (Fuente: <a href="http://www.gbif.org">www.gbif.org</a> ). ....	85
Figura IV.38. Registros de <i>Cedrela odorata</i> (Fuente: <a href="http://www.gbif.org">www.gbif.org</a> ). ....	86
Figura IV.39. Distribución de los sitios de muestreo dentro del área del proyecto. ....	89
Figura IV.40. Distribución de los sitios de muestreo dentro del SAR. ....	90
Figura IV.41. Uso de suelo y vegetación verificado en campo. ....	91

Figura IV.42. Representación gráfica del Índice de Valor de Importancia. Dominancia=Área basal. Estrato arbóreo de VSA/SMC. ....	103
Figura IV.43. Representación gráfica del Índice de Valor de Importancia. Dominancia=Área basal. Estrato arbustivo de VSA/SMC. ....	105
Figura IV.44. Representación gráfica del IVI del estrato herbáceo VSA/SMC. ....	107
Figura IV.45. Condición de la vegetación secundaria arbórea de Selva mediana caducifolia VSA/SMC. ....	112
Figura IV.46. Representación gráfica del Índice de Valor de Importancia. Dominancia=Área basal. Estrato arbóreo de VSA/SMC. ....	116
Figura IV.47. Representación gráfica del Índice de Valor de Importancia. Dominancia=Área basal. Estrato Arbustivo de VSA/SMC. ....	119
Figura IV.48. Representación gráfica del IVI, estrato herbáceo de VSA/SMC. ....	121
Figura IV.49. Registros de fauna en el SAR. ....	134
Figura IV.50. Especies mejores representadas de la clase aves en el SAR <i>Melanerpes aurifrons</i> (izquierda) y <i>Dives dives</i> (derecha). ....	135
Figura IV.51. Registros para la subespecie <i>Crotophaga sulcirostris pallidula</i> . ....	136
Figura IV.52. Especies de la clase Amphibia presentes en el SAR del proyecto (Izquierda- <i>Tripriion petasatus</i> ; derecha- <i>Bolitoglossa yucatanana</i> ). ....	137
Figura IV.53. Especies de la clase Mammalia presentes en el SAR del proyecto (Izquierda- <i>Ototylomys phyllotis</i> ; derecha- <i>Sigmodon hispidus</i> ). ....	138
Figura IV.54. La Especie <i>Nyctinomops laticaudatus</i> , misma que presenta mayor número de registros en el SAR. ....	139
Figura IV.55. En verde se muestran los registros para la subespecie <i>Oryzomys couesi peninsulae</i> . ....	140
Figura IV.56. Mapa de distribución de las subespecies de <i>Oryzomys couesi</i> . ....	141
Figura IV.57. La especie <i>Thecadactylus rapicauda</i> , misma que presenta mayor número de registros en el SAR. ....	142
Figura IV.58. La especie <i>Ctenosaura defensor</i> , misma que presenta uno de los mayores números de registros en el SAR. ....	143
Figura IV.59. Registros de distribución de la especie <i>Leptodon cayanensis</i> (Fuente: www.gbif.org). ....	146
Figura IV.60. Registros de distribución de la especie <i>Buteo lagopus</i> (Fuente: www.gbif.org). ....	148
Figura IV.61. Registros de distribución de la especie <i>Falco peregrinus</i> (Fuente: www.gbif.org)...	149
Figura IV.62. Registros de distribución de la especie <i>Amazona xantholora</i> (Fuente: www.gbif.org). ....	150
Figura IV.63. Registros de distribución de la especie <i>Tripriion petasatus</i> (Fuente: www.gbif.org). ....	151
Figura IV.64. Registros de distribución de la especie <i>Bolitoglossa yucatanana</i> (Fuente: www.gbif.org). ....	153
Figura IV.65. Registros de distribución de la especie <i>Leopardus pardalis</i> (Fuente: www.gbif.org). ....	154
Figura IV.66. Registros de distribución de la especie <i>Tapirus bairdii</i> (Fuente: www.gbif.org). ....	155
Figura IV.67. Registros de distribución de la especie <i>Cryptotis mayensis</i> (Fuente: www.gbif.org). ....	157
Figura IV.68. Registros de distribución de la especie <i>Otonyctomys hatti</i> (Fuente: www.gbif.org). ....	157
Figura IV.69. Registros de distribución de la especie <i>Ctenosaura similis</i> (Fuente: www.gbif.org). ....	158

Figura IV.70. Registros de distribución de la especie <i>Ctenosaura defensor</i> (Fuente: <a href="http://www.gbif.org">www.gbif.org</a> ). .....	159
Figura IV.71. Registros de distribución de la especie <i>Thecadactylus rapicauda</i> (Fuente: <a href="http://www.gbif.org">www.gbif.org</a> ). .....	160
Figura IV.72. Registros de distribución de la especie <i>Symphimus mayae</i> (Fuente: <a href="http://www.gbif.org">www.gbif.org</a> ). .....	162
Figura IV.73. Registros de distribución de la especie <i>Laemanctus serratus</i> (Fuente: <a href="http://www.gbif.org">www.gbif.org</a> ). .....	163
Figura IV.74. Registros de distribución de la especie <i>Coleonyx elegans</i> (Fuente: <a href="http://www.gbif.org">www.gbif.org</a> ). .....	164
Figura IV.75. Registros de distribución de la especie <i>Crotalus durissus</i> (Fuente: <a href="http://www.gbif.org">www.gbif.org</a> ). .....	165
Figura IV.76. Registros de distribución de la especie <i>Boa constrictor</i> (Fuente: <a href="http://www.gbif.org">www.gbif.org</a> ). .....	167
Figura IV.77. Sitios de muestreo dentro del SAR. .....	169
Figura IV.78. Número de especies e individuos por clase de vertebrados registrados dentro del SAR. .....	171
Figura IV.79. Sitios de muestreo dentro del área del proyecto. .....	177
Figura IV.80. Número de especies e individuos por clase de vertebrados registrados dentro del área del proyecto. .....	179
Figura IV.81. Curva de acumulación de especies para el muestreo realizado dentro del Área de Estudio. .....	186
Figura IV.82. Curva de acumulación de especies para el muestreo realizado dentro del SAR. .....	187
Figura IV.83. Sitios en donde fueron localizadas especies bajo alguna categoría de riesgo por la NOM-059-SEMARNAT-2010. .....	189
Figura IV.84. Registros de distribución de la especie <i>Ctenosaura similis</i> (Fuente: <a href="http://www.gbif.org">www.gbif.org</a> ). .....	191
Figura IV.85. Registros de distribución de la especie <i>Dipsas brevifacies</i> (Fuente: <a href="http://www.gbif.org">www.gbif.org</a> ). .....	192
Figura IV.86. Registros de distribución de la especie <i>Bassariscus sumichrasti</i> (Fuente: <a href="http://www.iucnredlist.org">www.iucnredlist.org</a> ). .....	194
Figura IV.87. Registros de distribución de la especie <i>Micrurus diastema</i> (Fuente: <a href="http://www.gbif.org">www.gbif.org</a> ). .....	195
Figura IV.88. Registros de distribución de la especie <i>Boa constrictor</i> (Fuente: <a href="http://www.naturalista.conabio.gob.mx">www.naturalista.conabio.gob.mx</a> ). .....	196
Figura IV.89. Registros de distribución de la especie <i>Rhinoclemmys pulcherrima</i> (Fuente: <a href="http://www.naturalista.conabio.gob.mx">www.naturalista.conabio.gob.mx</a> ). .....	197
Figura IV.90. Registros de distribución de la especie <i>Amazona albifrons</i> (Fuente: <a href="http://www.gbif.org">www.gbif.org</a> ). .....	199
Figura IV.91. Localidades indígenas en el SAR. .....	218
Figura IV.92. Localidades indígenas cercanas al proyecto. .....	219
Figura IV.93. Hacienda de San José Tip - Ceh. .....	220
Figura IV.94. Localidad Plan Chac. .....	221

## Tablas

Tabla IV. 1. Parámetros climáticos obtenidos en las normales climatológicas de las estaciones dentro del SAR, para el período de 1951-2010. .....	21
---	----

Tabla IV. 2. Cálculo de valor A, pérdida de suelo sin proyecto. ....	46
Tabla IV. 3. Cálculo de valor A, pérdida de suelo con proyecto. Durante la etapa de construcción del proyecto. ....	47
Tabla IV. 4. Cálculo de valor A, posterior a la construcción y cobertura del suelo. ....	48
Tabla IV. 5. Clasificación de clases de riesgo en pérdida de suelo según la FAO-UNESCO (1981)....	48
Tabla IV. 6. Resultado del cálculo del volumen de infiltración. ....	50
Tabla IV. 7. Resultado del cálculo del coeficiente de escurrimiento ....	50
Tabla IV. 8. Resultado del cálculo del Volumen de escurrimiento.....	51
Tabla IV. 9. Resultado del cálculo del volumen de infiltración ....	51
Tabla IV. 10. Resultado del cálculo del Coeficiente de escurrimiento .....	51
Tabla IV. 11. Resultado del cálculo del Volumen de escurrimiento.....	52
Tabla IV. 12. Resultado del cálculo del volumen de infiltración ....	52
Tabla IV. 13. Decibeles por fuentes de sonido en la ciudad.....	61
Tabla IV. 14. Tiempo de exposición tolerable al ruido por las actividades agrícolas.....	62
Tabla IV. 15. Usos de suelo y tipos de vegetación en el SAR .....	71
Tabla IV. 16. Usos de suelo y tipos de vegetación en el polígono del proyecto. ....	73
Tabla IV. 17. Cobertura forestal y no forestal en el SAR. ....	76
Tabla IV. 18. Cobertura de la vegetación en el polígono del proyecto. ....	77
Tabla IV. 19. Comparación de la superficie de la vegetación en el área del proyecto. ....	78
Tabla IV. 20. Usos de suelo y tipos de vegetación en el área del proyecto de acuerdo con INEGI y la imagen Landsat 8 OLI de febrero del 2016. ....	81
Tabla IV. 21. Especies en categoría según la NOM-059-SEMARNAT-2010. ....	83
Tabla IV. 22. Sitios de muestreo proyecto; P= sitios en el área polígono del proyecto; SA= Sitios en el SAR.....	86
Tabla IV. 23. Tabla de superficies derivadas de las reclasificaciones de uso de suelo y vegetación presentes en el área del proyecto.....	90
Tabla IV. 24. Listado florístico de especies registradas en el área del proyecto, Se presenta: Clase, Familia, Nombre científico y Nombre común, Forma de vida (FV): arbóreo (A), arbustivo (Ar), herbáceo (H), Epífita (Ep), suculenta (Su). SAR= Sistema Ambiental Regional, AE= área del proyecto. ....	93
Tabla IV. 25. Parámetros de estructura para VSA/SMC. ....	100
Tabla IV. 26. Índice de Valor de Importancia. Dominancia=Área basal. Estrato arbóreo de VSA/SMC. ....	101
Tabla IV. 27. Índice de Valor de Importancia. Dominancia=Área basal. Estrato arbustivo de VSA/SMC. ....	103
Tabla IV. 28. Índice de Valor de Importancia. Estrato herbáceo de VSA/SMC. ....	105
Tabla IV. 29. Índices de diversidad y abundancia relativa. Estrato arbóreo de VSA/SMC. ....	108
Tabla IV. 30. Índices de diversidad y abundancia relativa. Estrato arbustivo de VSA/SMC.....	110
Tabla IV. 31. Parámetros de estructura para VSA/SMC. ....	113
Tabla IV. 32. Índice de Valor de Importancia. Dominancia=Área basal. Estrato arbóreo de VSA/SMC. ....	113
Tabla IV. 33. Índice de Valor de Importancia. Dominancia=Área basal. Estrato arbustivo de VSA/SMC. ....	116

---

Tabla IV. 34. Índice de Valor de Importancia. Estrato herbáceo de VSA/SMC. ....	119
Tabla IV. 35. Índices de diversidad y abundancia relativa. Estrato arbóreo de VSA/SMC.....	121
Tabla IV. 36. Índices de diversidad y abundancia relativa. Estrato arbustivo de VSA/SMC.....	124
Tabla IV. 37. Índices de diversidad y abundancia relativa. Estrato herbáceo de VSA/SMC.....	126
Tabla IV. 38. Comparación entre la estructura vertical del estrato arbóreo del SAR y el AE. ....	129
Tabla IV. 39. Comparación entre la estructura vertical del estrato arbustivo del SAR y el AE. ....	130
Tabla IV. 40. Comparación entre la estructura vertical del estrato arbustivo del SAR y el área del proyecto. ....	132
Tabla IV. 41. Especies en el SAR que se encuentran en categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010.....	145
Tabla IV. 42. Especies registradas en campo dentro de SAR. ....	167
Tabla IV. 43. Coordenadas de los transectos realizados en el SAR. ....	169
Tabla IV. 44. Abundancia relativa de las especies de reptiles registradas dentro del SAR y su inclusión en la NOM-059-SEMARNAT-2010.....	171
Tabla IV. 45. Valores de los índices calculados para las especies de la clase Reptilia dentro del SAR. ....	171
Tabla IV. 46. Abundancia relativa de las especies de mamíferos registradas dentro del SAR y su inclusión en la NOM-059-SEMARNAT-2010.....	172
Tabla IV. 47. Valores de los índices calculados para las especies de mamíferos dentro del SAR... 172	172
Tabla IV. 48. Abundancia relativa de las especies de aves registradas dentro del SAR y su inclusión en la NOM-059-SEMARNAT-2010.....	173
Tabla IV. 49. Valores de los índices calculados para las especies de aves dentro del SAR. ....	174
Tabla IV. 50. Especies registradas en campo dentro del área del proyecto. ....	175
Tabla IV. 51. Coordenadas de los transectos realizados en el área del proyecto.....	177
Tabla IV. 52. Abundancia relativa de las especies de reptiles registradas dentro del área del proyecto y su inclusión en la NOM-059-SEMARNAT-2010. ....	179
Tabla IV. 53. Valores de los índices calculados para las especies de la clase Reptilia dentro del área del proyecto. ....	180
Tabla IV. 54. Abundancia relativa de las especies de mamíferos registradas dentro del polígono del proyecto y su inclusión en la NOM-059-SEMARNAT-2010. ....	181
Tabla IV. 55. Valores de los índices calculados para las especies de mamíferos dentro del área del proyecto. ....	181
Tabla IV. 56. Abundancia relativa de las especies de aves registradas dentro del polígono del proyecto y su inclusión en la NOM-059-SEMARNAT-2010. ....	182
Tabla IV. 57. Valores de los índices calculados para las especies de aves dentro del área del proyecto. ....	183
Tabla IV. 58. Índices de diversidad para el área de estudio, considerando todos los grupos de vertebrados.....	184
Tabla IV. 59. Comparativo entre los índices calculados para el área del proyecto y el SAR.....	185
Tabla IV. 60. Número de especies observadas y esperadas en el área del proyecto. ....	185
Tabla IV. 61. Número de especies observadas y esperadas para el SAR. ....	186
Tabla IV. 62. Especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 para el SAR y en el polígono del proyecto. ....	188

---



Tabla IV. 63. Coordenadas de localización de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 para el SAR y área del proyecto. ....	189
Tabla IV. 64. Estacionalidad de especies de aves registradas en el área del proyecto y SAR. ....	199
Tabla IV. 65. Estimación del valor de infiltración en el predio dadas las condiciones actuales (superficie 500.2327 ha). ....	202
Tabla IV. 66. Uso de suelo y vegetación para el área del proyecto. ....	207
Tabla IV. 67. Producto Interno Bruto (PIB) generado a nivel estatal. ....	214
Tabla IV. 68. Actividades económicas (INEGI, 2000). ....	216

## **IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN**

### **IV.1. Introducción**

El presente capítulo tiene por objetivo analizar la estructura y funcionamiento del ecosistema donde se pretende desarrollar el proyecto. Para ello fue necesario identificar y analizar los procesos y componentes de los medios abióticos y bióticos del ecosistema.

Para el medio abiótico se analizan en las diferentes escalas espacio temporales, el arreglo de la estructura del ecosistema. Se identifican también los atributos de los componentes y/o procesos que definen la estructura y funcionalidad del ecosistema, y a partir de este análisis es posible identificar los procesos clave en la regulación del ecosistema.

En el presente capítulo se describen además las condiciones socioeconómicas, así como la interacción de los factores antrópicos en la modificación de su entorno natural. Este último análisis es clave para identificar las tendencias de deterioro del ecosistema, pues define las problemáticas ambientales que se presentan en la zona resultado del aprovechamiento de los recursos.

Finalmente, en la línea base a partir de la descripción del ecosistema y de las problemáticas ambientales es que se establece el diagnóstico de las condiciones actuales del Sistema Ambiental Regional (SAR), para definir la capacidad de respuesta del ambiente ante su intervención.

El diagnóstico generado se retomará posteriormente en los capítulos V, VII y VIII del presente DTU, para establecer el nivel de impacto generado por el proyecto, para ponderar el tipo de estrategias que se deberán de implementar no solo por el tipo e intensidad del impacto sino en función de la identificación de los procesos y componentes

claves en el funcionamiento del ecosistema, que permita una mayor capacidad de resiliencia del ecosistema.

## **IV.2. Escalas de análisis**

La caracterización y descripción del SAR, así como el análisis de las tendencias de deterioro y desarrollo del ecosistema, se realiza a partir de la interpretación de las relaciones e interacciones en la estructura, la cual a su vez presenta diferentes niveles de organización y manifestación espacio temporal, y los cuales solo pueden ser observables en las respectivas escalas de estudio. De tal forma que los componentes y/o procesos regionales, deben ser analizados en una gran escala, recibiendo estos componentes el nombre de macroestructuras. Por su parte, los componentes y/o procesos de escala media se les denominan mesoestructurales.

Así, el enfoque sistémico posibilita la definición y eslabonamiento de escalas espaciales y temporales; la articulación de niveles de integración espacial y funcional de manera taxonómica, jerárquica y anidada; así como los procesos que caracterizan cada componente ambiental, cada nivel de integración y el sistema en su conjunto.

Se explica la articulación de los diferentes niveles de organización a partir del cual es posible identificar las características, relaciones y procesos que se establecen entre componentes ambientales, así como el papel y grado de influencia que tiene cada uno de ellos dentro de la configuración y dinámica funcional del SAR.

Escalas de análisis

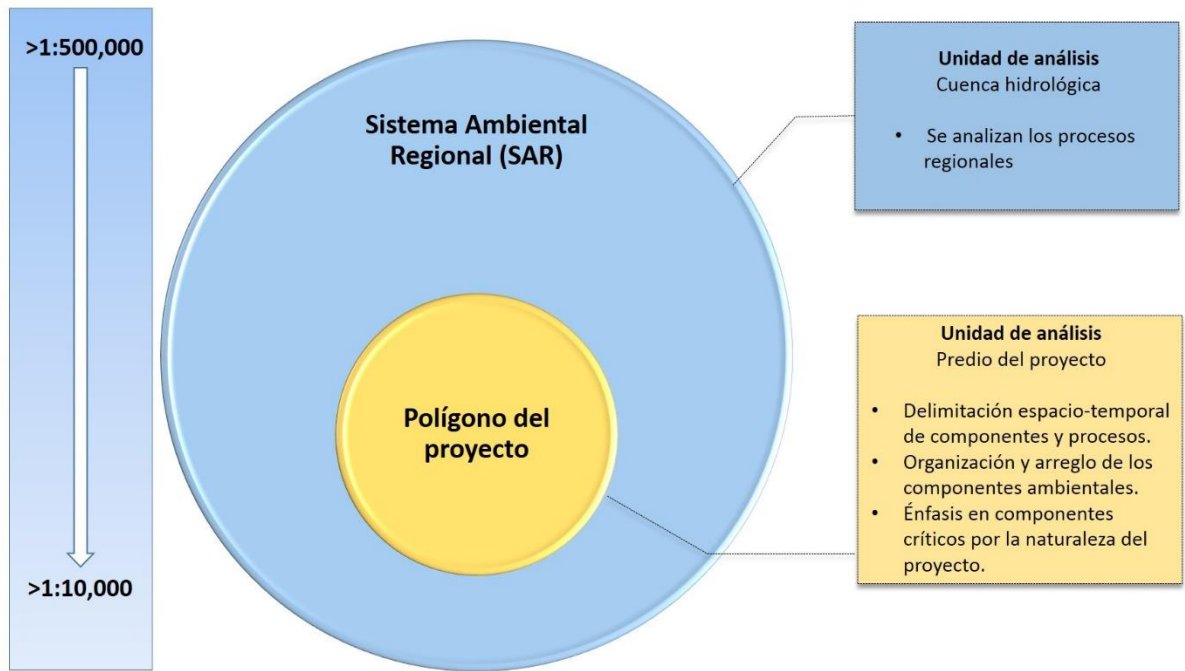


Figura IV.1. Niveles de análisis.

### IV.3. Delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR) donde pretende establecerse el proyecto

De acuerdo con el procedimiento de la guía del DTU modalidad regional, el análisis ambiental se debe de realizar dentro de un límite denominado SAR y de un Área de estudio.

Con base a lo anterior, el presente documento consideró a la **cuenca hidrológica** como el principal criterio de delimitación tanto del SAR como del Área de estudio, por lo que para fines prácticos de aquí en adelante solo se hará mención del SAR.

La justificación por la cual tanto el SAR como el Área de estudio representan la misma unidad de análisis es porque la cuenca hidrológica forestal y la cuenca hidrológica comparten la misma definición, la cual se señala a continuación:

De acuerdo con la LGDFS (2003) se define a la Cuenca Hidrológica Forestal como la unidad de espacio físico de planeación y desarrollo, que comprende el territorio donde se encuentran los ecosistemas forestales y donde el agua fluye por diversos cauces y converge en un cauce común, constituyendo el componente básico de la región forestal que a su vez, se divide en subcuencas y microcuencas.

Ahora bien, la delimitación del SAR se construyó a partir de la definición de cuenca hidrológica que, de acuerdo con Garrido, Pérez Damián, *et. al.*, 2010 y Toledo (2006), las cuencas hidrográficas son las unidades naturales más utilizadas para el estudio y gestión de los recursos naturales en México y el mundo, ya que la delimitación y análisis de éstas permiten comprender el comportamiento y dinámica del espacio geográfico a través de los flujos hídricos, superficiales y subterráneos, así como los flujos de nutrientes, materia y energía que se establecen en el complejo mosaico que conforman el conjunto de paisajes terrestres, acuáticos y sus interfaces.

Por lo anterior, la cuenca hidrográfica se considera como un sistema dinámico y abierto, donde el agua es el principal elemento integrador, que al interactuar con la atmósfera, la superficie de la tierra, la cobertura vegetal, los suelos y el sustrato geológico, constituye un complejo mecanismo de interconexión y transferencia de materia, energía e información que se distribuye desde las partes altas hacia las bajas. Y de esta manera establece procesos de transferencia y regulación que caracterizan a cada sistema, definiendo su funcionamiento y su dinámica particular.

De acuerdo con las definiciones anteriores, es que se justifica la razón por la cual tanto el SAR como el Área de estudio representan una misma unidad de análisis, y que para fines prácticos a lo largo del presente capítulo sólo se hará mención del SAR.

Para la delimitación del SAR se tomó como punto de partida la identificación y clasificación de órdenes de corriente que conforman la red de drenaje. El método empleado es la aplicación de la clasificación propuesta por Horton (1945), modificada por Strahler (1957), considerando las corrientes de primer orden, las que no presentan ramificación; las corrientes de 2° orden, cuando reciben a los de 1<sup>er</sup> orden; y las corrientes de 3<sup>er</sup> orden cuando reciben a los de 2° orden de corrientes y así sucesivamente. Con base en el análisis de la configuración topográfica y la hipsometría del relieve, se identificaron los interfluvios y se señalaron las divisorias de aguas elementales (parteaguas locales) que delimitan a cada microcuenca.

La base cartográfica fue el modelo digital de elevación del terreno de escala 1:15000, se estableció la microcuenca hidrográfica como unidad de análisis e integración ambiental.

En la siguiente figura se muestra la topografía del sitio donde se pretende desarrollar el proyecto.

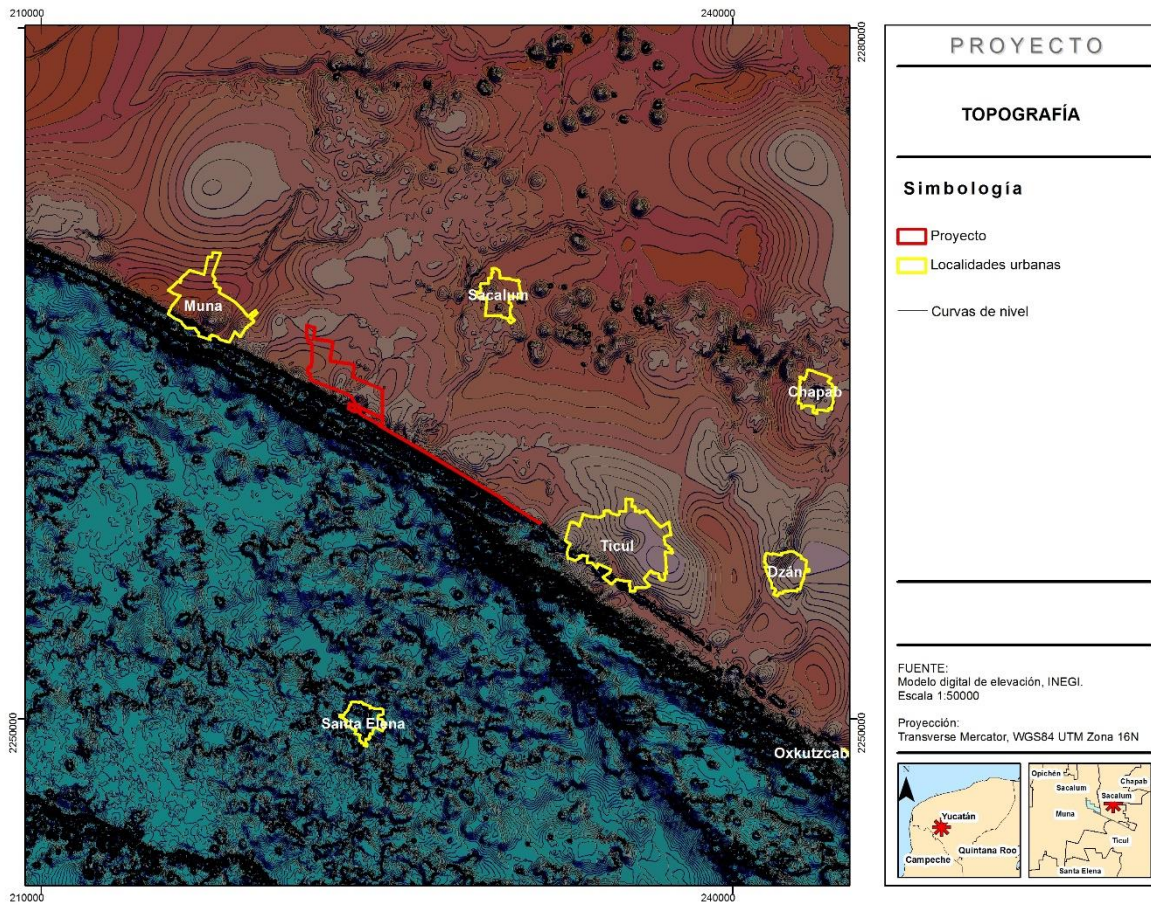


Figura IV.2. Topografía en el área del proyecto.

Cabe señalar que además del límite hidrográfico también se consideró el criterio urbano. La finalidad fue establecer un límite representativo del ecosistema en base a la influencia del contexto urbano donde se ubica el proyecto. Para ello fue necesario realizar un análisis a una escala suprarregional tomando como referencia a la península de Yucatán. Desde este punto de vista, la península cuenta con dos regiones muy bien definidas: el Noroeste se encuentra fuertemente influenciado por la ciudad de Mérida, alrededor de esta ciudad es que se encuentran varios municipios.

La región del sureste de Yucatán, ha sido una región tradicionalmente más aislada y que a grandes rasgos se identifica como la región con mayor densidad de población indígena. De tal forma que las dos grandes ciudades del sistema urbano peninsular son Mérida al Oeste y Cancún al Este.

Fue durante el proceso de colonización que se generó la concentración de la población al NO de la península y la dispersión al SE, y este comportamiento se ha mantenido hasta entrados los años 70 del siglo pasado. Al NO de la península, alrededor de la ciudad de Mérida se presentan dos periferias bien definidas.

Cabe señalar que un factor de suma importancia en la transformación del espacio geográfico son las vías de comunicación, en este sentido la ciudad de Mérida ha sido uno de los principales ejes de desarrollo regional a partir del cual se han construido varias vías de comunicación hacia la ciudad de Cancún, Chetumal y Campeche, principales ciudades de la península.

El proyecto se localiza mayoritariamente en el municipio de Muna y en menor medida dentro de los municipios de Ticul y Sacalum. Las vías de comunicación que atraviesan por estas ciudades sirven para conectar la ciudad de Mérida – Campeche y Mérida – Chetumal, de tal forma que las ciudades de Muna y Ticul son localidades urbanas con más de 10,000 habitantes comunicadas con la ciudad de Mérida a partir de la carretera Oxxutzcab – Ticul.

Con la finalidad de incluir los aspectos urbanos que inciden en el desarrollo regional y con las cuales interactuará el proyecto, es que se procuró que la cuenca hidrológica abarcara las localidades urbanas más próximas al desarrollo del proyecto, siendo estas las localidades de Ticul, Muna y Sacalum.

Finalmente, en la siguiente imagen se muestra el límite del SAR con criterios hidrográficos, incluyendo las principales localidades urbanas más cercanas al proyecto.



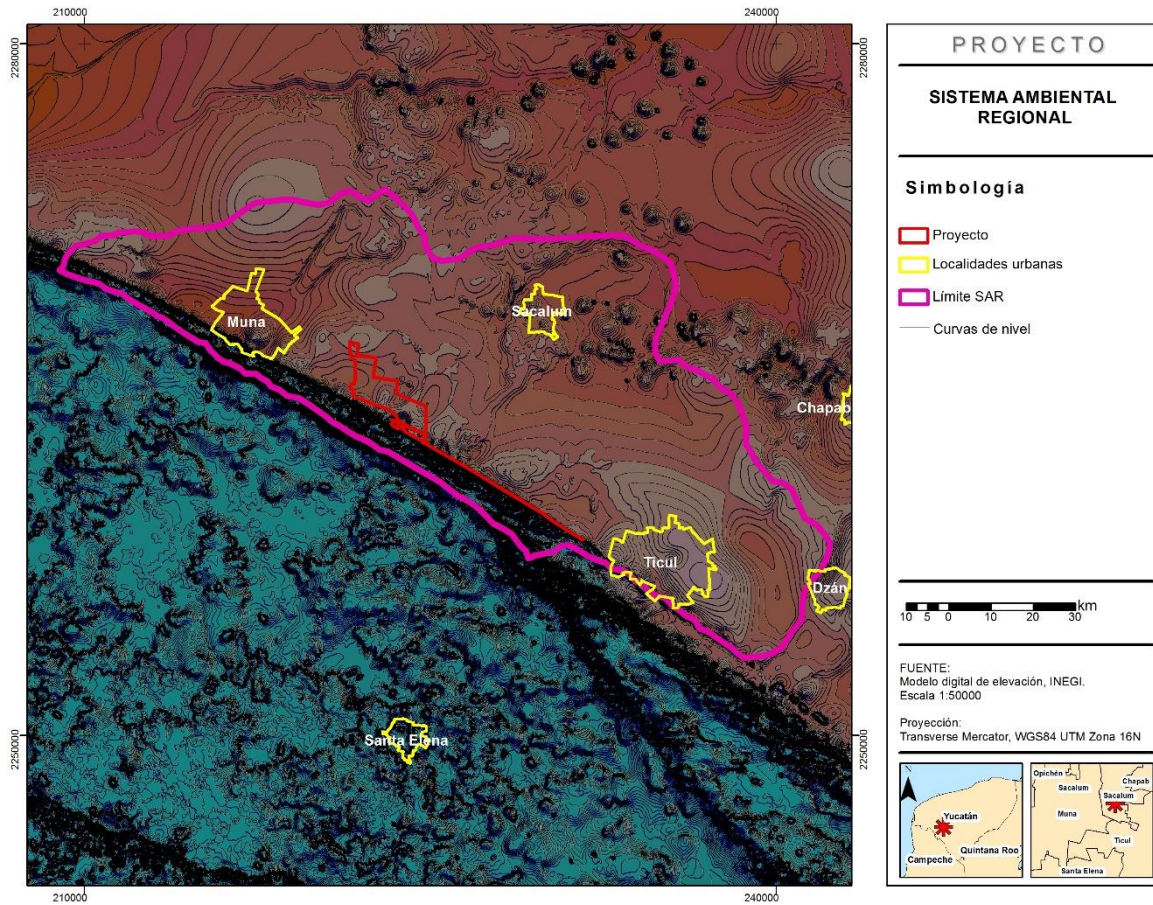


Figura IV.3. Límite del Sistema Ambiental Regional (SAR).

Finalmente, la superficie del SAR es de **29,642.40 hectáreas**.

#### IV.4. Caracterización y análisis del Medio Abiótico

##### IV.4.1. Clima

Son varios los factores geográficos que influyen en el SAR para que presente un determinado tipo de clima. Sin embargo, estos factores solamente pueden ser explicados en una escala mucho más amplia que el mismo SAR. Bajo este contexto es posible identificar que la península de Yucatán que es el sitio donde se emplaza el proyecto, por su posición en el hemisferio norte y su latitud se encuentra influenciado por fenómenos climatológicos tales como los ciclones tropicales, los nortes y los vientos alisios con dirección este – oeste. La morfología de la península permite la influencia marítima del mar Caribe así como del Golfo, en el caso del SAR guarda una distancia de 77 km del Golfo de México, y aun cuando no existen barreras orográficas importantes a excepción de la sierrita de Ticul (300 msnm), por lo que el grado de humedad que puede ingresar no es relevante.

El clima representativo de la península son los tropicales subhúmedos (Aw) (INEGI, 2005), la humedad va aumentando de la porción noroccidental al sureste de la península.

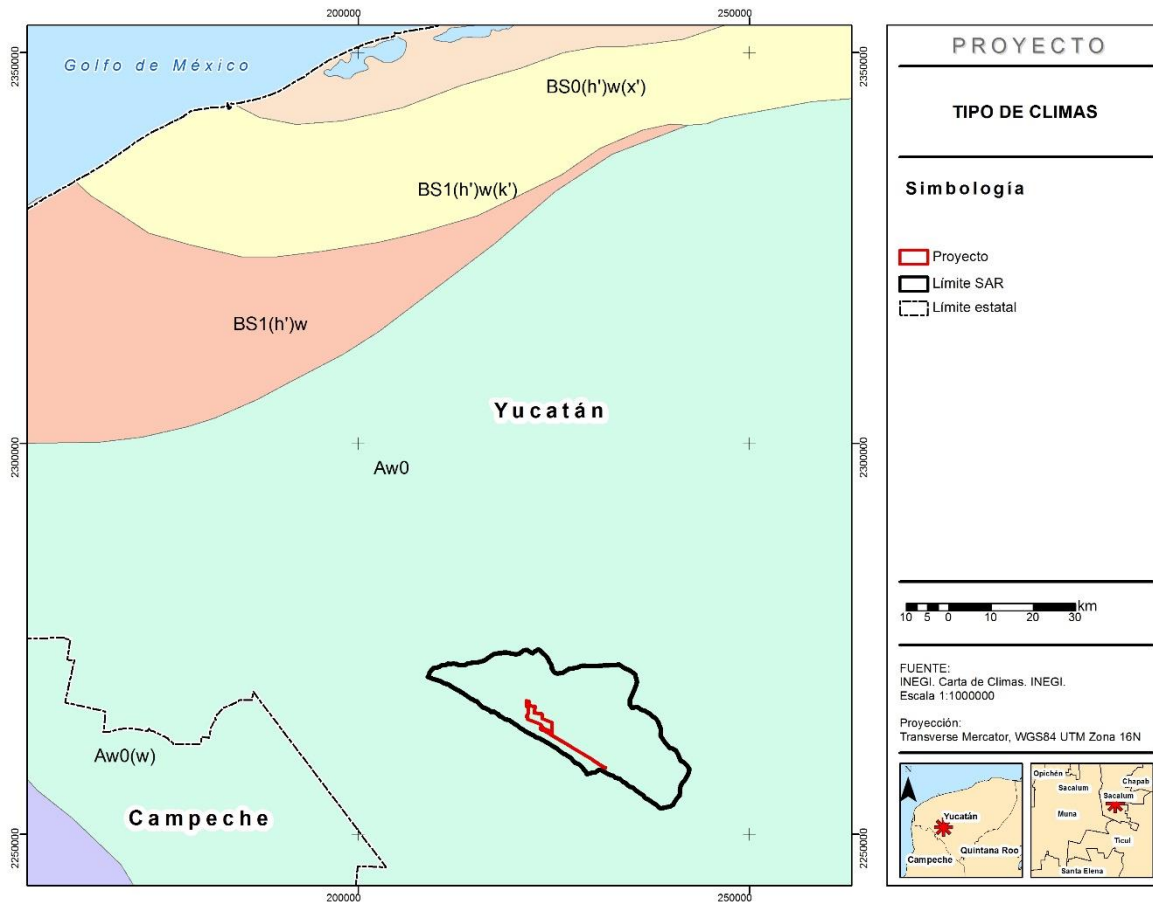


Figura IV.4. Tipo de climas en el SAR del proyecto.

#### IV.4.1.1. Precipitación

El clima del SAR es cálido subhúmedo con lluvias en verano (mayo a octubre), de menor humedad. Los rangos de precipitación son de 1000 a 1100 mm.

#### IV.4.1.2. Temperatura

El rango medio de temperatura es de 24°C a 28°C. La variación entre las temperaturas máximas y mínimas diarias es generalmente acentuada, esto debido al notorio descenso

de temperatura que se registra en las noches, lo cual es más marcado durante la estación de invierno.

En la siguiente tabla se muestran los valores reportados en las normales climatológicas de las estaciones Dzan, Muna y Sacalum, ubicadas dentro del SAR, se observa que las condiciones climáticas son estables, las tormentas eléctricas son poco frecuentes y el granizo es totalmente ausente dadas las características de la zona, cabe mencionar que de acuerdo a los datos obtenidos la evaporación total es mayor que la precipitación.

**Tabla IV. 1. Parámetros climáticos obtenidos en las normales climatológicas de las estaciones dentro del SAR, para el período de 1951-2010.**

Parámetro/Estación	Dzan <sup>1</sup>	Muna <sup>2</sup>	Sacalum <sup>3</sup>
Temperatura Máxima*	33.2	32.7	34.4
Temperatura Media*	26	25.2	26.3
Temperatura Mínima*	18.7	17.7	18.2
Precipitación Normal*	1,276.7	960	1,084.2
Evaporación total*	1,752.0	1,753.7	1,557.5
Número de días con lluvia	82	70.9	79.6
Número de días con granizo	0.0	0.0	0.0
Número de días con tormenta eléctrica	11.2	0.0	0.3

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

(\*) Promedio anual; 1. Estación meteorológica 00031009 Dzan, ubicada en latitud: 20°21'38'' N y Longitud: 89°28'35'' W Altitud: 26msnm; 2. Estación 00031021 Muna ubicada en Latitud: 20° 29'34'' y Longitud: 89°42'44'' W Altitud: 29 msnm; 3. Estación meteorológica 00031064 Muna, ubicada en 20°29'42'' N y Longitud: 89°35'23'' W Altitud: 22 msnm.

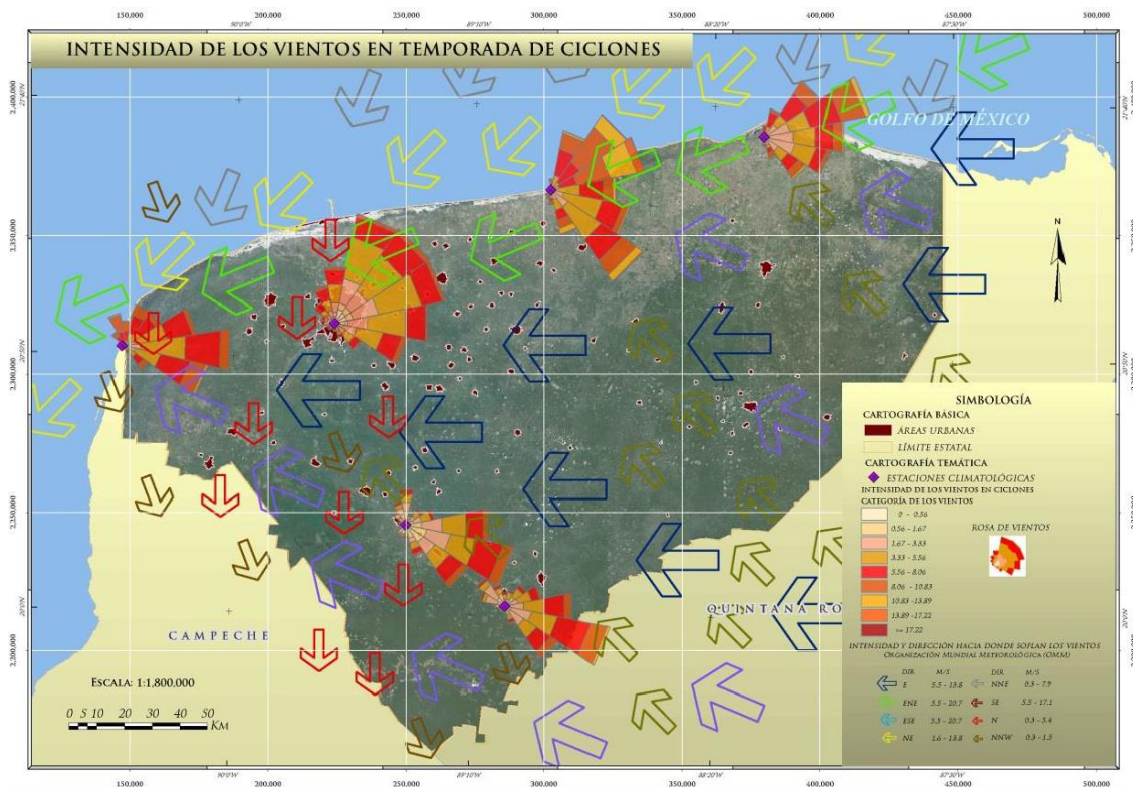
#### **IV.4.1.3. Vientos**

Los vientos en el SAR están influenciados por dos temporadas bien definidas en el año: verano e invierno.

Durante el verano se presenta la temporada de ciclones tropicales, empujados por los vientos alisios provenientes del Atlántico Central y el Mar Caribe, cuya dirección es Este a Oeste.

En el caso del SAR durante los meses de mayo a octubre se encuentra fuertemente influenciado por los vientos alisios.

A continuación se muestra una figura con la distribución y dirección de los vientos en temporada de ciclones, el cual fue elaborado por el Servicio Geológico Mexicano (2012-2018) el cual consistió en la construcción de mapas vectoriales de flujo de viento que son producto de la simplificación del modelo de la rosa de los vientos. El tamaño de las flechas indica la intensidad de los vientos y la dirección promedio de la velocidad del desplazamiento del aire.



Los vientos que se generan durante la temporada de nortes o frentes fríos, llevan una dirección anticiclónica y con ello una mayor dispersión de los vientos al tocar el Golfo de México y encontrarse con las corrientes cálidas del Mar Caribe.

Tal y como se puede observar en la siguiente figura, en temporada de Nortes el comportamiento de los vientos es menos agrupado y existe más variación de la dirección donde soplan.



Figura IV.6. Flujo vectorial (predominante) del viento en temporada de Nortes.

#### IV.4.2. Fenómenos hidrometeorológicos

Los fenómenos hidrometeorológicos son cambios en la naturaleza, procesos permanentes de movimiento y transformaciones que tienen una relación directa o indirecta con el agua. Como parte de los fenómenos hidrometeorológicos se incluyen los ciclones tropicales,

tormentas, heladas, granizadas, inundaciones, mareas de tormenta, sequías, erosión entre otros.

Para el presente DTU, solo se describen los ciclones tropicales, frentes fríos o "nortes" y los días con granizo, siendo estos los fenómenos hidrometeorológicos que inciden en diferente magnitud y temporalidad en el SAR del proyecto.

Esta información es relevante incorporarla como parte del análisis del funcionamiento del SAR, ya que los fenómenos hidrometeorológicos representan factores que inciden en el funcionamiento y estabilidad del SAR.

#### **IV.4.2.1. Ciclones Tropicales**

A nivel nacional, tanto los factores de exposición como los de vulnerabilidad frente a eventos hidrometeorológicos extremos han aumentado. En el caribe y en el Golfo de México, se ha registrado en los últimos años el aumento en el número de las depresiones tropicales. En la siguiente imagen se muestra el grado de vulnerabilidad ante la presencia de huracanes.

En la región donde se localiza el SAR del proyecto el grado de vulnerabilidad es mediano. La península de Yucatán al ser predominantemente una extensa planicie calcárea, no presenta barreras orográficas que limiten la influencia de los fenómenos climatológicos, aunque evidentemente las áreas más cercanas a las costas son las más vulnerables a la presencia de fenómenos hidrometeorológicos, tales como los ciclones tropicales o huracanes y el SAR no queda fuera de la influencia de los ciclones tropicales.



**Figura IV.7. Zonas de riesgo y grado de vulnerabilidad a huracanes en México.**

Fuente: CENAPRED (2011).

A escala de la península, los ciclones tropicales se presentan cada 8 a 9 años, los ciclones considerados como peligrosos retornan entre 8 y 15 años, por mencionar algunos ejemplos se encuentran Hilda, Karla (1955), Gilberto (1961) e Isidoro (2002), y se presentaron durante los meses de septiembre (UACH, s/f).

En la siguiente figura se muestra la trayectoria de los huracanes durante el periodo 1990 al 2012, observándose que específicamente en el SAR han incidido una tormenta tropical y un huracán.



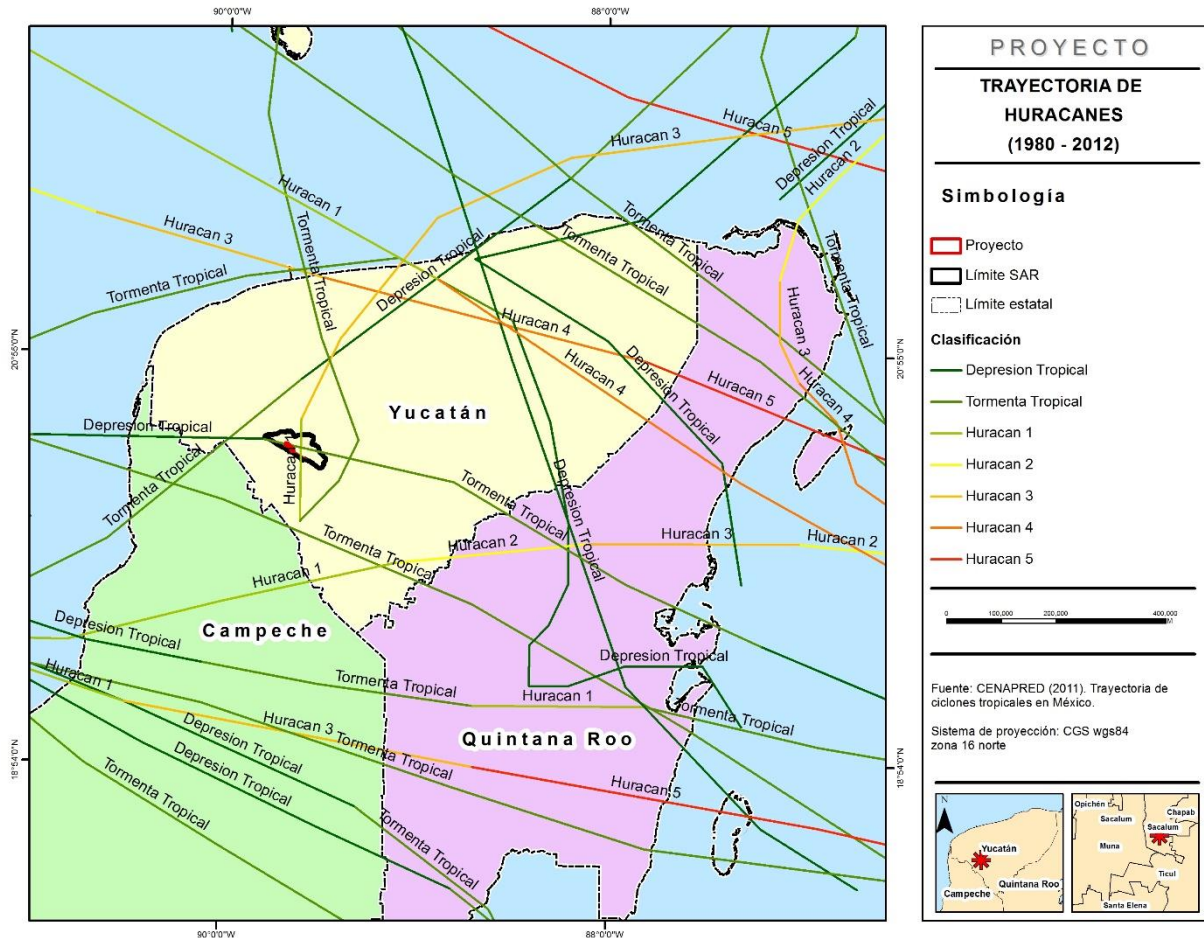


Figura IV.8. Trayectoria de tormentas tropicales y huracanes durante 1990-2012 (CENAPRED, 2011).

A nivel nacional, tanto los factores de exposición como los de vulnerabilidad frente a eventos hidrometeorológicos extremos han aumentado. En el caribe y en el Golfo de México, se ha registrado en los últimos años el aumento en el número de las depresiones tropicales.

Con la finalidad de corroborar lo antes señalado, en la siguiente tabla se indican los ciclones tropicales que han impactado en la península de Yucatán.

**Tabla IV.1. Fenómenos Climatológicos extremos.**

Año	Nombre	Categoría en Impacto	Lugar de Entrada o Costa más Cercana	Estados Afectados Directamente	Periodo (inicio-fin)	Días de impacto	Vientos Máximos en impacto (Km/h)
2008	Dolly	TT (TT)	Laguna de Nichupté Q Roo (Nuevo Laredo Tamp)	Q Roo, Yuc, Tamp, NL, Coah, Chih.	20-25 Jul	21 Jul (24 Jul)	85 (65)
2007	Wilma	H 4	Cozumel-Playa del Carmen Q Roo	Q Roo, Yuc.	15-25 Oct	21 Oct	230
2005	Stan	TT (H1)	Felipe Carrillo Puerto Q Roo (San Andres Tuxtla, Ver)	Q Roo, Yuc, Ver, Oax, Camp, Chis.	1-5 Oct	2 Oct (4 Oct)	75 (130)
	Emily	H4 (H3)	20 km al N de Tulum Q Roo (El Mezquite Tamp)	Q Roo, Yuc, Tamp, NL.	10-21 Jul	18 Jul (20 Jul)	215 (205)
	Cindy	DT	10 km al Oeste de Felipe Carrillo Puerto Q Roo	Q Roo, Yuc.	3-6 Jul	4 Jul	55
	Claudette	TT (DT)	25 km SSW Cancun Q Roo (CD. Acuña Coah)	Q Roo, Tamp, NL, Coah, Yuc.	8-15 Jul	11 Jul (16 Jul)	90 (55)
2003	Isidore	H3	Telchac Puerto, Yuc	Q Roo, Yuc, Cam.	14-26 Sep	26 Sep	65
2000	Gordon	DT	Tulum Q Roo	Q Roo, Yuc.	14-18 Sep	14 Sep	55
1999	Katrina	DT	45 km NNW Chetumal, Q Roo	Q Roo, Cam, Yuc.	28 Oct- 1 Nov	31 Ago	45
1996	Dolly	H1 (H1)	F.C. Puerto, Q Roo (Pueblo Viejo, Ver)	Q Roo, Yuc, Cam, Ver, Tamp, SLP, Zac.	19-24 Ago	20 Ago (23 Ago)	110 (130)
1995	Roxanne	H3 (DT)	Tulum Q Roo (Mtz de la Torre, Ver)	Q Roo, Yuc, Cam, Tab, Ver	8-20 Oct	10 Oct (20 Oct)	185 (45)
	Opal	DT	B. Espiritu Santo, Q Roo	Camp, Q Roo, Yuc, Tab.	27 Sep- 2 Oct	27 Sep	55
1993	Gert	TT (H1)	Chetumal, Q Roo (Tuxpan, Ver)	Q Roo, Cam, Ver, SLP, Hgo, Qro, Gto, Jal.	14-21 Sep	18 Sep (20 Sep)	65 (148)
1990	Diana	TT (H2)	Chetumal, Q Roo (Tuxpan, Ver)	Q Roo, Yuc, Cam, Ver, Hgo, SLP, Qro, Gto, Jal, Nay.	4-8 Ago	5 Ago (7 Ago)	110 (158)
1988	Gilbert	H5 (H4)	Puerto Morelos, Q Roo (La Pesca, Tam)	Q Roo, Yuc, Tam, NL, Coah.	8-20 Sep	14 Sep (16 Sep)	287 (215)

Año	Nombre	Categoría en Impacto	Lugar de Entrada o Costa más Cercana	Estados Afectados Directamente	Periodo (inicio-fin)	Días de impacto	Vientos Máximos en impacto (Km/h)
1975	Eloise	TT	Pto. Morelos Q Roo	Q Roo, Yuc.	13-24 Sep	21 Sep	85
1974	Carmen	H4	Punta herradura, Q Roo	Q Roo, Cam, Yuc.	29 Ago-1 Sep	2-Sep	222
1973	Brenda	DT (H1)	Cancun Q Roo (Nvo. Progreso, Tam)	Q Roo, Yuc, Cam, Chis.	18-22 AGO	19 Ago (21 Ago)	148 (93)
1972	Agnes	DT	Tekax, Yuc (Formación en Tierra)	Yuc, Q Roo	14-23 Jun	14 Jun	45
1970	Ella	DT (H3)	Akumal Q Roo (La pesca, Tam)	Q Roo, Yuc, NL, Tam.	8-13 Sep	10 Sep (12 Sep)	55 (195)

Categoría de Impacto DT= Depresión Tropical; TT= Tormenta Tropical; H1=Huracán categoría 1; H2= Huracán categoría 2; H3= Huracán categoría 3; H4=Huracán categoría 4; H5= Huracán categoría 5, de acuerdo a la escala Saffir-Simpson.  
 Fuente: Comisión Nacional del Agua.

Entre los eventos más importantes por su categoría, destacan el huracán Gilberto, que alcanzó la categoría 5 en septiembre de 1988 y el huracán Wilma que alcanzó la categoría 4 en octubre de 2005, por mantener un lento desplazamiento originó severos daños en la región.

#### IV.4.2.2. Nortes o frentes fríos Polares

Los “nortes” son vientos del noreste producidos por las masas de aire frío que se desplazan en invierno desde Canadá y Estado Unidos hacia el sur. Estos fenómenos se presentan durante una mitad del año de noviembre a abril. Es la temporada de más baja temperatura en el año, sin embargo estos vientos llegan modificados después por el paso del Golfo de México.

Durante la época de nortes (noviembre a febrero) y de sequías (marzo y abril) la precipitación desciende considerablemente. Así en la época de nortes, la precipitación se

presenta indistintamente en el día o en la noche, y es persistente en un periodo de 3 a 5 días.

#### **IV.4.2.3. Días con granizo**

Se reporta para el estado y por lo tanto aplicable al SAR del proyecto, que a lo largo de un análisis de 40 años, fue durante los meses de abril, mayo y junio cuando se registraron más eventos de granizada, entre 2 y 4 días en promedio. Este fenómeno se presenta en la época de transición entre los nortes y la de las lluvias regulares.

#### **IV.4.3. Geología**

El origen geológico y evolución de las formas cársticas de la península es un tema que aún no se ha resuelto por completo, sin embargo diversos estudios de investigación coinciden en que la península de Yucatán es un conjunto de plataformas calcáreas con diferentes periodos de formación y de emersión.

La actividad neotectónica (Neógeno – Cuaternario) y las oscilaciones del nivel del mar en el Cuaternario son elementos que ayudan a explicar el origen y formas del relieve de la plataforma.

La glaciación que marca la etapa final del Pleistoceno en el océano representó un descenso de su nivel, en promedio de 110 m, según Emery (1977). El fin de la glaciación hace 18,000 años provocó un ascenso del nivel del mar, inundando sobre todo las amplias planicies de la costa atlántica, lo cual es claramente observable en Florida y Yucatán, Además de lo anterior, debe considerarse la influencia de la actividad neotectónica, que ha provocado el levantamiento en forma basculada, de mayor intensidad en el sur, lo que originó sistemas de fracturas orientadas al norte y al noreste.

La estructura geológica de la superficie y el subsuelo, demuestra que la plataforma que constituye la península actual inició su emersión sobre el nivel del mar durante el Oligoceno y Mioceno en la porción meridional. El resto se levantó gradualmente a partir del Plioceno, y en el Cuaternario el ascenso continuó al norte y hacia la periferia.

Se presume que el material kárstico se presentó en el relieve poco tiempo después del levantamiento de los sedimentos marinos, constituyendo de esa forma la tierra firme. En la medida que se produce el ascenso continental, se formaron las planicies onduladas (caso del SAR), y finalmente a lomeríos. En esta última etapa, los movimientos verticales contribuyen a la fractura, favorecen el desarrollo posterior del karst subterráneo y se incrementa la disolución de la roca en la superficie, en forma diferencial.

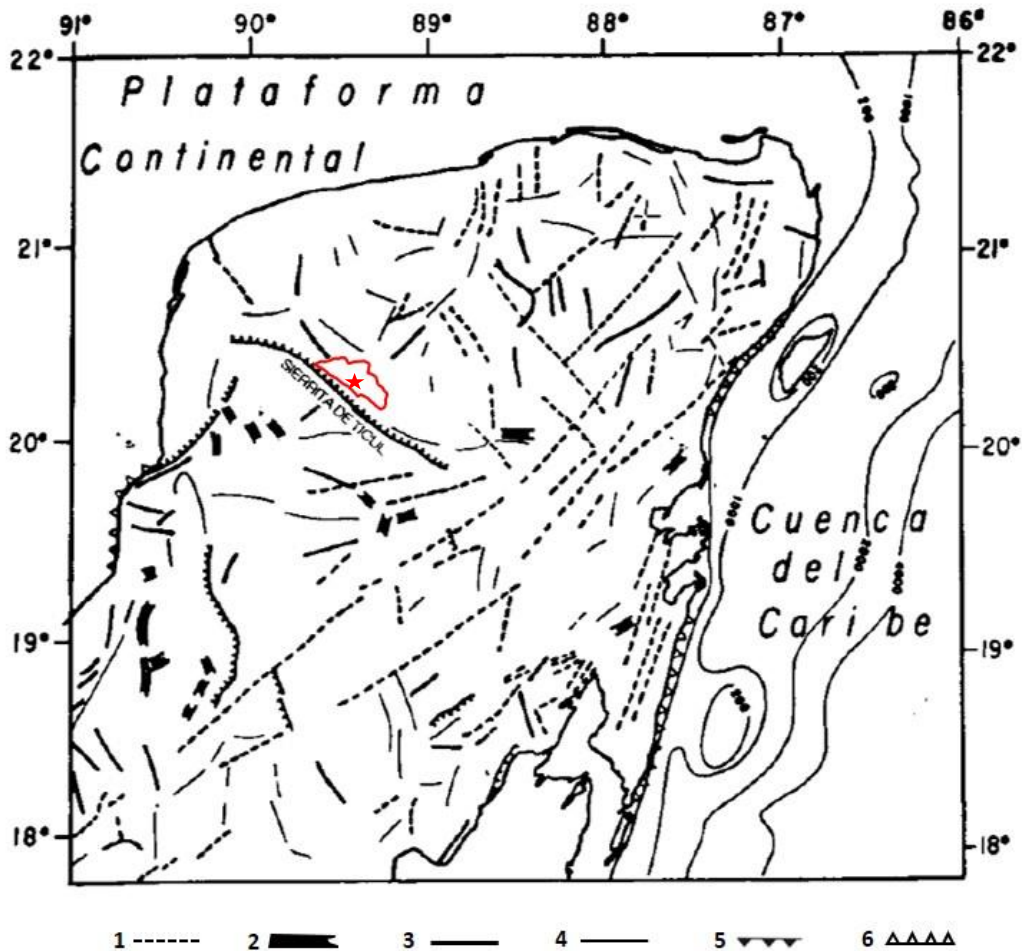


Figura IV.9. Lineamiento principales determinados por distintos rasgos del relieve. 1.- Dolinas; 2.- valles cársticos; 3.- lomeríos; 4.- laderas; 5.-escarpes; 6.- línea de costa.

Las rupturas de las rocas, fisuras, fallas y diaclasas, son los elementos que controlan la posición de las formas cársticas, sobre todo de las subterráneas, ya que en ellas se produce la disolución con mayor intensidad. El tipo de kárst que se desarrolla depende de varios factores litológicos, estructurales, como el espesor de las capas, la inclinación y la composición mineralógica, además de las condiciones geohidrológicas y climáticas.

En el caso del SAR, este se localiza en la provincia geológica denominada Plataforma de Yucatán, la cual comprende un paquete de rocas carbonatadas que abarcan desde el

cretácico al reciente. La unidad más antigua expuesta corresponde a la Formación Chichen Itzá (TeCz-Mg), constituida por un paquete de rocas carbonatadas conformado por grainstone, wackestone, brecha calcárea y horizontes de margas de edad de Eoceno. Este tipo de material se puede observar en las localidades de Muna, Ticul Tzucacab, Pisté, entre otras. En la siguiente figura se muestra que dentro del SAR, en el límite con la sierra de Ticul se presentan ligeras inclinaciones del terreno con tendencia a la horizontal que se interpretan como basculamientos originados por una tectónica distensiva reciente, representada por la Falla Ticul.

#### **IV.4.3.1. Riesgos asociados a riesgos geológicos - geomorfológicos**

En general la península de Yucatán y por lo tanto el SAR del proyecto, no es una zona sísmica, pues solo se han registrado entre 20 a 22 movimientos la mayoría de ellos imperceptibles en los últimos 15 años.

Con respecto a la presencia de fallas y fracturas geológicas, en la siguiente figura es posible observar que el polígono del proyecto no se emplaza sobre alguna estructura geológica; por su parte dentro del SAR sí se localiza una falla de tipo normal la cual se encuentra a una distancia de 100 metros del predio y corre paralela a la sierra de Ticul.

La falla de Ticul tiene una longitud de 115 km con rumbo NW – SE. Su presencia se manifiesta como una brecha cataclástica de 4 m de ancho, constituida por fragmentos calcáreos angulosos de 1 a 5 cm, inmersos en una matriz areno-arcillosa con abundantes óxidos de hierro, poniendo en contacto a las formaciones Carrillo Puerto y Chichén Itza en la porción noroccidental y en el sector suroriental.

Cabe resaltar que la falla Ticul no está catalogada como una falla regional, por lo que se considera de tipo local. La zona de fallas y fracturas activas se localiza en el bloque de la Península de Yucatán, limitado al sur con Belice (Bautista & Palacio, 2005).

Documento Técnico Unificado, modalidad B Regional del Proyecto  
 "Ticul A"

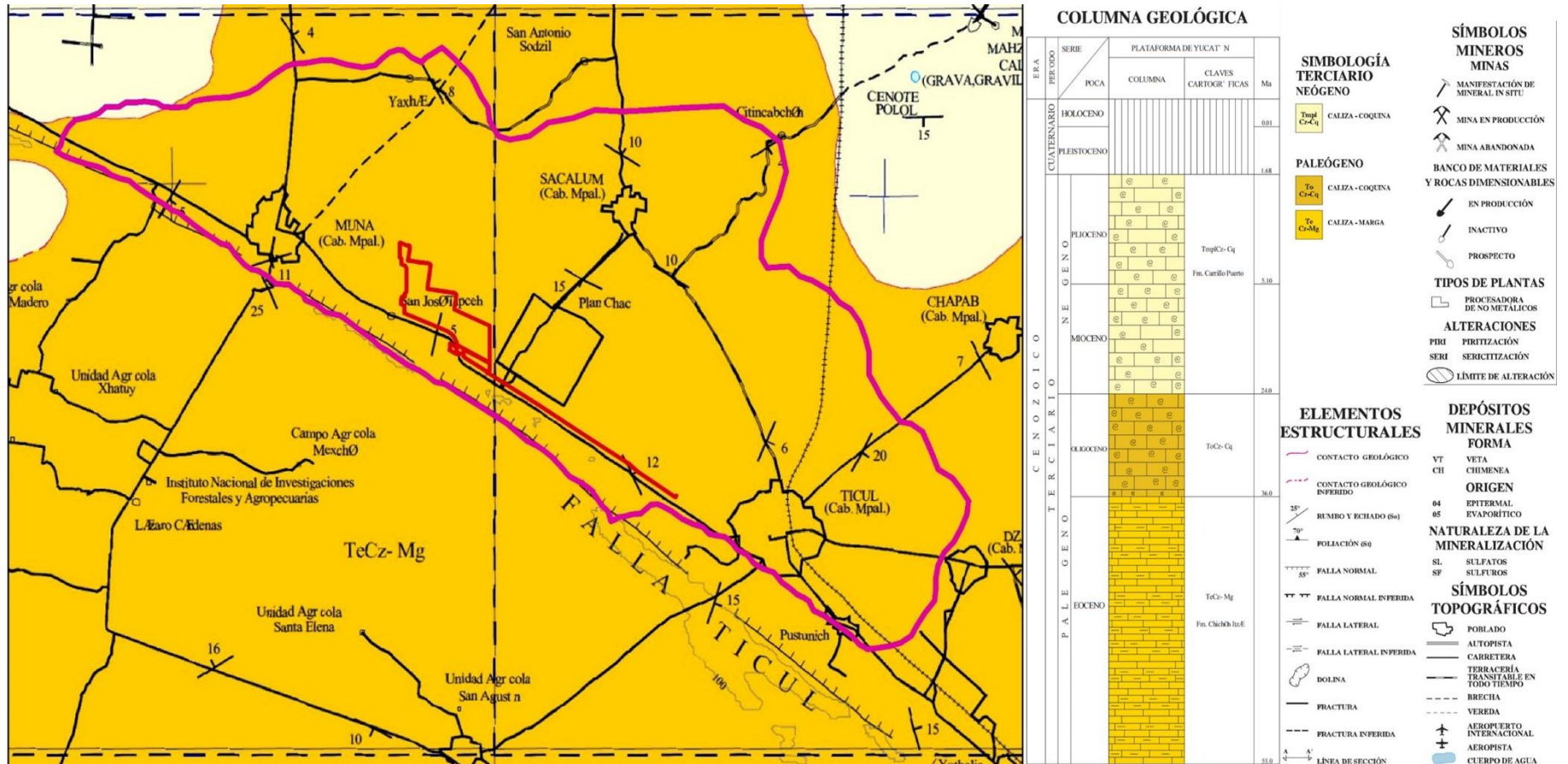


Figura IV.10. Geología en el SAR.

Fuente: Modificado de la Carta Geológica Minera de Mérida (2006).



#### IV.4.3.2. Provincias fisiográficas

De las quince provincias fisiográficas en las que se encuentra dividido el territorio nacional, la Península de Yucatán se localiza en la número XI "Península de Yucatán", la cual consiste en una gran plataforma de rocas calcáreas marinas que ha venido emergiendo desde hace algunos millones de años.

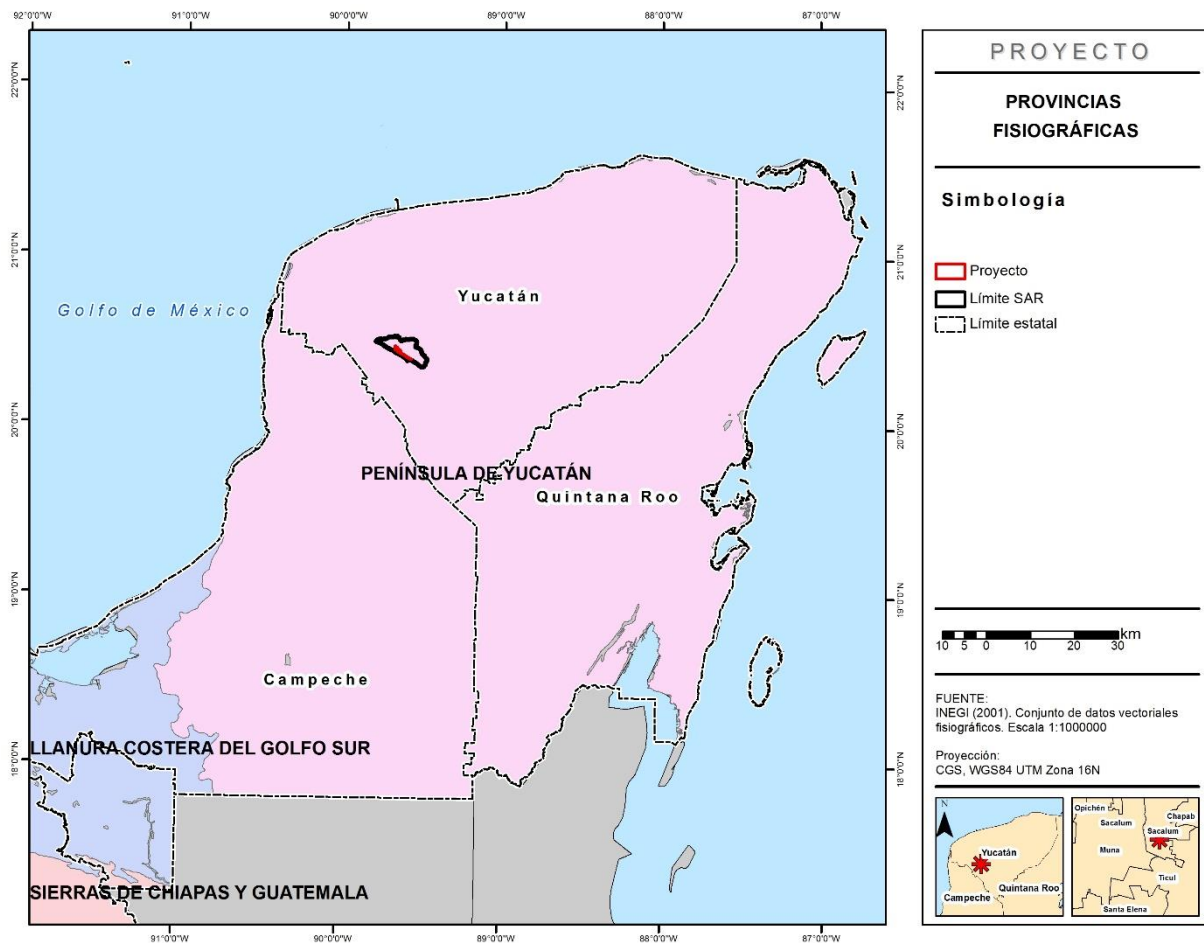


Figura IV.11. Provincia fisiográfica donde se localiza el SAR.

Esta provincia comprende a su vez tres subprovincias 1) Carso y Lomeríos de Campeche, 2) Carso Yucateco y 3) Costa Baja de Quintana Roo, la segunda es más extensa y abarca el centro y norte de la entidad. El SAR se encuentra ubicado en la subprovincia fisiográfica denominada Carso Yucateco, la cual se extiende por la porción noreste de la entidad, geomorfológicamente es una planicie formada por una losa calcárea, con ligera pendiente hacia este y relieve ondulado, en esta región se alternan crestas y depresiones. Se distingue por su topografía cárstica, presenta desde pequeños huecos hasta grandes depresiones, cenote o dolinas, casi en toda su extensión carece de sistema de drenaje superficial (Pozo, et. al., 2011). En el caso específico del SAR no se registra la presencia de formas kársticas subterráneas tales como cenotes.

El principal rasgo fisiográfico de esta Subprovincia es la Sierra de Ticul presenta flancos o laderas suaves y está orientada de NW a SE.

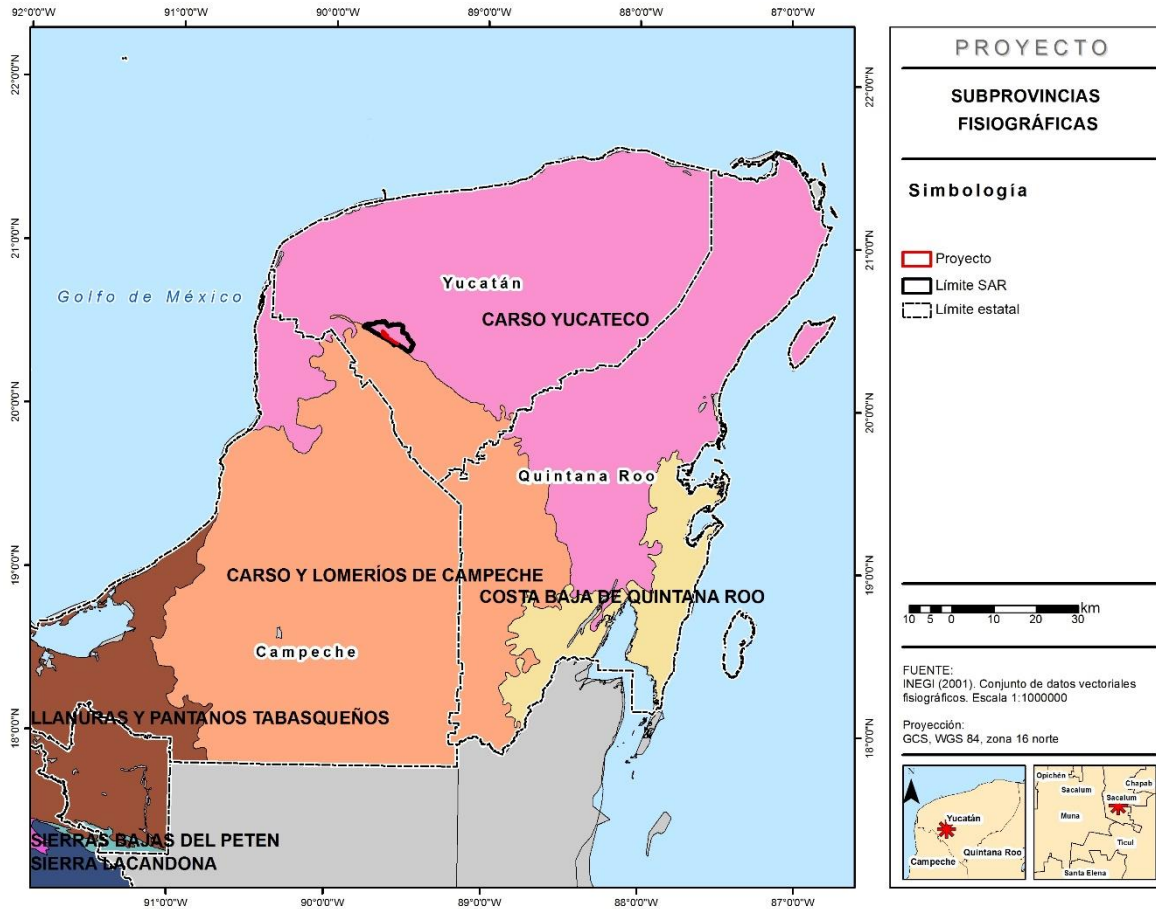


Figura IV.12. Subprovincia fisiográfica donde se localiza el SAR.

#### IV.4.3.3. Geomorfología

La configuración del relieve actual en el SAR es resultado del origen geológico de la península, detallado ya en el apartado anterior.

Lugo Hubp (1992) elaboró el mapa geomorfológico de la península de Yucatán con base a la morfología superficial y de la altura sobre el nivel del mar. Los criterios fueron relacionados con la edad del relieve, siendo los relieves más antiguos los más elevados y

de mayor contraste altitudinal (amplitud o energía del relieve), y por el contrario las planicies representan el relieve más joven.

En la siguiente figura se muestra el emplazamiento del proyecto dentro de la unidad planicies estructurales con lomeríos, marginal a la costa, elevada, con altitud de 10 a 50 msnm.

De acuerdo con otra clasificación del relieve elaborada por Zuñiga et al., (2010) el relieve donde se emplaza el SAR del proyecto es una *planicie colinosa u ondulada*, que como su nombre lo indica presenta colinas con alturas relativas entre 10 y 20 m. Este tipo de relieve puede observarse en los municipios de Muna y Ticul.

Otro de los elementos del relieve, que aunque sólo representa una mínima parte de la superficie del SAR pero es relevante por la influencia que ejerce sobre el SAR, es la Sierrita de Ticul. Este relieve es resultado de fallas o desplazamientos de la corteza terrestre. Cuenta con una longitud aproximada de 110 km y está orientada NW – SE con una elevación máxima de 275 msnm y presenta las rocas más antiguas que corresponden a la época del Paleoceno – Eoceno indiferenciado, y se encuentran dolomitizadas, silicificadas o recristalizadas, incluidas las rocas evaporíticas de la formación caliche, constituidas por yeso, anhidrita y halita, ricas en sulfatos y cloruros de sodio (Weidie, 1985; Reeve y Perry, 1990).

La Sierrita de Ticul representa uno de los límites del SAR y consiste en dos crestas paralelas. La importancia de esta unidad del relieve es que representa la unidad de mayor energía del relieve con capacidad de transferir materia y energía hacia la planicie colinosa del SAR.

En las siguientes figuras se muestran los tipos de relieve que se presentan en el SAR.



**Figura IV.13. Sierrita de Ticul al fondo.**



**Figura IV.14. Unidades del relieve en la localidad de Ticul.**

Sin embargo, y aun cuando a una gran escala refleja una homogeneidad en su paisaje, al realizar un análisis a una escala más detallada es posible observar la presencia de ciertas diferenciaciones en los atributos de los componentes ambientales, tales como los factores del suelo y las geoformas (lomeríos aislados y alineados, planicies de diversos tipos).

Con respecto a las formas kársticas que se desarrollan en la península, estas se han formado en el nivel freático. En todos los casos estas cavidades aprovechan los planos de estratificación de las rocas. Cabe señalar que en el SAR, la literatura no reporta la presencia de cuevas o de formaciones kársticas, ya que las formaciones kársticas más cercanas se localizan en la Sierrita de Ticul, en el flanco que no forma parte del SAR, así como en la planicie del norte del estado. Aun cuando el límite del SAR está definido por el parteaguas de la Sierrita de Ticul, es hacia el otro extremo del parteaguas donde se cuentan con registros de la presencia de estructuras kársticas subterráneas.

#### **IV.4.4. Suelos**

En términos generales a lo largo de la península, en el sur y centro los suelos son más desarrollados por su profundidad, sin embargo hacia el norte y la costa de la península los suelos son más delgados y pedregosos. En todos los tipos de suelos presentes de la península la materia orgánica se pierde en la misma medida en que se pierde la vegetación natural.

De acuerdo con la carta edafológica del INEGI escala 1:250000, el tipo de suelo predominante en la planicie ondulada del SAR son las Rendzinas con un 90%; en la Sierrita de Ticul los suelos predominantes son los Litosoles y los Luvisoles; a escala del SAR los Luvisoles y los Litosoles representan un 10% cada uno de ellos. A continuación se describen los tipos de suelo presentes en el SAR.

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

**Luvisol.** Es un tipo de suelo que suele desarrollarse en zonas llanas, o con suave pendiente, de climas en los que existe una estación seca y otra húmeda bien diferenciada. Frecuentemente se produce una acumulación de arcillas y un enrojecimiento, que es consecuencia de la acumulación de óxidos de hierro favorecida por la temporada de estival.

**Litosol:** Son los suelos que se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, en todas las sierras de México, barrancas, lomeríos y en algunos terrenos planos. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión son muy variables, depende de otros factores ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. En bosques y selvas su uso es forestal, cuando hay matorrales o pastizales se puede llevar a cabo un pastoreo más o menos limitado y en algunos casos se destinan a la agricultura, en especial al cultivo de maíz o el nopal, condicionado a la presencia de suficiente agua. No tiene subunidades y su símbolo es (1).

Con respecto a la textura del suelo, todos los suelos presentan una textura fina, indicador de que más del 35% del suelo presenta arcillas, por lo que son suelos con mal drenaje, escasa porosidad, y en el momento en que se secan son duros. Esto es un indicador de que los suelos presentes en el SAR presentan una baja capacidad de infiltración, sin embargo a pesar de esta condición no se registra en el SAR cuerpos de agua superficiales, ni áreas con inundaciones, ya que el proceso de infiltración se lleva a cabo en la Sierrita de Ticul.

De acuerdo con la cartografía del INEGI, en el SAR los suelos de Rendzina y los Litosoles presentan una fase lítica, indicador de suelo con roca continua dentro de los primeros 50 cm de profundidad.

En el SAR, el 50% de la superficie del suelo presenta cobertura vegetal ya sea en estado primario o secundario; y el 50% restante presenta áreas agrícolas, asentamientos humanos, caminos y brechas. Este último 50% representa la superficie vulnerable ante los factores del viento y precipitación, y por lo tanto es donde se pueden presentar los procesos de erosión del suelo, ya que la ausencia de cobertura vegetal lo mantiene expuesto.

Ahora bien, es necesario resaltar la importancia de que el SAR se localiza sobre una planicie ondulada o colinosa, lo que representa un indicador de que existen montículos donde la cantidad de suelo es diferente a la contenida en las áreas más planas, esta característica en el relieve es lo que ha permitido a nivel regional el desarrollo de la agricultura. En este sentido los suelos delgados y poco desarrollados se localizan en las zonas más planas o con depresiones en el terreno. En el SAR no se presentan depresiones en el terreno, sin embargo la presencia de textura fina es lo que limita la capacidad de infiltración hacia el subsuelo.



A escala del predio del proyecto, tal y como puede observarse en la siguiente figura, la totalidad del polígono del proyecto se ubica sobre suelos de Rendzinas.

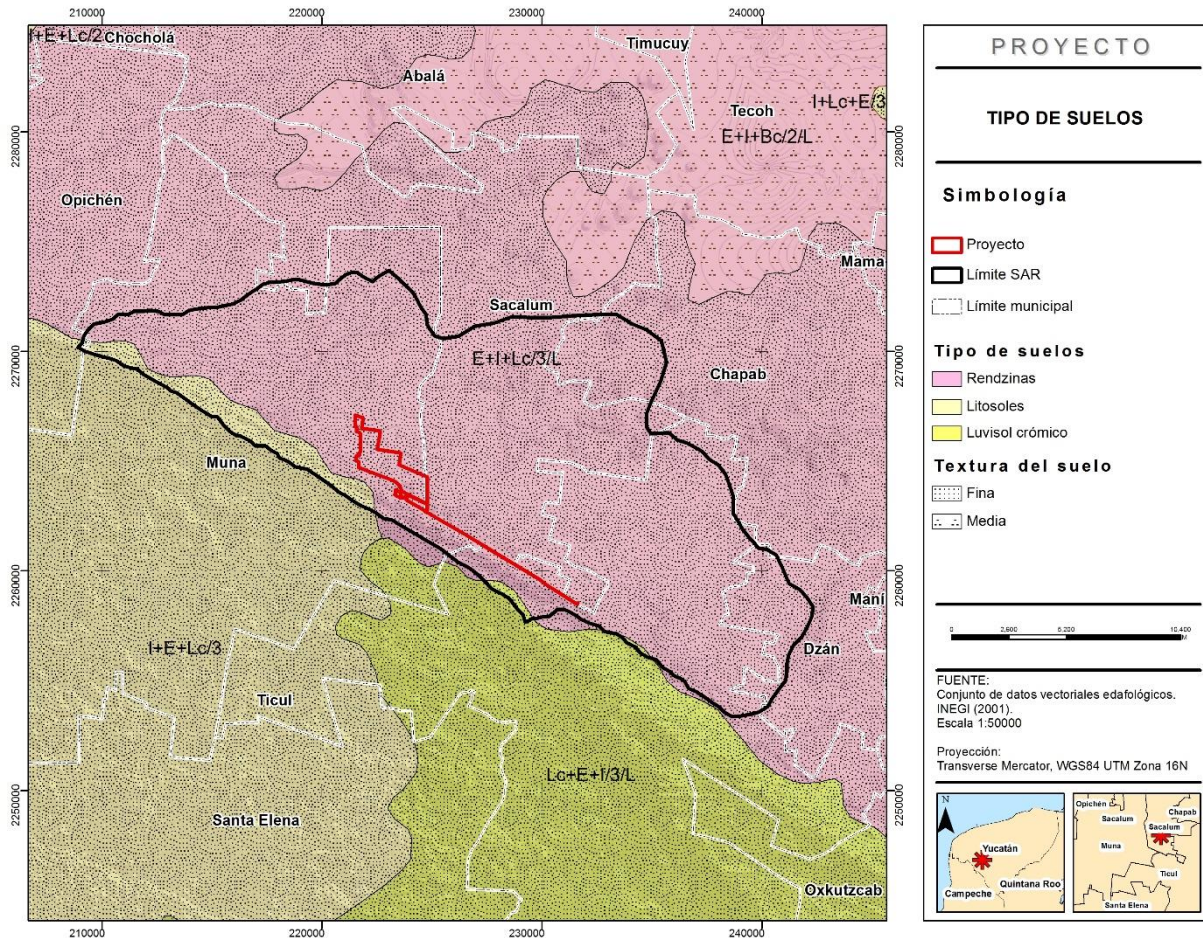


Figura IV.15. Unidades del suelo en el SAR del proyecto.

#### IV.4.4.1. Degradación de suelos

La degradación del suelo se refiere a los procesos inducidos por las actividades humanas, las cuales ocasionan un deterioro interno del suelo y provocan la disminución de su productividad biológica o de su biodiversidad, así como de la capacidad actual y/o futura para sostener la vida humana (Oldeman, 1998; SEMARNAT, 2003).

La degradación física se refiere a un cambio en la estructura del suelo cuya manifestación más conspicua es la pérdida o disminución de su capacidad para absorber y almacenar agua (SEMARNAT, 2008). La degradación física del suelo se presenta en cinco tipos específicos: compactación, encostramiento, anegamiento, disminución de la disponibilidad de agua y pérdida de la función productiva.

La degradación química involucra procesos que conducen a la disminución o eliminación de la productividad biológica del suelo y está fuertemente asociado con el incremento de la agricultura. Las causas de la degradación química del suelo involucran una amplia gama de actividades industriales y agrícolas, entre las que se encuentran los derrames de hidrocarburos, la aplicación excesiva de fertilizantes y pesticidas, el mal manejo de materiales, residuos peligrosos y residuos sólidos urbanos.

De acuerdo con la información presentada en la Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana escala 1:250 000 (SEMARNAT, 2004), en el SAR del Proyecto la degradación es considerada como ligera, del tipo "degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica" (Ver siguiente figura).

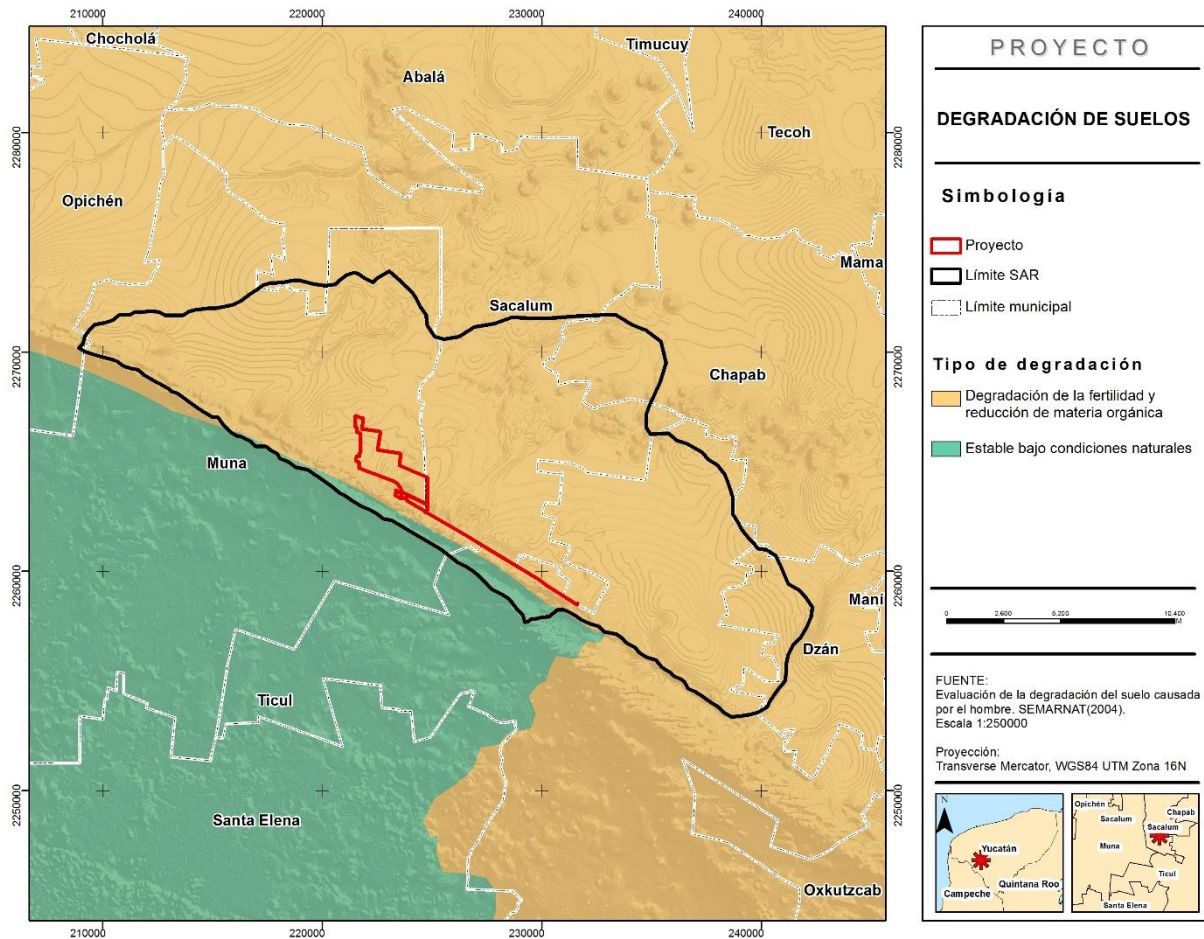


Figura IV.16. Degradación del suelo dentro del Sistema Ambiental Regional del proyecto.

#### IV.4.4.2. Erosión de suelos

La erosión hídrica es el desprendimiento de las partículas del suelo bajo la acción del agua, dejándolo desprotegido y alterando su capacidad de infiltración, lo que propicia el escurrimiento superficial. Este tipo de erosión presenta dos modalidades, la primera con pérdida de la capa superficial, que ocurre cuando el agua fluye en forma más o menos homogénea por una zona arrastrando la capa superior del suelo que es la que contiene más nutrientes y materia orgánica reduciendo su fertilidad. La segunda, se presenta

cuando el flujo del agua se concentra en un cauce donde la erosión es más rápida, de modo que va abriendo una zanja cada vez más profunda, conocida como "cárcava", en cuyo caso se dice que hay deformación del terreno.

Con base en el estudio Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana (escala 1:250 000) realizado por la SEMARNAT y el Colegio de Posgraduados, la superficie estatal no presenta una erosión hídrica. En cuanto a la erosión eólica la entidad se encuentra considerada como sin degradación aparente.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio Evaluación de la Pérdida de Suelo por Erosión Hídrica y Eólica en la República Mexicana (escala 1:1 000 000) realizado por la SEMARNAT y la Universidad Autónoma de Chapingo (2003).

#### **IV.4.4.3. Estimación de erosión potencial**

La erosión potencial se define como el efecto combinado de los factores causales de la erosión (lluvia, escurrimiento, suelo y topografía). La combinación de estos factores se denotan en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo: EUPS (Wischmeier y Smith 1978) la cual se describe a continuación:

$$A = R * K * LS * C * P$$

Donde:

A = Pérdida de suelo promedio anual en [t/ha.año]

R = Factor erosividad de las lluvias en [MJ/ha\*mm/hr]

K = Factor erodabilidad del suelo en [t/ha/MJ\*ha/mm\*hr]

LS = Factor topográfico (función de longitud-inclinación-forma de la pendiente), adimensional

C = Factor ordenación de los cultivos (cubierta vegetal), adimensional

P = Factor de prácticas de conservación (conservación de la estructura del suelo), adimensional

El desarrollo metodológico de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, se incluye en el capítulo IX del presente DTU.

Los resultados obtenidos de la erosión potencial del suelo sin la presencia del proyecto, indicaron lo siguiente:

De acuerdo a la estimación de la pérdida de suelo en toneladas por hectárea por año, que se obtiene mediante la aplicación de la Fórmula Universal de Perdida de Suelo, el análisis de los factores R, K, LS, C y P que se mencionaron anteriormente, y considerando una superficie del proyecto de 500.2327 has, se obtuvieron los siguientes resultados.

De forma previa a las actividades del proyecto considerando que el suelo tiene una cobertura vegetal, se obtiene una perdida inicial de suelo de 0.02131 ton/ha.año, un total de 10.66 ton/ año en la totalidad de la superficie del proyecto.

En la tabla siguiente se presentan los cálculos de valor A, pérdida de suelo sin proyecto.

**Tabla IV. 2. Cálculo de valor A, pérdida de suelo sin proyecto.**

Tipo de suelo	R	K	LS	C	P	A	PROYECTO (Has)	VOL/PROY
Rendzina	962.801749	0.01207366	0.15281114	0.012	1	0.02131631	500.23	10.66296
						Totales	500.23	10.66296

De acuerdo a la clasificación de la FAO – Unesco (1981) el volumen de suelo perdido (Ton/ha/año) puede considerarse actualmente de nulo a ligero (Menor a 30 ton/ha.año).

#### **IV.4.4.4. Estimación de la erosión potencial con proyecto**

Para la estimación de la erosión potencial con proyecto se emplearon los valores R, K, LS, C y P que se mencionaron anteriormente, sin embargo para este caso el valor C, factor de

cobertura, es de 1, aplicable a un suelo completamente desnudo, en la superficie que será sujeta a cambio de Uso de Suelo la cual es de 455.90054 ha, mientras que para las 44.33216 ha en las cuales se mantendrá la cubierta vegetal, se consideraron los mismos valores de R, K, LS, C y P que en el caso anterior. En esta etapa la pérdida de suelo sin acciones de control o cobertura es de 1.797674 ton/ha/año, sumando un total de 810.7877 toneladas anuales en la superficie total del proyecto.

**Tabla IV. 3. Cálculo de valor A, pérdida de suelo con proyecto. Durante la etapa de construcción del proyecto.**

Cobertura	Tipo de suelo	R	K	LS	C	P	A	PROYECTO (Has)	VOL/PROY
Desnudo	Rendzina	962.80174 91	0.0120 73656	0.15281 1145	1	1	1.77635 8788	455.90	809.8428
Vegetación	Rendzina	962.80174 9	0.0120 7366	0.15281 114	0.01 2	1	0.02131 631	44.33	0.9449
					Totales		1.79767 4	500.23	810.7877

Para la determinación de la erosión una vez realizadas las acciones de control de la erosión, pero considerando de forma primordial que el suelo será cubierto principalmente por material cementante compactado, se estimó el valor de la erosión con base en un factor C para una cobertura de piedra triturada a un volumen bajo de aplicación en una pendiente menor al 16% según la tabla revisada en el inciso d), resultando un valor de C=0.05, para un total de 455,90054 ha, mientras que para las 44.33216 ha que mantendrán la cobertura vegetal, se consideraron los mismos valores del escenario inicial para los factores R, K, LS, C y P.

Con base en esto la menor pérdida de suelo por efecto de la erosión se da una vez que se han aplicado las medidas de mitigación y el suelo ha sido cubierto, reduciéndose a 0.08

toneladas anuales por hectárea, es decir 40.4921 toneladas anuales en el proyecto, dentro de las áreas con cobertura cementante, mientras que para las áreas con cobertura vegetal, se mantiene la pérdida de 0.9449 ton/ha/año; según se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla IV. 4. Cálculo de valor A, posterior a la construcción y cobertura del suelo.**

Cobertura	Tipo de suelo	R	K	LS	C	P	A	Proyecto (has)	Vol/Proy
Cementante	Rendzina	962.8017 491	0.01207 3656	0.1528111 45	0.05	1	0.0888179	455.90054	40.4921
Vegetación	Rendzina	962.8017 49	0.01207 366	0.1528111 4	0.012	1	0.0213163	44.33216	0.9449
				<b>Totales</b>			<b>0.1101342</b>	<b>500.2327</b>	<b>41.437</b>

Como puede observarse, aun con el aumento en el valor de la pérdida de suelo promedio anual para la etapa final del proyecto, estos valores se encuentran dentro de la categoría de riesgo moderado (30-60 ton/ha.año).

**Tabla IV. 5. Clasificación de clases de riesgo en pérdida de suelo según la FAO-UNESCO (1981)**

Clase de Riesgo	Rango de pérdida
Nulo a Ligero	menor a 30 ton/ha.año
Bajo	30-60 ton/ha.año
Moderado	60-120 ton/ha.año
Alto	120-360 ton/ha.año
Muy Alto	mayor a 360 ton/ha.año

## Conclusión

De acuerdo al análisis de erodabilidad del suelo realizado según la metodología descrita, se obtiene una pérdida de suelo en las condiciones originales del proyecto de 0.02 ton/ha.año, es decir 10.6629 ton/año en la superficie total del proyecto, calculando

además una pérdida de suelo para las condiciones finales del proyecto una vez aplicadas las medidas de mitigación, de 0.1101 ton/ha.año, es decir 41.437 ton/año en la superficie del proyecto, observando un incremento en la pérdida de suelo a casusa del proyecto, sin embargo, de acuerdo a la Clasificación de clases de riesgo en pérdida de suelo según la FAO-UNESCO (1981), estas pérdidas son bajas, razón por la cual se considera que el proyecto no afecta al factor suelo en lo que respecta a la pérdida directa de suelo por erosión.

#### **IV.4.4.5. Infiltración del suelo**

Se define a la infiltración como el movimiento del agua, a través de la superficie del suelo y hacia adentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares, la diferencia entre el volumen de agua que llueve en una cuenca y el que escurre por su salida recibe el nombre genérico de pérdidas. En general, las pérdidas están constituidas por la intercepción en el follaje de las plantas y en los techos de las construcciones, la retención en depresiones o charcos (que posteriormente se evapora o se infiltra), la evaporación y la infiltración.

Con base en esta premisa, para el cálculo de factor de infiltración se empleó la siguiente expresión (Aparicio, 1992):

$$\text{INFILTRACIÓN} = P - \text{ETR} - V_e$$

Donde:

P= precipitación

ETR= evapotranspiración

Ve= volumen de escurrimiento anual



En el presente apartado solo se incluyen los resultados de las estimaciones. La metodología completa se incluye dentro del capítulo IX del presente DTU.

### Estimación del volumen de escurrimiento sin el proyecto

El volumen de infiltración en el polígono del proyecto dadas las condiciones naturales establecidas y con los datos disponibles del año 2015 es de -81,678,035.8 m<sup>3</sup> anuales, toda vez que de acuerdo al procedimiento descrito en los anexos, el volumen de pérdidas por evapotranspiración supera el volumen de captación de agua por precipitación, sumando además a este efecto el volumen de escurrimiento. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observan los resultados de la estimación en m<sup>3</sup> para la superficie de 5,002,327.00 m<sup>2</sup> que corresponden a la superficie total del polígono del Proyecto.

Tabla IV. 6. Resultado del cálculo del volumen de infiltración.

	P	ETR	Ve	INFILTRACION m <sup>3</sup>
m <sup>3</sup>	1221776.68	7561917.73	72462.3533	-6412603.403
m <sup>3</sup> totales	14661320.2	90743012.8	5596343.21	-81678035.8

### Estimación del volumen de escurrimiento con el proyecto

Con la realización del cambio de uso de suelo se modificara el volumen de infiltración toda vez que el suelo quedará desnudo, en este caso se consideró un valor k de 0.30 para suelos tipo C, para un total de 4,559,005.4 de m<sup>2</sup>, que será desmontada, y se consideró a su vez la superficie de 443,321.6 m<sup>2</sup> que mantendrá la cubierta vegetal, para la cual se consideró el valor de K=0.24 correspondiente a una cubierta superior al 75%, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla IV. 7. Resultado del cálculo del coeficiente de escurrimiento

Cubierta	K	P	CE
Desnudo	0.3	244.241667	<b>0.09913625</b>
	0.3	2930.9	<b>0.502135</b>

Cubierta	K	P	CE
Vegetal	0.3	244.241667	<b>0.59309</b>
	0.3	2930.9	<b>0.381708</b>

**Tabla IV. 8. Resultado del cálculo del Volumen de escurrimiento**

Cobertura	TIPO	P(m)	Ce	At m2	Ve m3
Desnudo	promedio	0.24424167	0.09913625	4,559,005.40	110388.123
	total	2.9309	0.502135	4,559,005.40	6709522.31
Vegetal	promedio	0.24424167	0.059309	443,321.60	6421.83656
	total	2.9309	0.381708	443,321.60	495965.143

**Tabla IV. 9. Resultado del cálculo del volumen de infiltración**

Cubierta		P	ETR	Ve	INFILTRACION m <sup>3</sup>
Desnudo	m <sup>3</sup>	1113499.08	6891757.33	110388.123	-5888646.378
	m <sup>3</sup> totales	13361988.9	82701088	6709522.31	-76048621.37
Vegetal	m <sup>3</sup>	108277.606	670160.401	6421.83656	-568304.6311
	m <sup>3</sup> totales	1299331.28	8041924.81	495965.143	-7238558.678
Totales	m <sup>3</sup>			116809.96	-6456951.01
	m <sup>3</sup> totales			7205487.45	-83287180

### Estimación del volumen de infiltración con proyecto en su condición final, posterior a la aplicación de las medidas de mitigación

Una vez realizadas las obras de mitigación se estimó un valor K de 0.32 para zonas urbanas en tipos de suelo C de acuerdo a la tabla anterior, para una superficie de 4,559,005.4, y para la superficie de 443,321.6, que mantiene cobertura vegetal se mantuvo el valor K=0.24. Bajo esta condición final los resultados del cálculo de infiltración son los siguientes.

**Tabla IV. 10. Resultado del cálculo del Coeficiente de escurrimiento**

Cubierta	K	P	CE
Cementante	0.32	244.241667	<b>0.112412</b>
	0.32	2930.9	<b>0.54227733</b>
Vegetal	0.24	244.241667	<b>0.059309</b>
	0.24	2930.9	<b>0.381708</b>

**Tabla IV. 11. Resultado del cálculo del Volumen de escurrimiento**

Cubierta	TIPO	P(m)	Ce	At m <sup>2</sup>	Ve m <sup>3</sup>
Cementante	promedio	0.24424167	0.112412	4,559,005.40	125170.658
	total	2.9309	0.54227733	4,559,005.40	7245903.72
Vegetal	promedio	0.24424167	0.059309	443,321.60	6421.83656
	total	2.9309	0.381708	443,321.60	495965.143

**Tabla IV. 12. Resultado del cálculo del volumen de infiltración**

Cubierta		P	ETR	Ve	INFILTRACION m <sup>3</sup>
Cementante	m3	1221776.68	7561917.73	137342.361	-6477483.41
	m3 totales	14661320.2	90743012.8	7950501.62	-84032194.21
Vegetal	m3	108277.606	670160.401	6421.83656	-568304.6311
	m3 totales	1299331.28	8041924.81	495965.143	-7238558.678
Totales	m3			143764.198	-7045788.04
	m3 totales			8446466.76	-91270752.9

## Conclusión

Con base en el análisis realizado se estima que el volumen de escurrimiento superficial en la condición final supera a la condición inicial por -7,983,572.84 al año en toda la superficie del proyecto, lo cual repercute en la capacidad de infiltración del suelo, sin embargo esta diferencia es poco apreciable ya que de acuerdo al procedimiento del

cálculo de evapotranspiración, esta supera de forma considerable al volumen de precipitación anual, siendo la causa fundamental de la pérdida de infiltración, por esta razón se considera que el proyecto no afectará la capacidad de recarga del acuífero.

Aunado a lo anterior de la superficie total del proyecto el 85% de la superficie del proyecto no podría clasificarse como zonas urbanas ya que no serán revestidas o construidas, por lo que el potencial de infiltración no será afectado en la misma magnitud, en este mismo sentido el Acuífero Península de Yucatán cuenta con una superficie de 141,523,000,000.00 m<sup>2</sup> de los cuales el proyecto representa tan solo el 0.0035%, por lo que la afectación a la capacidad de recarga del acuífero es poco apreciable.

#### **IV.4.5. Hidrología**

##### **IV.4.5.1. Hidrología superficial**

El SAR del proyecto se localiza dentro de la Región Hidrológica Administrativa XII Península de Yucatán, y a su vez se localiza dentro de la Región Hidrológica 32 Yucatán Norte, en la subcuenca Mérida (Ver las dos siguientes figuras).

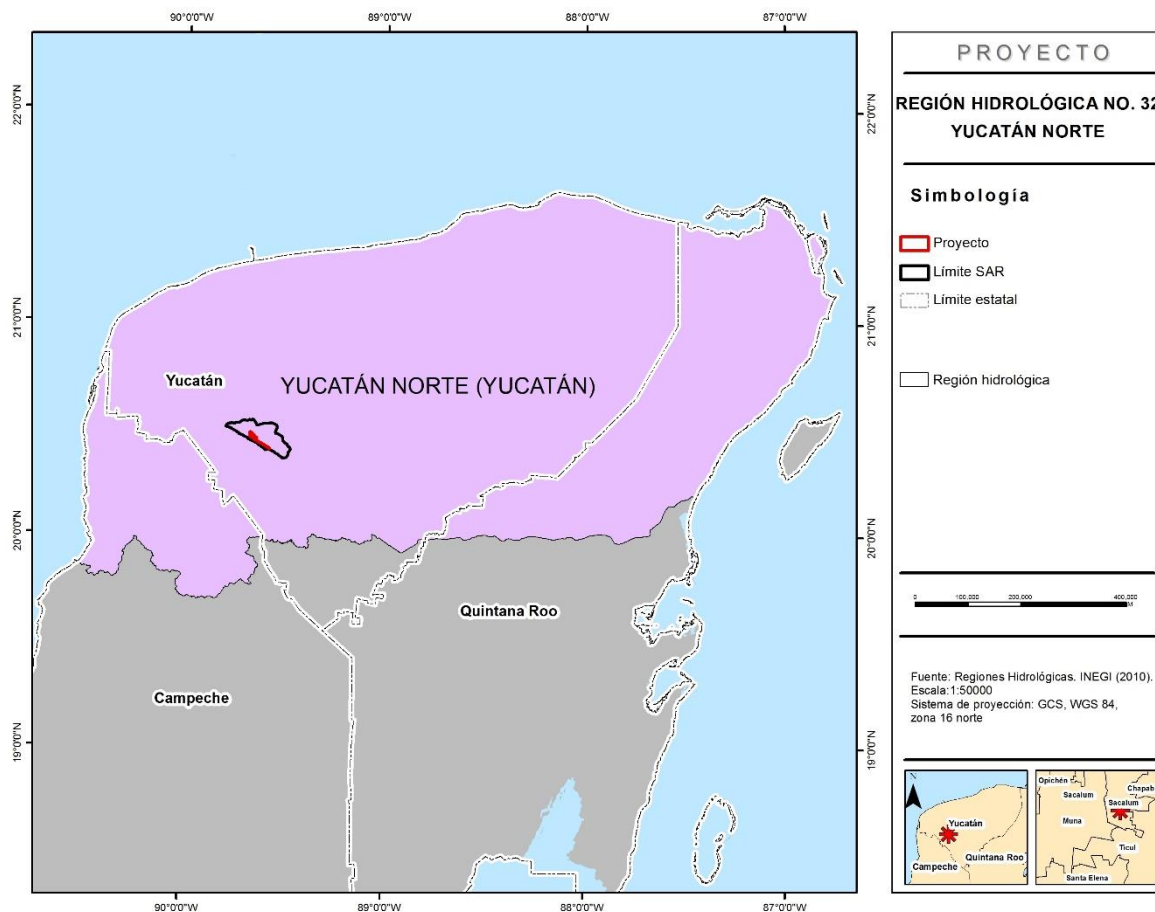


Figura IV.17. Región hidrológica.

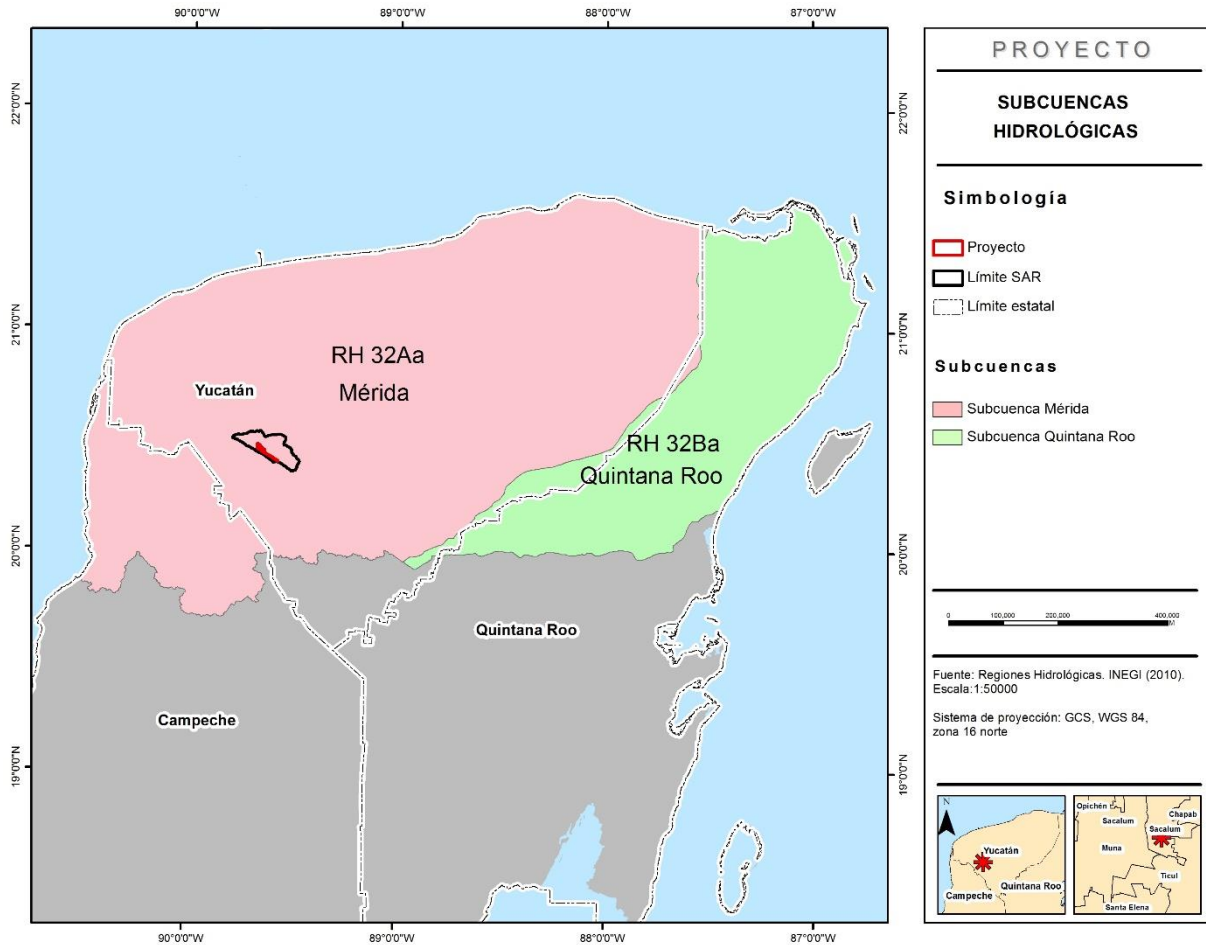


Figura IV.18. Subcuencas hidrológicas.

En general la península de Yucatán se caracteriza por una ausencia de ríos superficiales, ya que la elevada precipitación pluvial, aunado a la gran capacidad de infiltración del terreno y las bajas pendientes por las amplias planicies, lo que favorece la recarga del agua subterránea en toda la superficie, lo anterior genera que los escurrimientos superficiales sean escasos o de muy corto recorrido.

En el caso concreto de la Región hidrológica 32 Yucatán Norte no existen escurrimientos superficiales, la mayor cantidad de los ríos se localizan en la Región Hidrológica 30 Grijalva Usumacinta, donde se localizan los ríos más caudalosos de la península.

De acuerdo con la base de datos cartográfica del INEGI (2010), en el SAR no se registra la presencia de escurrimientos ni de cuerpos de agua superficiales. La presencia de escurrimientos intermitentes se observan en el flanco derecho de la sierrita de Ticul fuera de los límites del SAR (Ver siguiente figura).

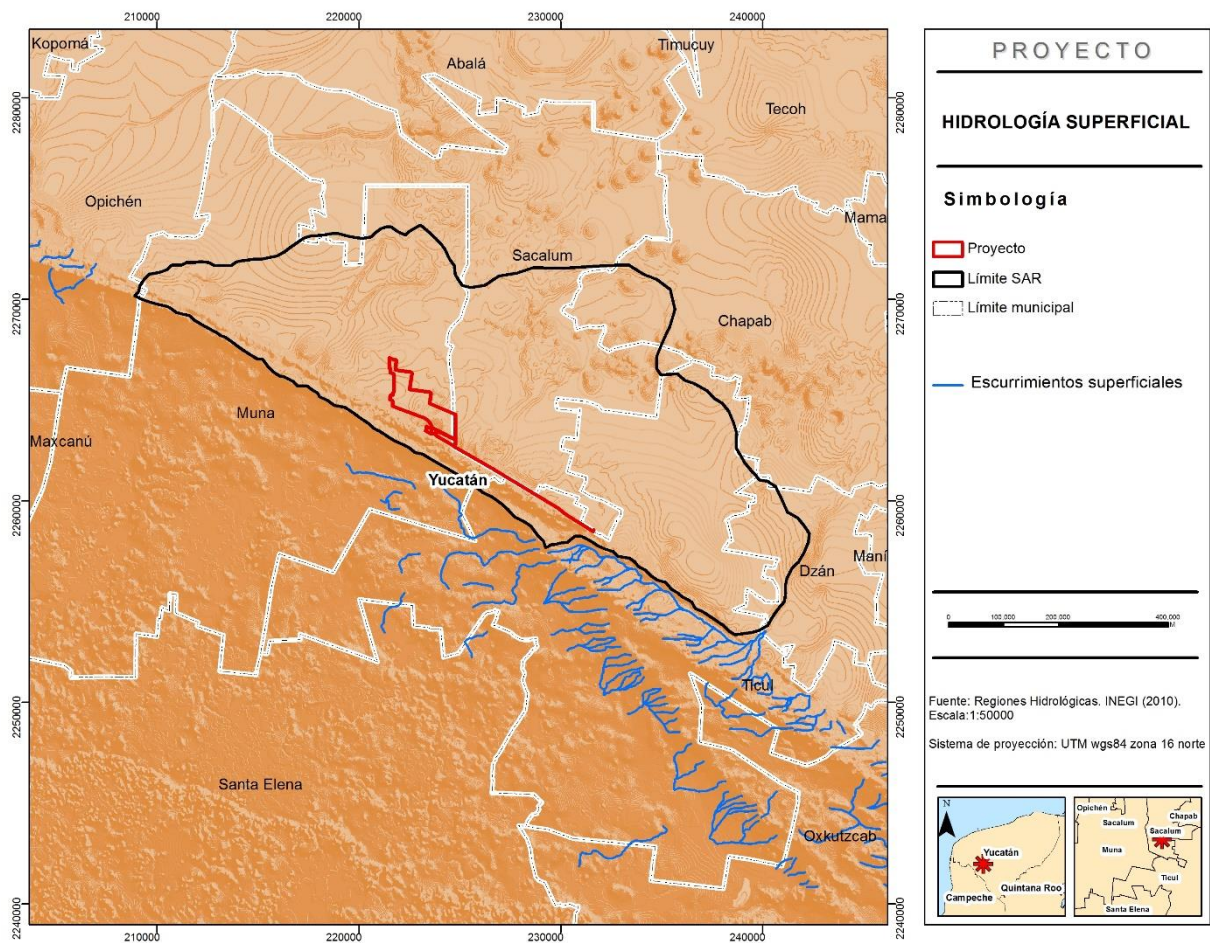


Figura IV.19. Escurrimientos superficiales.

#### **IV.4.5.2. Hidrología subterránea**

El SAR del proyecto corresponde a una microcuenca hidrológica, con un solo acuífero cárstico de tipo libre. Aun cuando se presentan lluvias en la mitad del año, estas no generan escurrimientos superficiales debido a la alta capacidad de infiltración del suelo y la roca cárstica. La recarga del acuífero se produce de manera uniforme, siguiendo el patrón de distribución de la precipitación.

El SAR queda comprendido dentro de la RH-32, la cual limita al Oeste y Norte con el Golfo de México, y al Sur limita con la RH-33 Yucatán Este.

El funcionamiento de la hidrología subterránea en general a lo largo de la península de Yucatán es el siguiente:

El agua subterránea producto de las lluvias fluye a través de las fracturas y conductos de disolución moviéndose de las zonas de mayor precipitación hacia la costa, donde se realiza la descarga natural del acuífero, esta agua que se recarga es la que constituye el agua disponible para su aprovechamiento.

El acuífero es de tipo libre, costero, kárstico, muy permeable y notablemente heterogéneo con respecto a sus propiedades físicas, por lo que la zona de recarga se da en toda su extensión. En la zona costera el acuífero está influenciado por la presencia de la cuña salina, por lo que el espesor del acuífero en la costa es de 30 metros aproximadamente. En la zona continental el acuífero se incrementa. Ahora bien, con respecto a la profundidad del nivel freático, en el SAR esta se encuentra en un promedio de 82 m.

De forma general, el agua subterránea se utiliza para uso doméstico, agrícola y actividades pecuarias. El 100% del equipo de extracción para la actividad agrícola y pecuaria son bombas tipo turbina a través de pozos profundos, los cuales extraen agua para los predios empleados para el riego, así mismo también es para aquellas localidades cuyo



abastecimiento de agua es para los animales, abrevaderos (ganado vacuno en su mayoría).

Dentro de las problemáticas del acuífero regional es que debido a la alta permeabilidad de los suelos en la península y de los estratos que contienen la lente de agua dulce, hace que el acuífero de Yucatán sea vulnerable a la contaminación de aguas residuales, agroquímicos, efluentes industriales y vegetación abundante en ambientes húmedos y calientes.

El acuífero en el SAR, está constituido por materiales altamente permeables, y es de alta transmisividad, poca carga hidráulica, nivel freático estable y dirección de flujo radial desde el área de recarga hasta las costas. A pesar de estas condiciones, los suelos en el SAR se caracterizan por presentar texturas finas, es decir con ciertos niveles de concentración de arcilla, lo que reduce la capacidad de infiltración hacia el subsuelo y por ende al acuífero.

Considerando que las zonas de fracturamiento es donde se registra la mayor recarga del acuífero, a escala regional la Sierrita de Ticul presenta zonas de fracturamiento por lo que se estima que es en esta zona donde se lleva a cabo el proceso de recarga del agua superficial, aunado a lo anterior, la dirección del flujo subterráneo corre de forma paralela a la Sierra de Ticul con dirección hacia la costa, lo que explica porque aun cuando en el SAR se presenta un suelo con altas concentraciones de arcilla no se presentan cuerpos de agua superficial.



Figura IV.20. Dirección del flujo del agua subterránea.

Fuente: UNAM (2005).

Aunque el SAR en general presenta una buena calidad del agua subterránea respecto al resto de la península, la calidad sanitaria del agua subterránea en los municipios de Ticul, Muna y Sacalum se ha ido deteriorando debido al manejo inadecuado e ineficiente tratamiento de aguas sanitarias e industriales que se descargaban al manto freático y las infiltraciones al acuífero de contaminantes provenientes de las actividades principalmente agrícolas, pero también de tipo ganaderas (agroquímicos, desechos sólidos, entre otros).

Ahora bien, con respecto a la presencia de cuerpos de agua y de cenotes, de acuerdo con un estudio forestal realizado cerca de la región en estudio elaborado por BIOASESORES A.C. (2011), se identificaron la presencia de cenotes dentro de los municipios Tzucacab, Tekax, Sacalum y Mani. No se registró la presencia de cenotes dentro de los municipios de Ticul ni Muna, que es donde se localiza el proyecto (Ver siguiente figura).

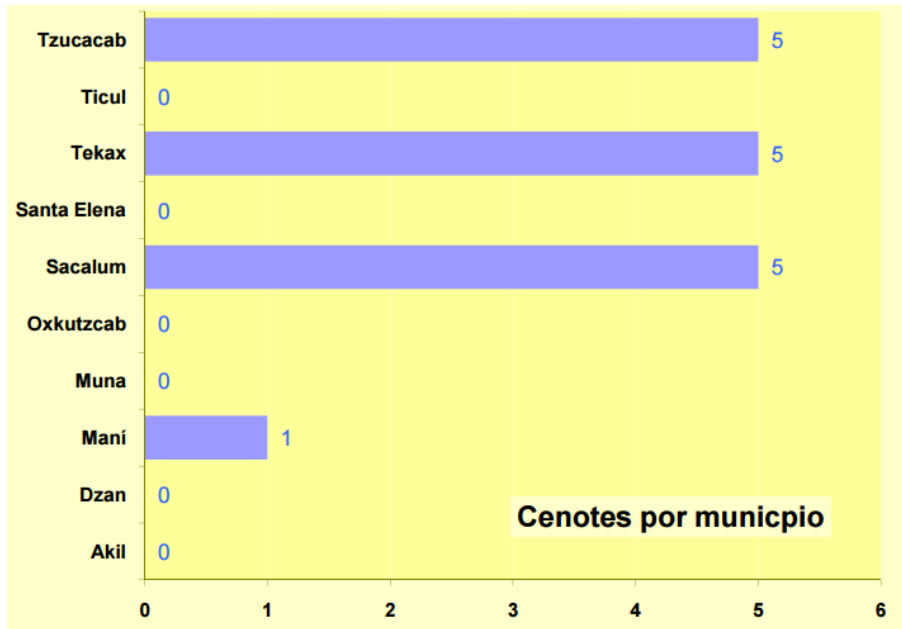


Figura IV.21. Número de cenotes por municipio.

Fuente: BIOASESORES (2011).

#### IV.4.6. Calidad del aire

En el SAR las principales fuentes de contaminación en la calidad del aire son las vinculadas con las actividades urbanas, así como las actividades agrícolas.

Las localidades de Muna, Ticul y Sacalum son de carácter urbano, estas localidades no cuentan con aeropuertos, grandes industrias y tampoco se presentan tráficos intensos que sean capaces de generar niveles altos de contaminación en la calidad del aire ya sea por ruido o por contaminantes en la atmósfera.

De acuerdo con el estudio de Barrera (2014), las principales causas de la contaminación acústica son las relacionadas con las actividades humanas tales como el transporte, las actividades de la industria, la construcción de edificios y obras públicas.

Dentro de las fuentes móviles los motores son en general los principales generadores de ruido como motos, trenes, aviones y vehículos.

Para la Organización Mundial de la Salud, una tolerancia definida en 50 decibeles es el límite superior deseable. Si la exposición es de más de 60 dB generaría un aumento en la presión arterial, dolor de cabeza, agitación en la respiración, agitación del pulso y taquicardias; y si es superior a 85 dB podría causar secreción gástrica, aumento del colesterol y riesgo cardiovascular.

En la siguiente tabla se muestran algunos ejemplos de los decibeles que generan diferentes fuentes de sonido.

**Tabla IV. 13. Decibeles por fuentes de sonido en la ciudad**

Fuentes de sonido	Decibeles
<b>Umbral de audición</b>	<b>0</b>
Rumor de las hojas en el campo al aire libre	20
Murmullo, oleaje suave en la costa	30
Tráfico ligero, conversación normal	50
Tráfico intenso de la ciudad	70
Aspiradora funcionando, maquinaria de una fábrica trabajando	90
Explosión de petardos o cohetes empleados en la pirotecnia	110
<b>Umbral del dolor</b>	<b>120</b>
Martillo neumático de aire	130
Avión de reacción durante el despegue	150
Motor de cohete espacial durante el despegue	180

Fuente: [www.aqstica.com](http://www.aqstica.com).

El "umbral de audición" representa la cantidad mínima de sonido o vibraciones por segundo requeridas para que el sonido lo pueda percibir el oído humano. Un sonido de 70 dB produce efectos psicológicos negativos en tareas que requieren concentración y atención, mientras que entre los 80 y 90 dB pueden ocasionar reacciones de estrés, cansancio y alteración de sueño. Peor aún, los ruidos entre 100 y 110 dB denominado, el "umbral tóxico" (Fuente: [www.aqstica.com](http://www.aqstica.com)), pueden llegar a ocasionar lesiones del oído

medio. Los ruidos superiores a los 120 dB ya entran en el denominado "umbral del dolor" es decir, son ruidos insoportables que provocan sensación de dolor en el oído.

Ahora bien, considerando que en el SAR la actividad agrícola es otra fuente importante de generación de ruido, en la siguiente tabla se presentan los niveles típicos de ruido en el campo, y por lo tanto son los niveles a los que puede estar sujeto el SAR.

**Tabla IV. 14. Tiempo de exposición tolerable al ruido por las actividades agrícolas.**

<b>Operación agrícola</b>	<b>Nivel de ruido típico</b>	<b>Tiempo máximo de exposición antes de que ocurra un daño</b>
Campo tranquilo	35	No limite
Tractor	80	No
Tractor con cabina – trabajando	85	8 hrs.
Motosierra - ralentí	90	3 hrs.
Galpón de esquila	90	3 hrs.
encabezamiento	95	1 hr.
Sinfín de grano	95	1 hr.
Amoladora angular	95	1 hr.
motocicleta	95	1 hr.
Tractor sin cabina – trabajando	100	15 min.
Cerdo derramada en la hora de comer	105	6-7 min.
Motosierra	120	15 seg
Escopeta	140 +	Daño instantáneo

**Fuente:** HSE Health and Safety Executive (2015).

## **IV.4.7. Paisaje**

### **IV.4.7.1. Definición de paisaje**

El paisaje se describe como todo aquello que forma un conjunto de elementos visuales sobre el horizonte. Se conforma por un conjunto de elementos de tipo fisiográficos o naturales, antrópicos o artificial, sociales o culturales que al ser delimitados por el observador configuran una escena en armonía, con un orden y un significado.

Los paisajes pueden ser dinámicos o estáticos dependiendo de la temporalidad y ubicación geográfica en donde se encuentre.

#### **IV.4.7.2. Unidades de paisaje en el SAR**

Dentro del SAR podemos identificar dos tipos de paisajes: el natural y el antrópico.

Con la finalidad de determinar la superficie correspondiente de paisajes naturales y antrópicos, se retoma del medio biótico los cálculos de las superficies para cada uno de los tipos de vegetación y usos de suelo según el INEGI (Serie V, 2012). U segundo procedimiento para estimar el tipo de cobertura vegetal fue el procesamiento de imágenes de satélite Landsat 8 OLI (2016).

#### **IV.4.7.3. Paisajes naturales**

Los paisajes naturales están definidos por el tipo de ecosistema. A escala del SAR, el análisis de cobertura vegetal con base a la cartografía del INEGI (2012), permitió estimar que dentro de los paisajes naturales se encuentra la vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia (57.54% del SAR), la vegetación secundaria de selva baja caducifolia (7.33% del SAR) y la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia (4.56% del SAR). En total la superficie del SAR con paisajes naturales (con base a INEGI, 2012), representa el 69.43%.

En la siguiente figura, se muestra al fondo el paisaje natural de selva.



**Figura IV.22. Al fondo, Paisaje natural en Ticul.**

Ahora bien, de acuerdo con el procesamiento de imágenes de satélite Landsat 8 OLI (2016), se estimó una superficie de 63.54% de cobertura natural (Ver siguiente figura).

#### **IV.4.7.4. Paisajes antrópicos**

Este tipo de paisaje es el resultado de la intervención del hombre sobre el paisaje natural. Las unidades de paisaje antrópico reconocidos en el SAR son el urbano que incluye las viviendas, el equipamiento y la infraestructura, otro tipo de paisaje antrópico es el agrícola y áreas sin vegetación por la acción antrópica. A escala del SAR y de acuerdo con el INEGI (2012), el porcentaje que representa el paisaje antrópico es del 30.57%.



**Figura IV.23. Elementos del paisaje antrópico en Ticul.**

Si consideramos la superficie estimada según el procesamiento de la imagen de satélite Landsat 8 OLI (2016), el porcentaje sin vegetación por la intervención humana es del 36.46%.

La siguiente figura es el resultado del procesamiento de la imagen de satélite Landsat 8 OLI (2016).



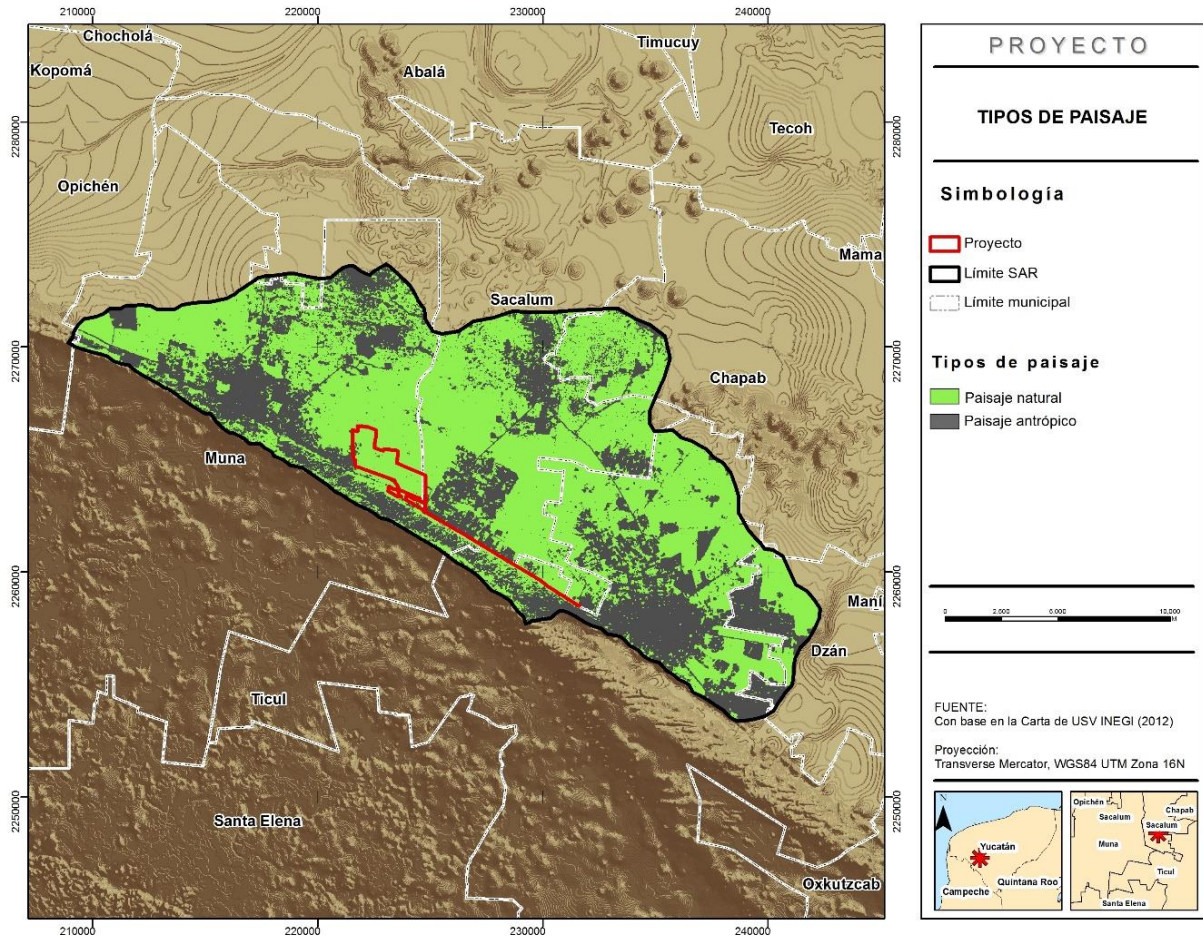


Figura IV.24. Unidades de Paisaje en el SAR.

#### IV.4.7.5. Paisajes a escala del predio del proyecto

A escala del predio, se retoma del medio biótico los resultados del procesamiento de la imagen de satélite Landsat 8 OLI (2016) con la sobreposición de los usos de suelo y vegetación del INEGI (2012). El resultado de dicho procesamiento fue la siguiente imagen.

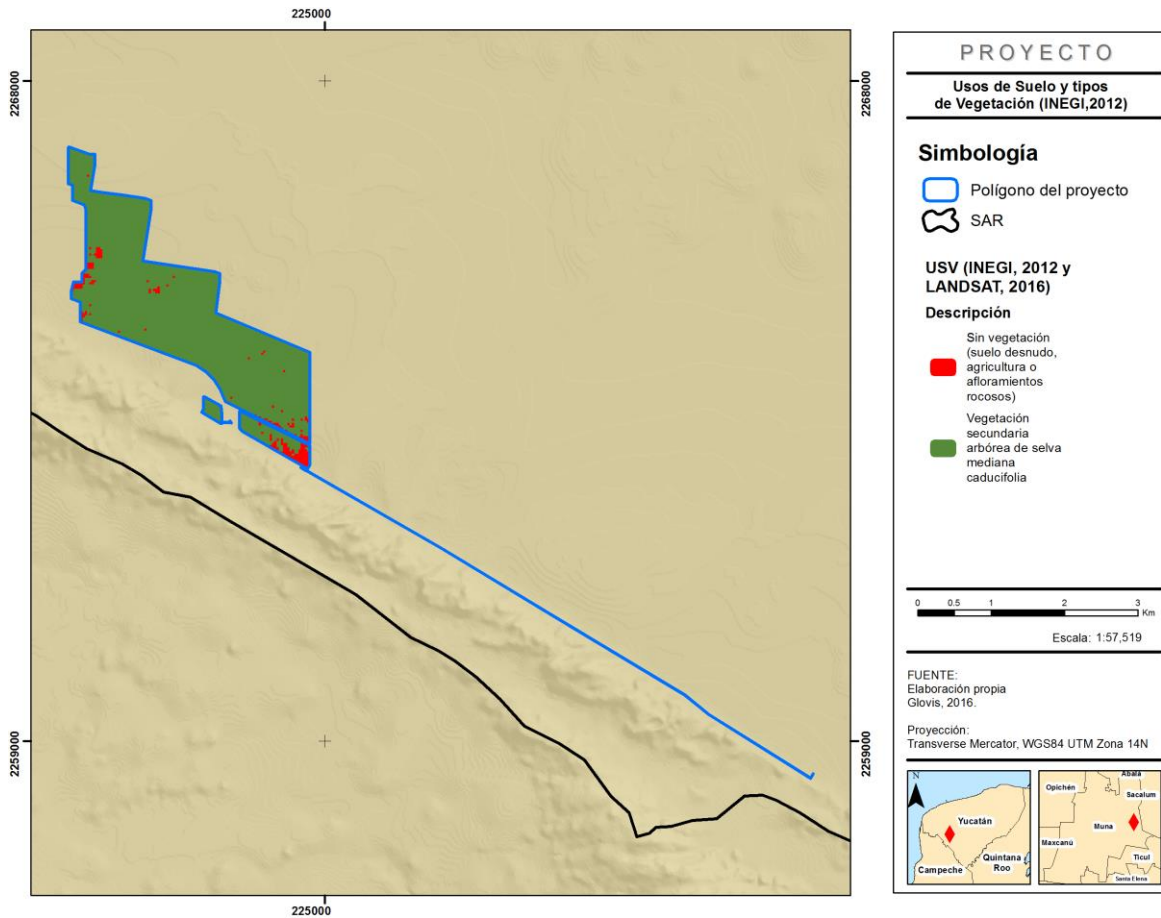


Figura IV.25. Mapa actualizado de los USV polígono del proyecto.

El análisis de las imágenes de satélite más el trabajo de campo indicaron que el 95.61 % de la superficie corresponde a áreas con vegetación secundaria de selva mediana caducifolia. Esta superficie es la que representa el paisaje natural a nivel del predio. El 4.39 % corresponde a áreas sin vegetación (suelo desnudo, agricultura o afloramientos rocosos).

Por lo anterior, el 95.61% del polígono del proyecto corresponde a paisaje natural y 4.39% corresponde a paisaje antrópico.

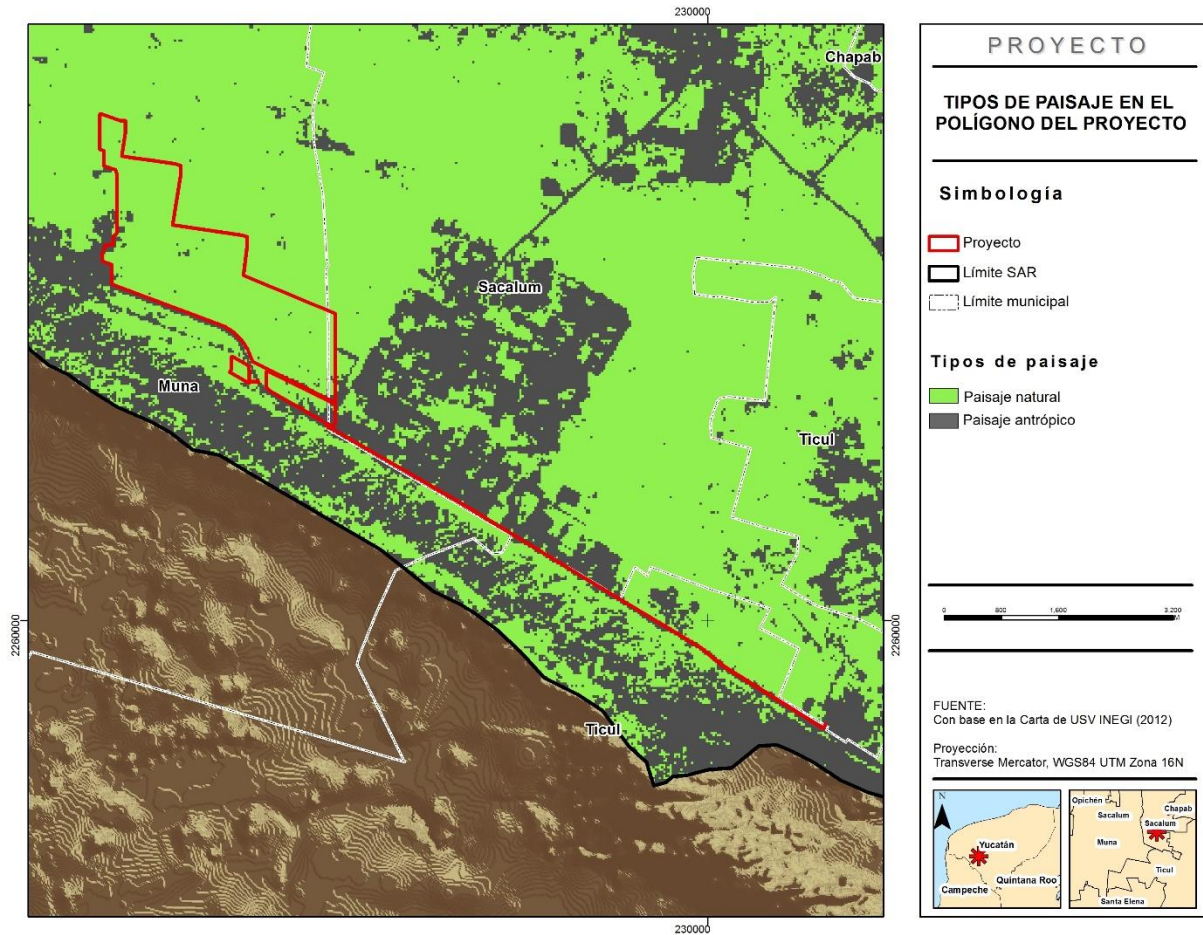


Figura IV.26. Tipos de paisaje en el polígono del proyecto.

#### IV.5. Caracterización del Medio Biótico

Para el desarrollo de este apartado se consultaron diversas fuentes bibliográficas, así como bases de datos especializadas en biodiversidad (Unidad de Informática para la Biodiversidad (UNIBIO), Naturalista y Global Biodiversity Information Facility (GBIF), con la finalidad de demostrar la estructura, el funcionamiento y el grado de conservación del SAR y del área del proyecto, así como las especies de flora y fauna, que pudieran ser más susceptibles de ser afectadas.

Dicho lo anterior, también se realizó trabajo de campo, el cual nos permite complementar o validar la información bibliográfica para el proyecto y así obtener un mejor diagnóstico ambiental.

#### **IV.6. Áreas de importancia para la biodiversidad**

El objetivo de este apartado es la identificación de regiones con alta biodiversidad, las cuales se basan en sus características físicas y bióticas para su conservación debido a la crisis ambiental que enfrenta el país (cambio de uso de suelo, deforestación, degradación ambiental, y cambio climático global entre otros factores) de acuerdo con la CONABIO (2010).

Como se muestra en la siguiente figura, la superficie del proyecto así como el SAR, se encuentran fuera de las áreas consideradas como prioritarias para su conservación (Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP), Regiones Marinas Prioritarias (RMP) y Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICA)).

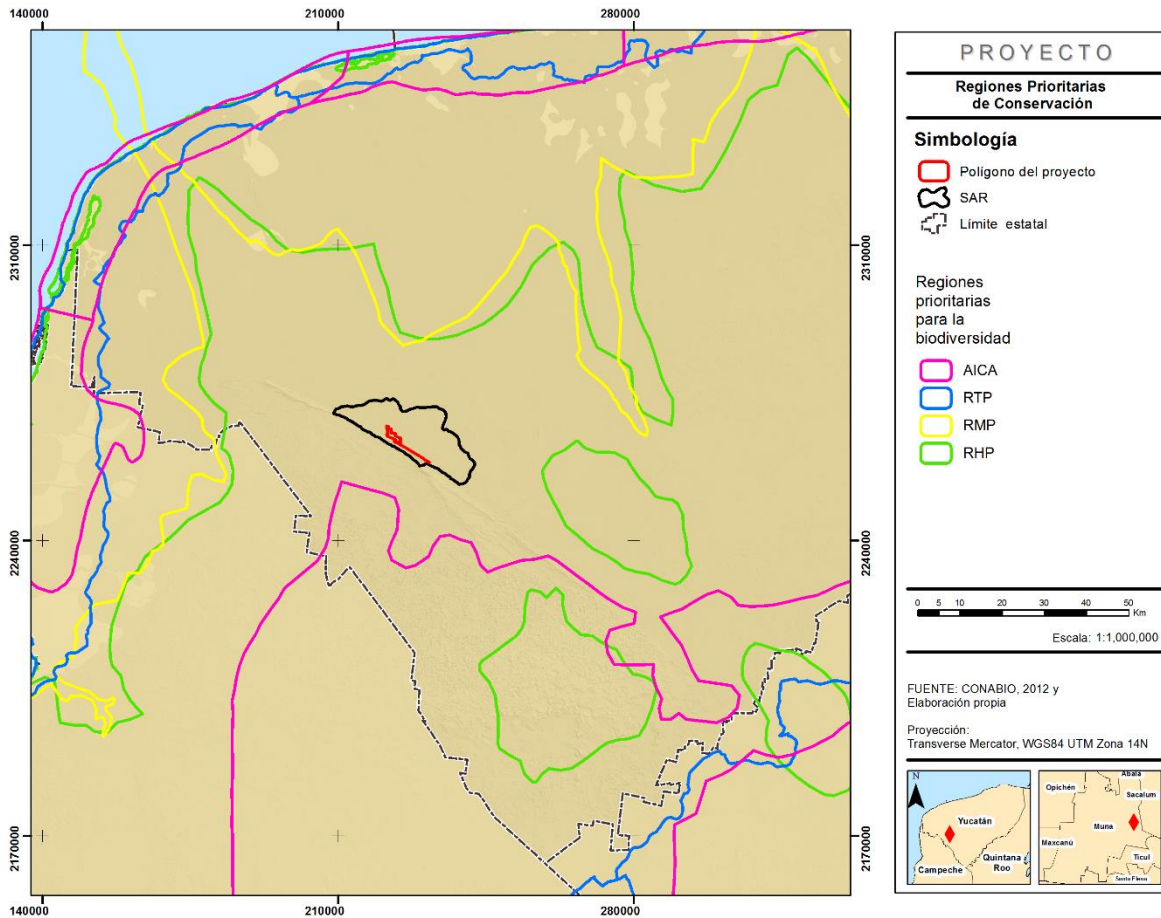


Figura IV.27. Ubicación espacial de las regiones terrestres prioritarias.

Una vez evidenciado esto, se descarta que el proyecto pueda influir de manera negativa en estas áreas de importancia para la conservación de la biodiversidad.

#### IV.7. Vegetación

Para describir los tipos de vegetación en el SAR y en el polígono del proyecto, se consultaron los archivos vectoriales de los Usos de Suelo y los Tipos de Vegetación (USV) de INEGI.

#### IV.7.1. Usos de suelo y tipos de vegetación en el SAR

Según INEGI y su serie V (2012), los usos de suelo y vegetación<sup>1</sup> (USV) que se registran en el SAR es de un total de 4 usos de suelo y 3 tipos de vegetación (ver siguiente tabla). Como información complementaria de los usos de suelo y tipos de vegetación se incluye la categoría de "desprovisto de vegetación".

Tabla IV. 15. Usos de suelo y tipos de vegetación en el SAR

Usos de suelo y tipos de vegetación	Superficie	
	ha	%
Agricultura	6680.96	22.54
Asentamientos humanos	33.93	0.11
Desprovisto de vegetación	206.08	0.70
Pastizal cultivado	941.91	3.18
Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	2172.92	7.33
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia	17055.31	57.54
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia	1353.05	4.56
Zona urbana	1198.25	4.04
Total general	29642.41	100

Los datos obtenidos de los usos de suelo y tipos de vegetación indican que la superficie dominante en el SAR es la vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia, la cual representa el 57.54%, la agricultura, que es un uso de suelo, es la segunda categoría dominante y representa un 22.54%, por último tenemos como superficie dominante en el SAR a la Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia (7.33%). En la siguiente

---

<sup>1</sup> La cartografía de uso de suelo y vegetación de INEGI incluye información completaría que no es parte de la cobertura vegetal, ni de las áreas manejadas pero que incide sobre ellas (zonas urbanas, cuerpos de agua, áreas desprovistas de vegetación, asentamientos humanos, país extranjero).

figura se muestra la distribución de los usos de suelo, así como los tipos de vegetación en el SAR.

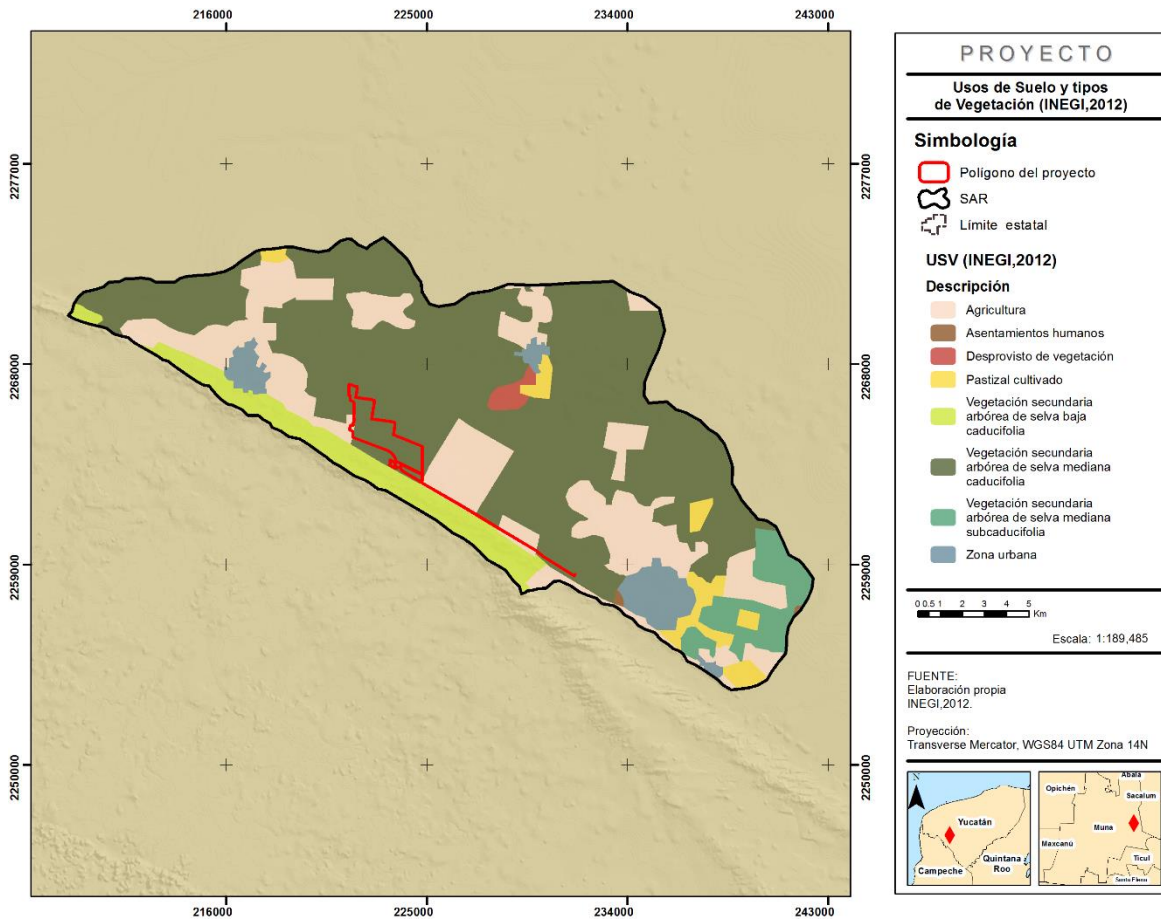


Figura IV.28. Usos de suelo y tipos de vegetación en el SAR.

Al ver la figura anterior podemos evidenciar como el crecimiento de las zonas urbanas y la agricultura ha modificado la distribución y representatividad de vegetación en el SAR.

#### IV.7.2. Usos de suelo y tipos de vegetación en el polígono del proyecto

La carta de usos de suelo y tipos de vegetación en el polígono del proyecto, lo localiza en uso de suelo de agricultura y en vegetación secundaria arbórea de selva mediana

caducifolia. El 97.82% de la superficie del polígono del proyecto es vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia, seguida de 2.18% de áreas de agricultura (ver siguiente tabla).

**Tabla IV. 16. Usos de suelo y tipos de vegetación en el polígono del proyecto.**

Usos de suelo y tipos de vegetación	Superficie	
	ha	%
Agricultura	10.92	2.18
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia	489.30	97.82
<b>Total</b>	<b>500.23</b>	<b>100</b>

En la siguiente figura se muestra la distribución espacial de los tipos de vegetación y el uso de suelo registrado para el polígono del proyecto. Como es evidente la vegetación domina en el área del proyecto, sin embargo la vegetación es considerada como secundaria de acuerdo con INEGI, lo que significa que la vegetación ha sido eliminada o perturbada a un grado que ha sido modificada sustancialmente, por lo que el proyecto no se encuentra ubicado en un sitio conservado o donde no exista actividad antrópica.



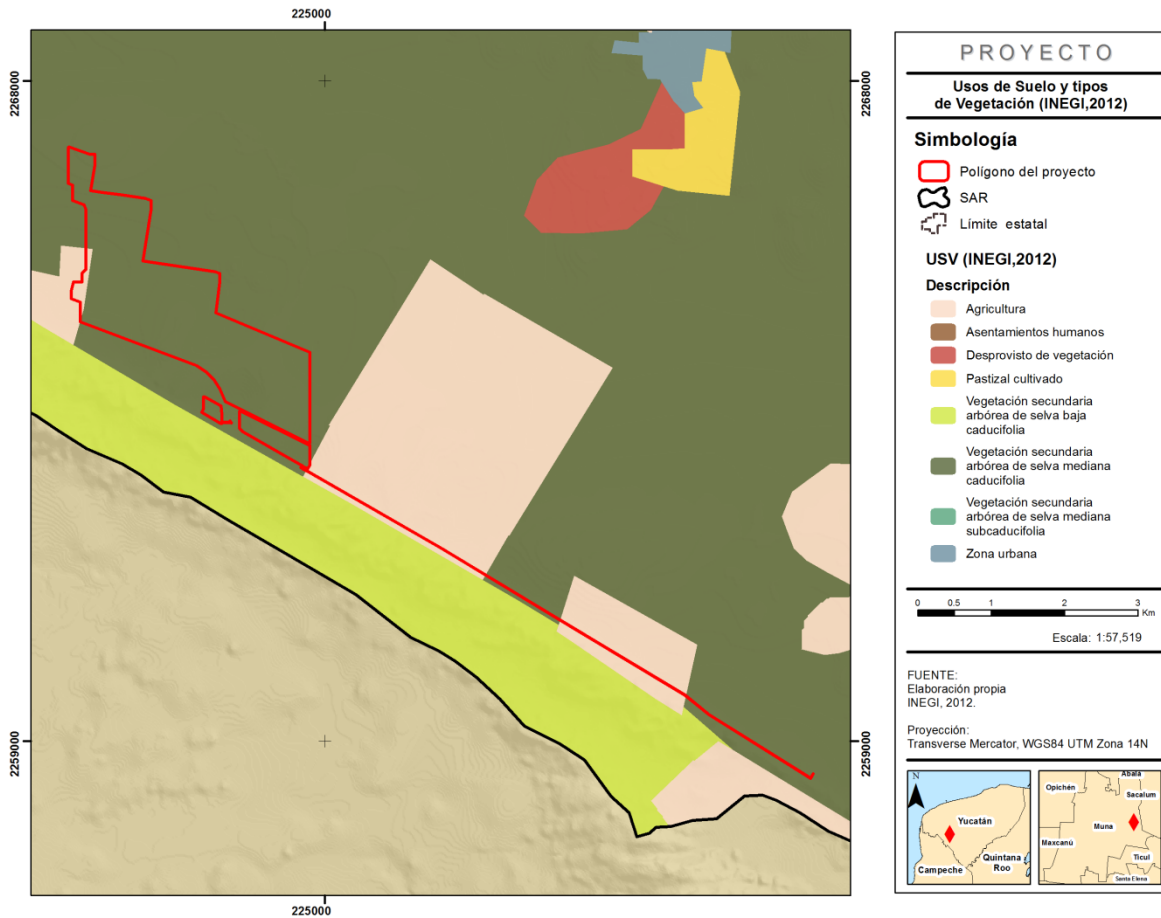


Figura IV.29. Usos de suelo y tipos de vegetación en el polígono del proyecto.

### IV.7.3. Análisis espacial de la cobertura vegetal en el polígono del proyecto utilizando la técnica de clasificación supervisada

Este análisis se empleó para definir áreas de identidad conocida (vegetación, agricultura, infraestructura, suelo desnudo entre otros) de la cubierta terrestre en el SAR, como en el polígono del proyecto.

Para generar este análisis se empleó una imagen satelital landsat 8 OLI, de febrero del 2016, en la cual se definieron los valores de los píxel para cada una de las categorías o

clases (vegetación, agricultura, suelo desnudo e infraestructura), una vez realizado este paso se obtuvo un archivo con las clases, el cual posteriormente y mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG) se reclasificó en dicha imagen de satélite, para obtener el mapa de la cobertura forestal y áreas de no cobertura forestal (agricultura, infraestructura, caminos y suelo desnudo) (ver siguiente figura).

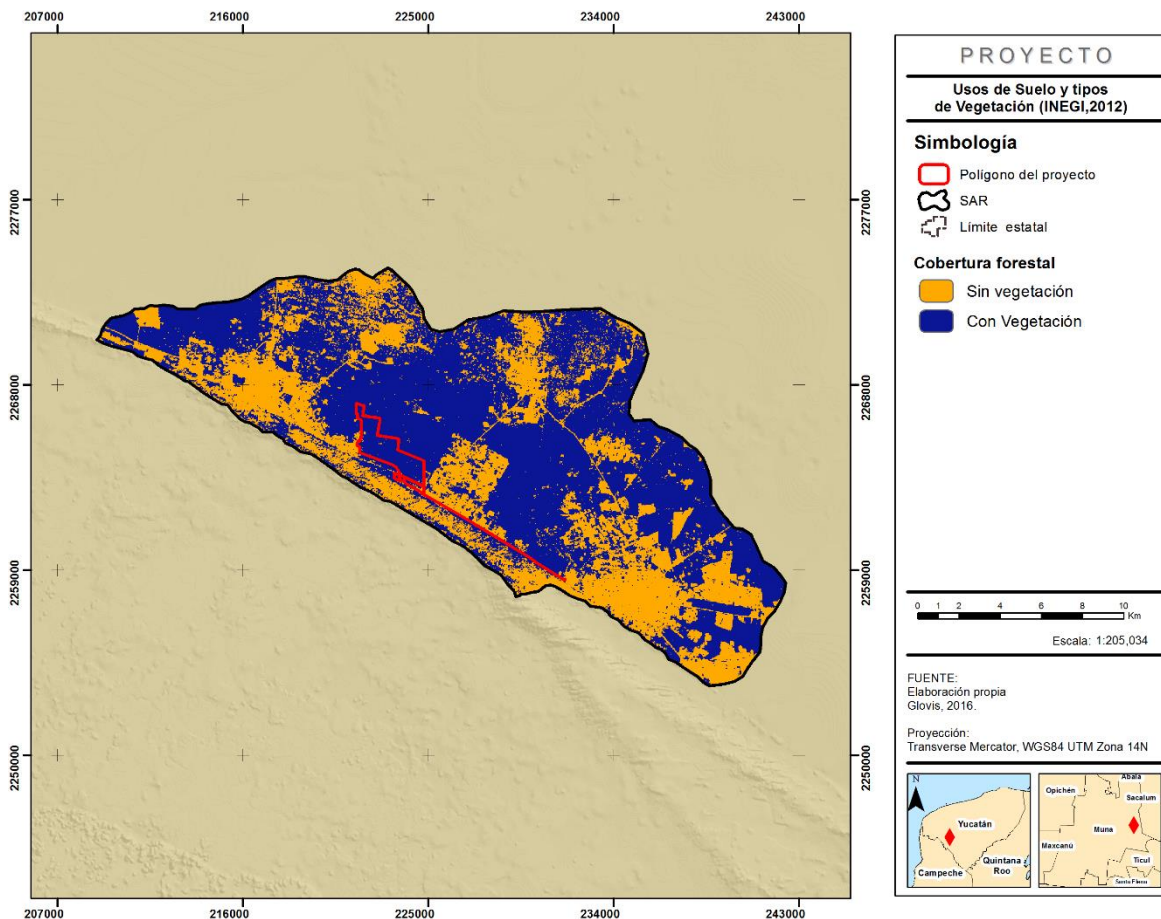


Figura IV.30. Cobertura forestal y no forestal en el SAR.

Al analizar la superficie de cobertura de vegetación natural en el SAR, esta constituye solo el 63.54%, en cuanto a la superficie sin vegetación (infraestructura, suelo desnudo, caminos y áreas de agricultura) esta representa solo 36.46% (ver siguiente tabla). Como se

muestra en la imagen anterior el desarrollo antropogénico tiene una fuerte influencia en el SAR, lo cual influye directamente en el estado de la vegetación, así como en la riqueza y abundancia de especies de flora y fauna.

**Tabla IV. 17. Cobertura forestal y no forestal en el SAR.**

Clases	Superficie	
	ha	%
Sin vegetación	10806.75	36.46
Con vegetación	18834.93	63.54
<b>Total general</b>	<b>29641.68</b>	<b>100</b>

En cuanto a la cobertura forestal y no forestal en el polígono del proyecto de acuerdo con su distribución espacial (ver siguiente figura), este presenta en su mayoría superficie con cobertura forestal (vegetación). La superficie que se muestra sin vegetación incluye caminos, áreas de agricultura y suelo desnudo, lo cual estará sujeto a validación de acuerdo con el trabajo de campo realizado.

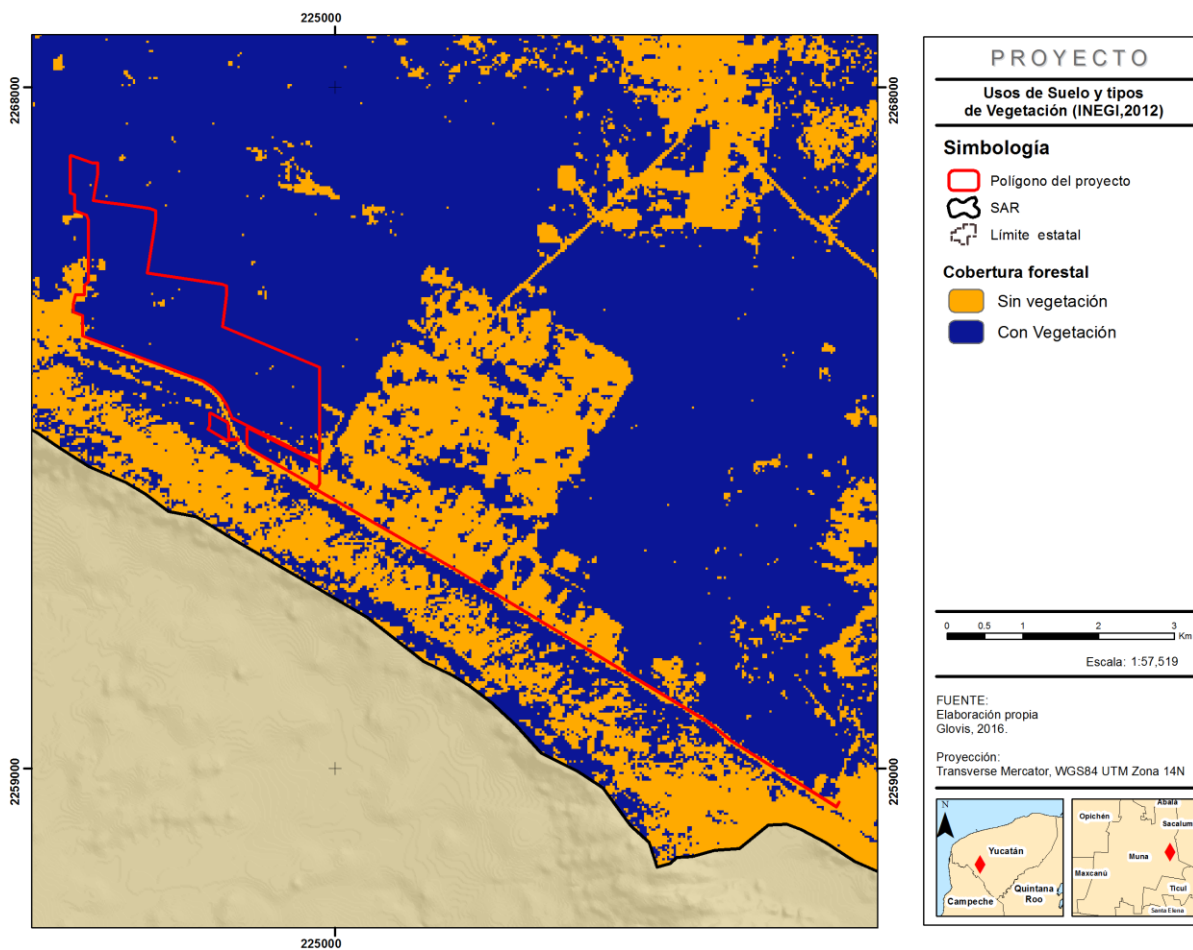


Figura IV.31. Cobertura forestal y no forestal en el polígono del proyecto.

La superficie obtenida de este análisis indica que el 95.61% del polígono del proyecto es vegetación y el restante 4.39% es superficie sin vegetación (ver siguiente tabla).

Tabla IV. 18. Cobertura de la vegetación en el polígono del proyecto.

Clases	Superficie	
	Ha	%
Sin vegetación	21.95	4.39
Con vegetación	478.28	95.61
<b>Total general</b>	<b>500.23</b>	<b>100</b>

Al comparar los resultados en el polígono del proyecto, obtenidos de INEGI y la clasificación supervisada, la principal diferencia es el detalle de los elementos representados, así como la falta de actualización de la información (INEGI, 2012 y Análisis de la cobertura forestal imagen Landsat febrero, 2016), lo cual también genera un diferencia en cuanto a las superficies correspondientes a los usos de suelo y tipos de vegetación actuales (ver figura y tabla).

**Tabla IV. 19. Comparación de la superficie de la vegetación en el área del proyecto.**

Vegetación	Imagen landsat (Febrero, 2016)		INEGI, Serie V (2012)	
	Superficie		Superficie	
	ha	%	ha	%
Sin vegetación	21.95	4.39	10.92	2.18
Con vegetación	478.28	95.61	489.30	97.82
<b>Total general</b>	<b>500.23</b>	<b>100</b>	<b>500.23</b>	<b>100</b>

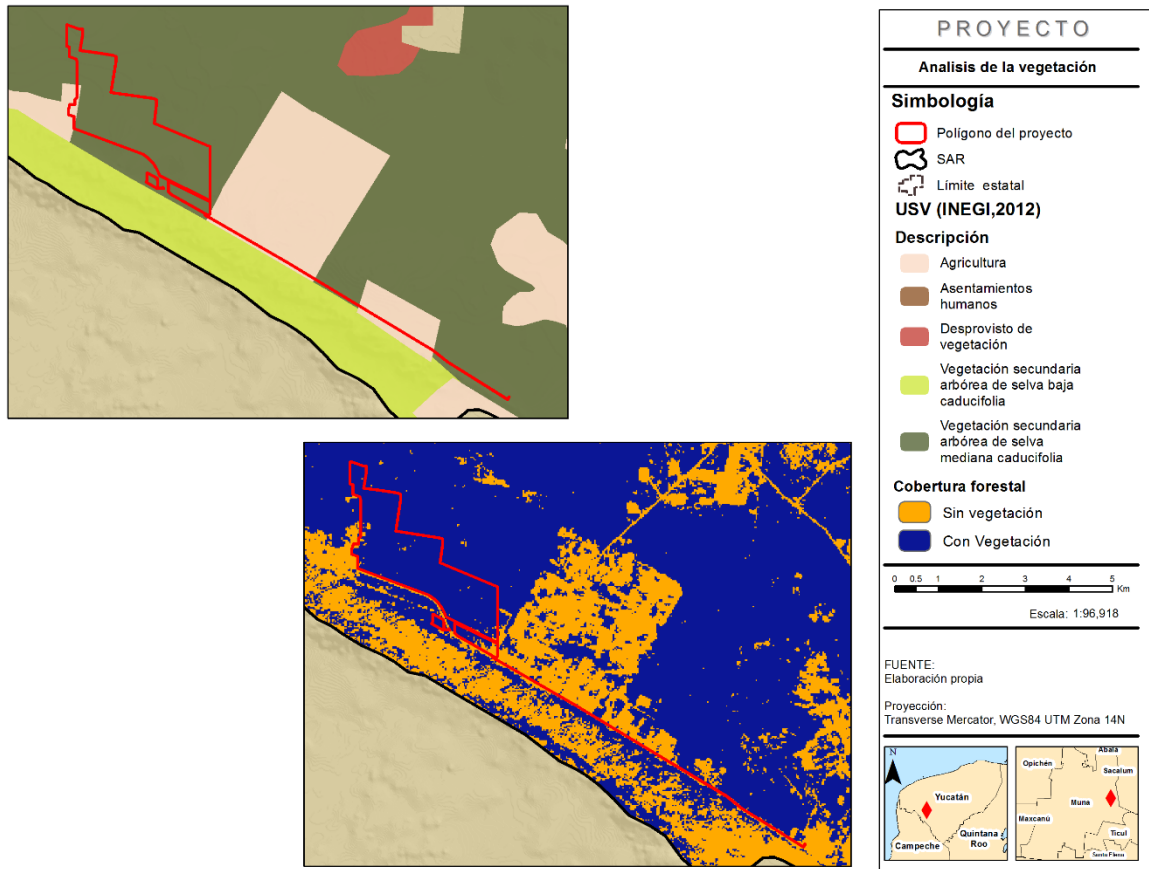


Figura IV.32. Comparación de la vegetación en el polígono del proyecto.

Debido a esto se combinaron los dos archivos generados (INEGI, 2012 y Cobertura forestal 2016) para obtener un mapa actualizado con los tipos y cobertura de las vegetación actual en el área del proyecto (ver siguiente figura).

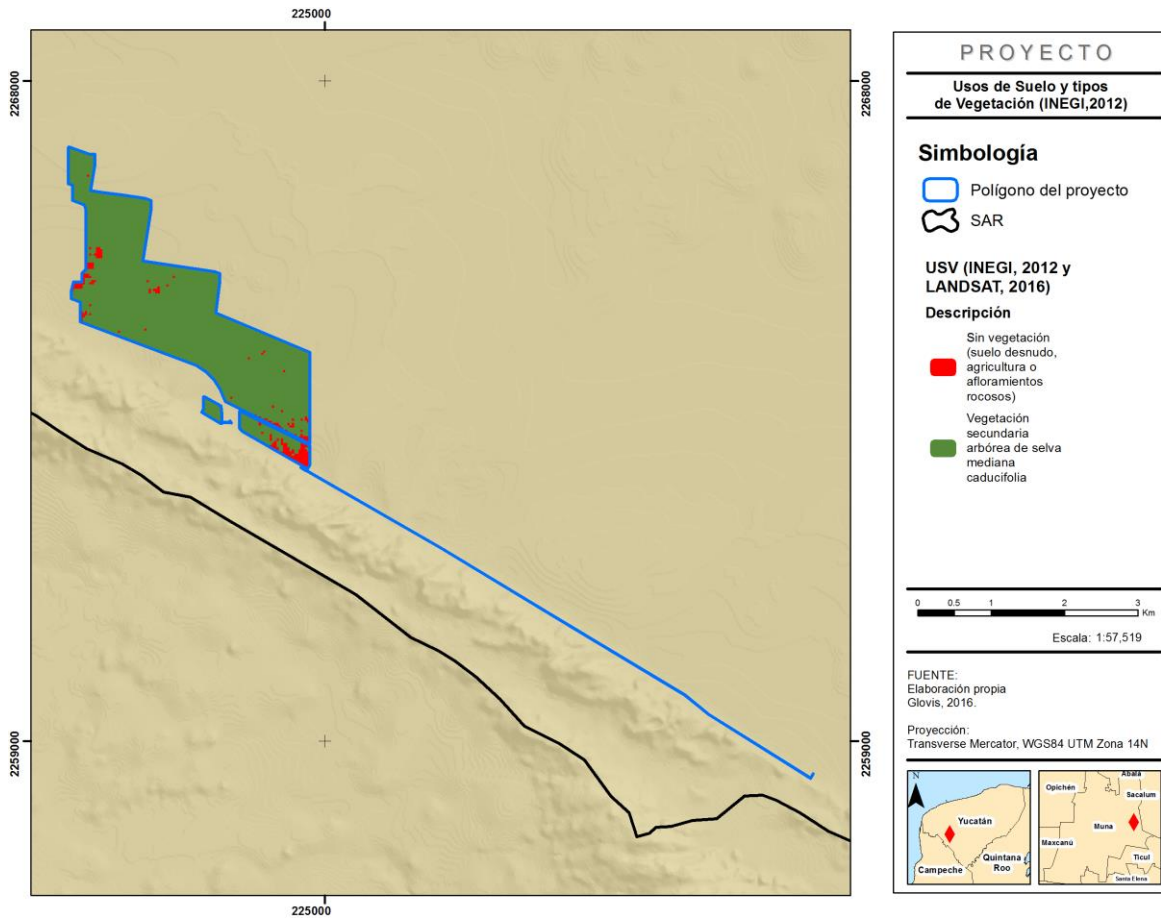


Figura IV.33. Mapa actualizado de los USV polígono del proyecto.

De acuerdo con la imagen anterior al combinar la información de los USV de INEGI y el mapa de cobertura de vegetación mediante clasificación supervisada, se obtuvo información actualizada de la cobertura y tipo de vegetación, así como de los elementos actuales con un mejor detalle que lo proporcionado por INEGI. En cuanto a las proporciones, en la superficie del área del proyecto, la vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia sigue siendo la dominante con el 95.61 %, seguida de la categoría sin vegetación 4.39 %.

**Tabla IV. 20. Usos de suelo y tipos de vegetación en el área del proyecto de acuerdo con INEGI y la imagen Landsat 8 OLI de febrero del 2016.**

Usos de Suelo y Tipos de Vegetación	Superficie	
	ha	%
Sin vegetación (suelo desnudo, agricultura o afloramientos rocosos)	21.95	4.39
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia	478.28	95.61
<b>Total general</b>	<b>500.23</b>	<b>100</b>

#### **IV.7.4. Revisión bibliográfica y de bases de datos de la flora presente en el SAR**

La revisión de bases de datos de flora en el SAR, registraron un total de dos clases (Liliopsida y Magnoliopsida). La clase con el mayor número de registros es Magnoliopsida, seguida de Liliopsida (ver siguiente figura). La base de datos de los registros de flora en el SAR se anexa en el capítulo IX de este DTU.

Los datos de estas dos clases en el SAR, dan un total de 329 registros, de los cuales 44 pertenecen a la clase liliopsida y 285 a la clase magnoliopsida.

##### **IV.7.4.1. Clase liliopsida**

La clase liliopsida es conformada por cinco órdenes (*Alismatales*, *Arecales*, *Asparagales*, *Dioscoreales* y *Poales*), seis familias y 26 especies. Las especies mejor representadas para la clase Liliopsida son *Lasiacis ruscifolia* y *Dioscorea spiculiflora* (ver siguientes figuras). El listado de las especies registradas para esta clase, en el SAR puede consultarse en el capítulo IX de este DTU.





Figura IV.34. Especies mejor representadas bibliográficamente de la clase liliopsida en el SAR (Izquierda: *Lasiacis ruscifolia* y *Dioscorea spiculiflora*).

#### IV.7.4.2. Clase magnoliopsida

Esta clase en el SAR de acuerdo con los registros obtenidos, está conformada por 19 órdenes (Asterales, Boraginales, Caryophyllales, Cucurbitales, Dipsacales, Ericales, Fabales, Gentianales, Lamiales, Laurales, Magnoliales, Malpighiales, Malvales, Myrtales, Rosales, Sapindales, Solanales, Vitales y Zygophyllales), 39 familias y 139 especies. Entre las especies mejor representadas de acuerdo con los registros están: *Karwinskia humboldtiana* y *Acacia gaumeri* (ver siguiente figura). El listado de las especies registradas para esta clase, en el SAR, puede consultarse en el capítulo IX de este DTU.



Figura IV.35. Especies mejor representadas bibliográficamente de la clase magnoliopsida en el SAR (Izquierda: *Lasiacis ruscifolia* y *Dioscorea spiculiflora*).

#### IV.7.5. Especies registradas en el SAR en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Al analizar el listado bibliográfico de las especies registradas en el SAR, respecto a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Solo tres de las 145 especies de las dos clases, están bajo una categoría de riesgo (ver siguiente tabla). De dichas especies 2 pertenecen a la clase liliopsida (*Roystonea regia* y *Thrinax radiata*) y 1 a la clase magnoliopsida (*Cedrela odorata*).

Tabla IV. 21. Especies en categoría según la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Clase	Género y especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismos
Liliopsida	<i>Roystonea regia</i>	Palma botella	Pr	Nativa de México
Liliopsida	<i>Thrinax radiata</i>	Guano de costa	A	Nativa de México
Magnoliopsida	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	Pr	Nativa de México

- *Roystonea regia*

Palma botella (*Roystonea regia*) es una especie de uso ornamental en todo el mundo, pero también es aprovechada para construcción y alimentación. Es una especie nativa de México y se tienen referencias de que se distribuye en Florida, Belice, Bahamas, Puerto Rico, Cuba y Honduras.

Como se muestra en la siguiente figura esta especie está representada en otros estados de México, por lo que su distribución no se restringe al SAR.



Figura IV.36. Registros de *Roystonea regia* (Fuente:www.gbif.org).

- *Thrinax radiata*

El guano de costa (*Thrinax radiata*), está incluido en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de riesgo 'Amenazada'(A). Es una especie nativa de México por lo que su distribución no se restringe a este país. Es una especie muy aprovechada para la construcción por lo que su aprovechamiento desmedido y la destrucción de su hábitat han provocado que sea una especie en categoría de riesgo. Como se muestra en la siguiente figura esta especie se distribuye en centro y norte América, por lo que no es una especie exclusiva del SAR y se podría decir que está bien representada en la Península de Yucatán.



Figura IV.37. Registros de *Thrinax radiata* (Fuente:www.gbif.org).

- *Cedrela odorata*

El cedro (*Cedrela odorata*) es una especie de la zona intertropical americana. Es una especie nativa de México, y también se tienen registros en países como Brasil, el Caribe, Honduras, Venezuela, Colombia y Perú. Como se muestra en la siguiente figura esta especie, está ampliamente distribuida en varios estados de México, como Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Chiapas y Veracruz entre otros.



Figura IV.38. Registros de *Cedrela odorata* (Fuente:www.gbif.org).

#### IV.7.6. Trabajo de campo de flora en el SAR y en el polígono del proyecto.

Durante el periodo del 20 al 30 de abril, y del 24 al 25 de junio de 2016 se muestreo un total de 49 sitios, 27 fueron dirigidos al área del proyecto y 22 al SAR.

En la siguiente tabla **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se indican las coordenadas UTM, Datum WGS84, zona 16 N, el uso de suelo y vegetación que presentan de acuerdo con la clasificación de INEGI, en su cartografía, Serie V, así como el uso de suelo y vegetación determinado a partir de la información recabada en campo.

Tabla IV. 22. Sitios de muestreo proyecto; P= sitios en el área polígono del proyecto; SA= Sitios en el SAR.

Cuadrante	Coordenadas		AE <sup>2</sup> /SAR	USV (INEGI)	USV (Observado)	Estado	Municipio
	x	y					
P1	223353	2265176	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P2	222486	2266232	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna

<sup>2</sup> AE corresponde al polígono del proyecto.

Cuadrante	Coordenadas		AE <sup>2</sup> /SAR	USV (INEGI)	USV (Observado)	Estado	Municipio
	x	y					
P3	224201	2264051	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P4	223830	2263879	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P5	221658	2266774	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P6	221785	2265102	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P7	222821	2265249	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P8	222036	2266265	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P9	222242	2265555	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P10	223211	2264499	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P11	223631	2264307	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P12	223483	2263493	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P13	222479	2265058	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P14	222692	2264599	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P15	224685	2262786	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P16	224525	2262892	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P17	224275	2263031	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P18	224576	2263310	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P19	224401	2263530	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P20	224651	2263530	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P21	224151	2263670	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P22	224575	2263910	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P23	224174	2264295	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P24	223725	2264668	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P25	223442	2264717	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P26	221835	2264746	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
P27	223053	2264792	AE	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna

Cuadrante	Coordenadas		AE <sup>2</sup> /SAR	USV (INEGI)	USV (Observado)	Estado	Municipio
	x	y					
SA1	232946	2259302	SAR	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
SA2	232076	2259690	SAR	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
SA3	229276	2261267	SAR	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
SA4	230474	2261100	SAR	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
SA5	230948	2265882	SAR	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
SA6	231922	2266284	SAR	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
SA7	232323	2265491	SAR	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
SA8	232408	2264934	SAR	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
SA9	232575	2266210	SAR	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
SA10	229490	2262442	SAR	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
SA11	221850	2272172	SAR	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
SA12	224752	2270369	SAR	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
SA13	225936	2264898	SAR	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
SA14	227911	2265884	SAR	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
SA15	228695	2264544	SAR	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
SA16	229261	2267635	SAR	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
SA17	234032	2262997	SAR	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
SA18	235020	2269777	SAR	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
SA19	236420	2261286	SAR	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
SA20	236693	2265100	SAR	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
SA21	238127	2262910	SAR	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna
SA22	238217	2258726	SAR	VSA/SMC	VSA/SMC	Yucatán	Muna

En las siguientes figuras, se muestra la distribución de los sitios de muestreo tanto en el SAR como en el área del proyecto.

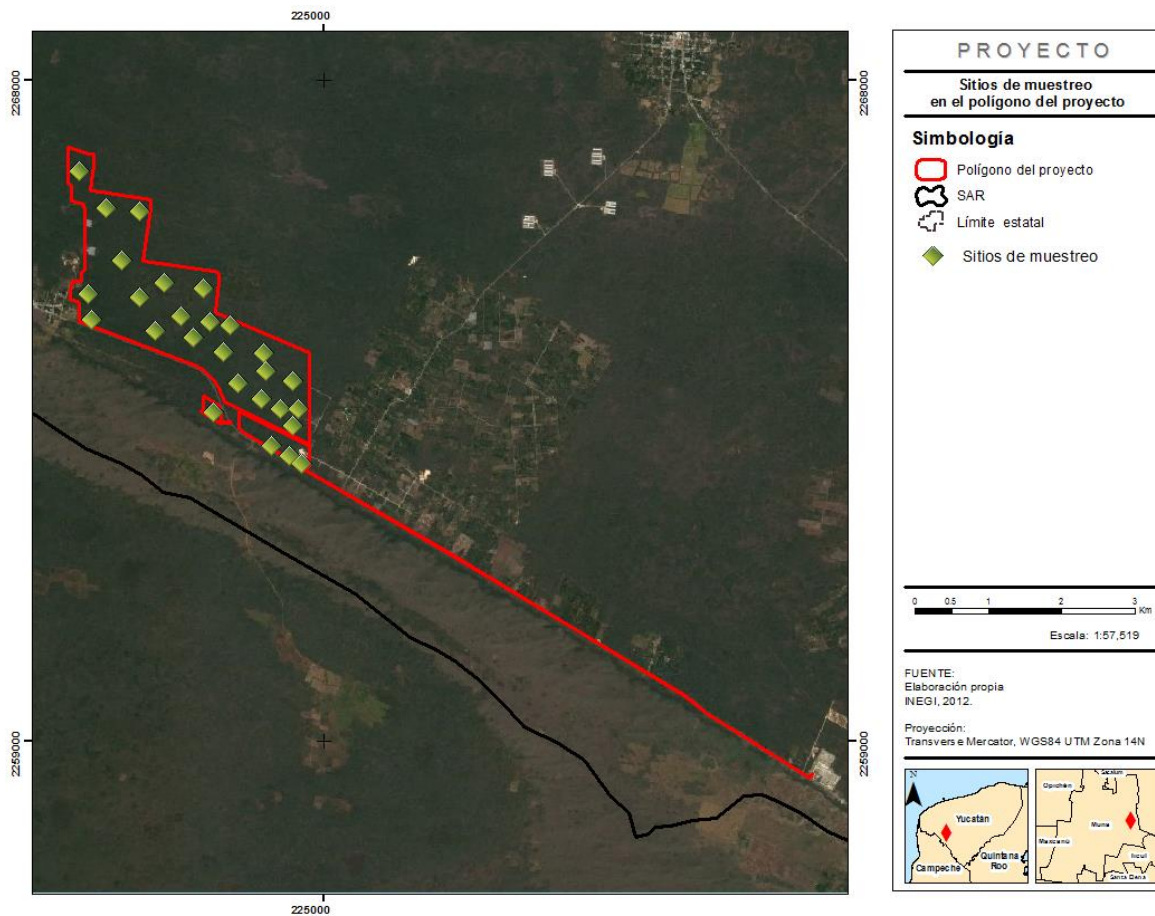


Figura IV.39. Distribución de los sitios de muestreo dentro del área del proyecto.



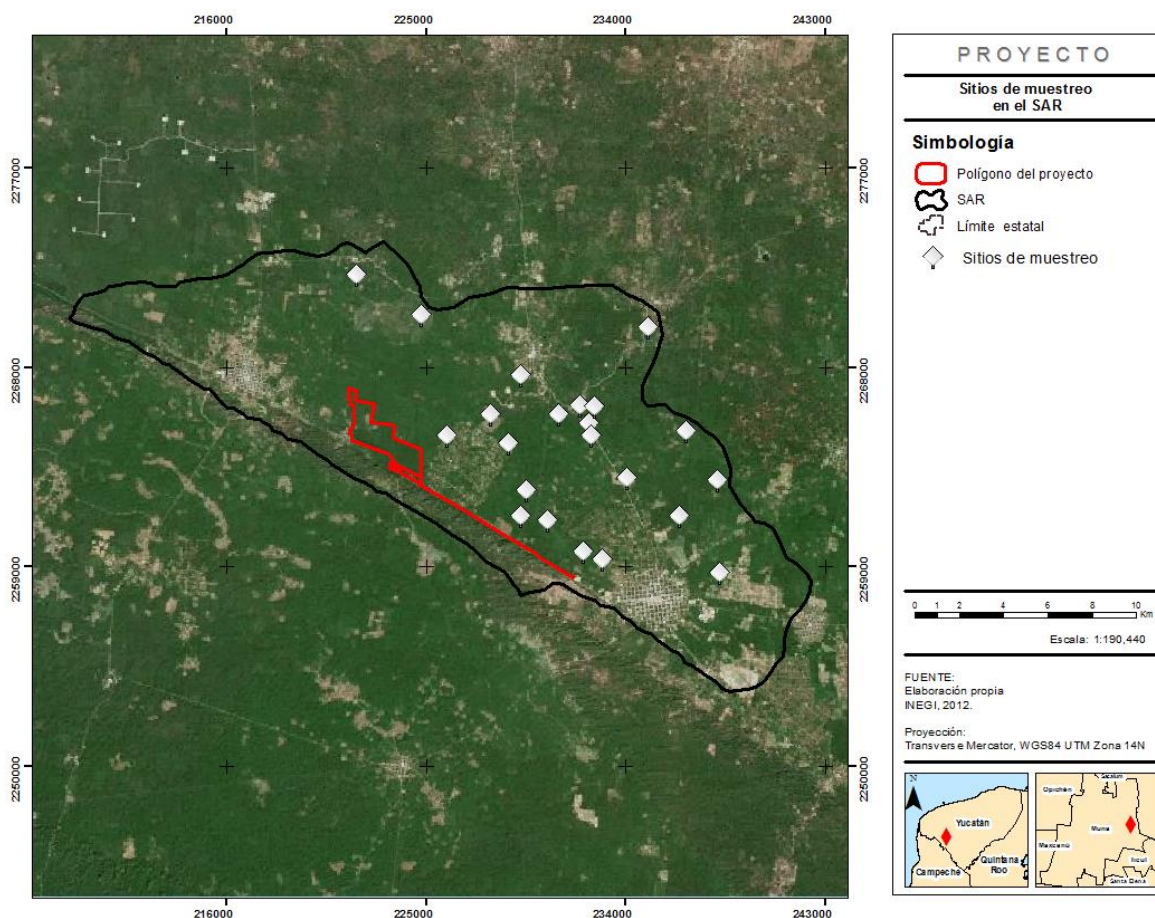


Figura IV.40. Distribución de los sitios de muestreo dentro del SAR.

A continuación, se presenta la tabla y figura de superficies derivada de la reclasificación de los usos de suelo observados en campo.

Tabla IV. 23. Tabla de superficies derivadas de las reclasificaciones de uso de suelo y vegetación presentes en el área del proyecto.

USV-INEGI	USV-Campo	Área m2	Área ha
Agricultura de riego permanente	Agricultura de riego permanente	42087	4.2087
	Sin vegetación	62177	6.2177
Agricultura de temporal anual y permanente	Sin vegetación	5014	0.5014
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia	Vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia	4782845	478.2845

	Sin vegetación	110204	11.0204
<b>Total</b>		<b>5002327</b>	<b>500.2327</b>

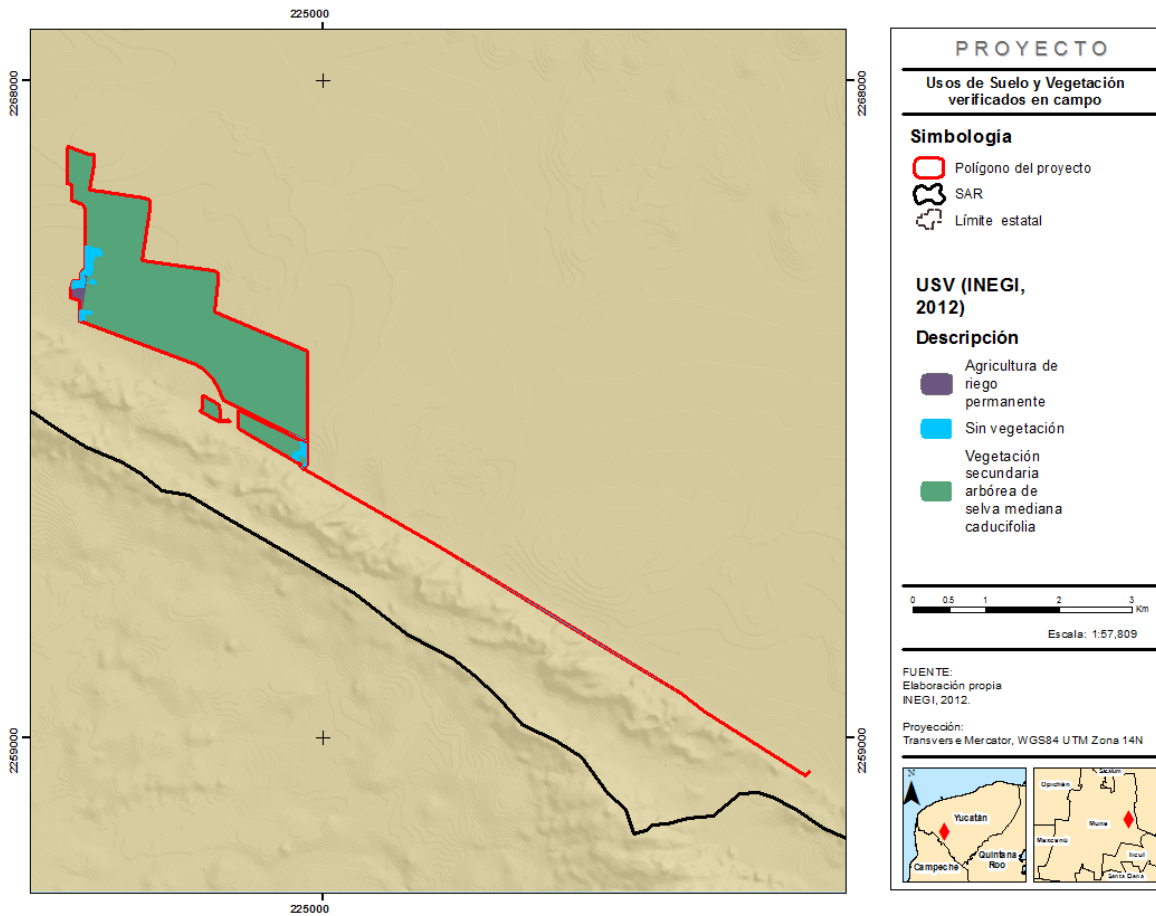


Figura IV.41. Uso de suelo y vegetación verificado en campo.

#### IV.7.6.1. Composición florística general

Como resultado del muestreo aplicado a las áreas contempladas para el proyecto y sumando los puntos establecidos en el sistema ambiental regional, se obtiene un listado de 90 especies, que conforman la base de datos. De las especies que conforman la base de

datos, 31 tuvieron registro exclusivo en el polígono del Proyecto, 43 se hacen presentes tanto en el área del proyecto y el SAR; en tanto 16 más exclusivas del SAR (ver siguiente tabla).

De las 90 especies colectadas, 57 fueron determinadas a nivel especie, familia o género, en tanto el resto, 33 especies, se presentan bajo la denominación de nombre común o como especie no identificada.

A continuación, se presenta tabla resumen de los estatus de cada especie hallada en el muestreo aplicado para la caracterización de la vegetación.

Tabla IV. 24. Listado florístico de especies registradas en el área del proyecto, Se presenta: Clase, Familia, Nombre científico y Nombre común, Forma de vida (FV): arbóreo (A), arbustivo (Ar), herbáceo (H), Epífita (Ep), suculenta (Su). SAR= Sistema Ambiental Regional, AE= área del proyecto.

Familia	Nombre Científico	FV	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	AE/SAR
ARECACEAE	<i>Sabal sp.</i>	Ar			SAR
BIGNONIACEAE	<i>Parmentiera millspaughiana</i> L.O. Williams	A, Ar	Kat ku'uk		AE/SAR
BORAGINACEAE	<i>Borreria pulchra</i> Millsp. ex Greenman	A, Ar	Bakal che'		AE/SAR
BORAGINACEAE	<i>Ehretia tinifolia</i> L.	A	Beek		AE
BURSERACEAE	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	A, Ar	Chaca		AE/SAR
CAPPARACEAE	<i>Crateva tapia</i> L.	A, Ar			AE
CELASTRACEAE	<i>Crossopetalum sp.</i>	Ar			AE
CELASTRACEAE	<i>Elaeodendron Sp.</i>	A	Chunoc		AE/SAR
CELASTRACEAE	<i>Wimmeria Sp.</i>	A, Ar			AE/SAR
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomoea sp.</i>	h			AE/SAR
DIOSCORACEAE	<i>Dioscorea floribunda</i> M. Martens	h			AE
EBENACEAE	<i>Diospyros anisandra</i> S.F. Blake.		K'ab che'		SAR
EBENACEAE	<i>Diospyros yatesiana</i> Standl.	A	Sac siliil		AE/SAR
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum sp.</i>	A			AE
EUPHORBIACEAE	<i>Croton arboreus</i> Millsp.	A, Ar	P'e 'esk'uuch		AE/SAR
EUPHORBIACEAE	<i>Croton fragilis</i> Kunth.	A			AE
EUPHORBIACEAE	<i>Croton reflexifolius</i> Kunth.	A	P'e'es' kúuch,		AE/SAR

Documento Técnico Unificado, modalidad B-Regional del Proyecto  
"Ticul A"

Familia	Nombre Científico	FV	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	AE/SAR
EUPHORBIACEAE	<i>Croton sp.</i>	A, Ar			AE/SAR
EUPHORBIACEAE	<i>Croton sp1</i>	A, Ar			AE
EUPHORBIACEAE	<i>Jatropha gaumeri</i> Greenm.	A, Ar	Pomol che'		AE/SAR
EUPHORBIACEAE	<i>Jatropha</i>	A, Ar			AE
EUPHORBIACEAE	<i>Sebastiania adenophora</i> Pax & K. Hoffm.	Ar			AE/SAR
FABACEAE	<i>Acacia gaumeri</i> Blake.	A	Kitim-che		AE/SAR
FABACEAE	<i>Acacia sp.</i>	A			SAR
FABACEAE	<i>Albizia tomentosa</i> (Micheli)Standl.	A			AE/SAR
FABACEAE	<i>Bauhinia divaricata</i> L.	A, Ar	Ts' ulub took'		AE/SAR
FABACEAE	<i>Bauhinia unguolata</i> L.	A, Ar	Chak ts' ulub took'		AE/SAR
FABACEAE	<i>Caesalpinia gaumeri</i> Greenm.	A	Kitim che'		SAR
FABACEAE	<i>Caesalpinia sp.</i>	A			AE
FABACEAE	<i>Caesalpinia yucatanensis</i> Greenm.	A	Taa k'in che'		AE/SAR
FABACEAE	<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose. var. <i>leucospermum</i> (Brandegee) Barneby & Grimes.	A	Ya' ax eek'		AE
FABACEAE	<i>Diphysa carthagenensis</i> Jacq.	A	Ts'u'ts'uk		AE/SAR
FABACEAE	<i>Fabaceae sp. 1</i>				SAR
FABACEAE	<i>Havardia albicans</i> (Kunth)Britton & Rose.	A	Chukum		AE/SAR
FABACEAE	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit. Ssp. <i>leucocephala</i>	A, Ar	Waaxim		AE/SAR
FABACEAE	<i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth.	A	k'anasín		AE

Documento Técnico Unificado, modalidad B-Regional del Proyecto  
"Ticul A"

Familia	Nombre Científico	FV	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	AE/SAR
FABACEAE	<i>Lonchocarpus sp.1</i>	A			AE/SAR
FABACEAE	<i>Lonchocarpus xuul</i> Lundell.	A	Xu'ul		AE/SAR
FABACEAE	<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth.	A	Tzalam		AE/SAR
FABACEAE	<i>Mimosa bahamensis</i> Benth.	A, Ar	Tzacatzim		AE/SAR
FABACEAE	<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	A, Ar	Jabin		AE/SAR
FABACEAE	<i>Pithecelobium lanceolatum</i> (Willd.) Benth	A			AE
FABACEAE	<i>Senna sp.</i>	A			AE/SAR
FABACEAE	<i>Vachellia cornigera</i> (L.) Seigler & Ebinger.	A, Ar	Cornezuelo		AE/SAR
FABACEAE	<i>Vachellia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Seigler & Ebinger ssp. pennatula	A	Chimay		AE/SAR
MALPIGHIACEAE	<i>Bunchosia sp.</i>				SAR
MALPIGHIACEAE	<i>Bunchosia swartziana</i> Griseb.		"Sip che'		AE
MALPIGHIACEAE	<i>Malpighia glabra</i> L.	Ar			AE
MALVACEAE	<i>Helicteres baruensis</i> Jacq.	Ar	Sutup		AE
MALVACEAE	<i>Sida acuta</i> Burm. f.	H			SAR
MYRTACEAE	<i>Eugenia sp.</i>				AE
MYRTACEAE	<i>Psidium sp.1</i>	Ar			AE
MYRTACEAE	<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg) Nied.				AE/SAR
NYCTAGINACEAE	<i>Pisonia aculeata</i> L.	Ar	Bee		AE/SAR
NYCTAGINACEAE	<i>Neea psychotrioides</i> Donn.Sm.	A, Ar			AE
PASSIFLORACEA	<i>Passiflora sp.</i>	h			AE
POACEAE	<i>Chloris sp..</i>	h	Rhodes		AE

Documento Técnico Unificado, modalidad B-Regional del Proyecto  
"Ticul A"

Familia	Nombre Científico	FV	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	AE/SAR
POACEAE	<i>Oplismenus sp.</i>	h			AE/SAR
POACEAE	<i>Setaris sp.</i>	h			AE/SAR
POACEAE	<i>Paspalum sp.</i>	h			AE
POLYGONACEAE	<i>Coccoloba barbadensis</i> Jacq.	A	Boob Ch'iich'		AE/SAR
POLYGONACEAE	<i>Gymnopodium floribundum</i> Rolfe.	A, Ar	Tzitzilche		AE/SAR
POLYGONACEAE	<i>Neomillspaughia emarginata</i> (Gross) S. F. Blake.	Ar	Tza-itza		AE/SAR
PRIMULACEAE	<i>Ardisia escallonioides</i> Schiede & Deppe ex Schltdl. & Cham.	A	Sak loob che'		AE/SAR
RHAMNACEAE	<i>Colubrina Sp.2</i>	A			AE/SAR
RHAMNACEAE	<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Roemer & Schultes) Zucc.	A	Lu`um´che		AE/SAR
RUBIACEAE	<i>Alseis yucatanensis</i> Standl.	A			AE
RUBIACEAE	<i>Guettarda elliptica</i> Sw.	A, Ar	Kakalche		AE/SAR
RUBIACEAE	<i>Machaonia lindeniana</i> Baill	A	K'uch'eel		AE/SAR
RUBIACEAE	<i>Psychotria sp.1</i>	Ar, h			SAR
RUBIACEAE	<i>Randia aculeata</i> L.	A, Ar	Puuts' che		AE/SAR
SALICACEAE	<i>Casearia sp.</i>	Ar			SAR
SALICACEAE	<i>Laetia thamnina</i> L.	Ar	Ix iim che'		SAR
SALICACEAE	<i>Samyda yucatanensis</i> Standl.	A	Zac-balam		AE
SALICACEAE	<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton & Millspaugh.	A	Ta´may		AE
SAPINDACEAE	<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.	h			SAR
SAPINDACEAE	<i>Thouinia paucidentata</i> Radlk.	A	k'an chuunup		AE/SAR

Documento Técnico Unificado, modalidad B-Regional del Proyecto  
 "Ticul A"

Familia	Nombre Científico	FV	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	AE/SAR
SIMAROUBACEAE	<i>Alvaradoa amorphoides</i> Liebm.	A	Chac-choben		AE
SOLANACEAE	<i>Solanum rudepannum</i> Dunal.	Ar			AE
TILIACEAE	<i>Tiliaceae sp.</i>	A			SAR
N- ID	Bosh-Che sp. 1	A			AE/SAR
N- ID	<i>Choben-che Sp.1</i>	A			AE
N- ID	<i>Chum'pe Sp.1</i>	A			SAR
N- ID	<i>Cuch-El Sp.1</i>	A			SAR
N- ID	NID sp.1	A			AE
N- ID	NID sp.2	A			SAR





#### **IV.7.6.2. Resultados del muestreo realizado en el SAR**

En este apartado se presentan los resultados y análisis de diversidad y estructura, de manera general en las áreas contempladas para el área del proyecto y el SAR; y se detallan cada uno de los estratos que conforman el uso de suelo y vegetación determinado en los sitios de muestreo, esto se realiza a partir de los resultados sobre composición, estructura vertical, estructura horizontal e indicadores de diversidad.

Los sitios de muestreo dentro del SAR, presentan una sucesión secundaria de tipo arbórea de Selva Mediana Caducifolia (VSA/SMC), este tipo de vegetación se analiza a través de sus estratos verticales como se detalla a continuación.

#### **IV.7.6.3. Vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia VSA/SMC**

Para poder analizar el comportamiento de las alturas y la cobertura presente en las distintas áreas que componen el proyecto, el plano vertical fue dividido en tres estratos; el arbóreo que contempla los elementos leñosos con alturas mayores a 6m y se agrega un segundo carácter, el diámetro  $DN > 5\text{cm}$ ; en tanto para el estrato arbustivo se incluye los elementos leñosos menores a 6m de altura con  $DN < 5\text{ cm}$ . Los elementos leñosos intermedias o limítrofes a estos parámetro, es decir los que no se ajustan al diámetro o altura para ser clasificados en alguna de estas categorías, se dio prioridad al DN para su clasificación, es decir cuando el  $DN > 5$  o  $= 5$ , se contempló en el estrato arbóreo, siempre y cuando cumpliera con los límites de 5m de altura, carácter que aún permite establecerlo dentro del estrato arbóreo; en tanto, para los árboles que en altura se ajustan, pero que el  $DN < 5\text{ cm}$ , se contempló como arbustivo, siempre y cuando no rebase los 6m de altura.

Para el estrato herbáceo, fue contabilizado en  $1\text{m}^2$ . Se tomaron todos los elementos menores a 1.30 m de altura en el que se engloba especies leñosas y no leñosas.

#### IV.7.6.4. Estructura vertical y horizontal

##### a) Promedios de área basal, altura y cobertura

El estrato arbóreo de este tipo de vegetación se presentó en un rango que va de los 5 a los 12 m de altura, y de los 5 a los 26.74 cm de DAP, así como de una cobertura de hasta 35.73 m<sup>2</sup>. El estrato arbustivo en un rango de altura de 1 a 5.5 m, y el herbáceo de 1 a 80 cm.

Tabla IV. 25. Parámetros de estructura para VSA/SMC.

Tipo de vegetación	Estrato	Parámetro	DAP (cm)	Área basal (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Cobertura (m <sup>2</sup> )
VSA/SMC	Arbóreo	Promedio	7.49	0.01225	7.34	7.489
		Máxima	26.74	1.4558	15.20	35.73
		Mínima	5	0.0019	5	0.00
	Arbustivo	Promedio	2.79	0.001565	3.89	1.8525
		Máxima	4.90	0.019	5.50	11.78
		Mínima	0.50	0.00049	1	0.0
	Herbáceo	Promedio	-	-	0.18	0.0196
		Máxima	-	-	0.80	0.5655
		Mínima	-	-	0.01	0.0001

##### b) Índice de valor de importancia (IVI)

###### Estrato arbóreo

Las especies mejor representadas en este estrato son las especies *Piscidia piscipula* (IVI=39.723), *Gymnopodium floribundum* (IVI=37.93) y *Havardia albicans* (IVI=28.08), mismas que presentaron los valores mayores de importancia con dominancia=área basal (ver siguiente tabla y figura).

**Tabla IV. 26. Índice de Valor de Importancia. Dominancia=Área basal. Estrato arbóreo de VSA/SMC.**

Especie	DENSIDAD RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA	DOMINANCIA RELATIVA	I.V.I.
<i>Piscidia piscipula.</i>	13.567493	8.372093	17.783496	39.723083
<i>Gymnopodium floribundum.</i>	20.247934	6.976744	10.706605	37.931283
<i>Havardia albicans</i>	7.162534	6.511628	14.413917	28.088080
<i>Bourreria pulchra</i>	6.129477	5.116279	6.709458	17.955214
<i>Bursera simaruba.</i>	2.961433	6.046512	8.084125	17.092070
<i>Randia aculeata.</i>	5.165289	5.581395	4.003815	14.750500
<i>Elaeodendron sp.</i>	4.269972	3.720930	6.170101	14.161004
<i>Lonchocarpus xuul</i>	6.129477	4.651163	0.224589	11.005228
<i>Psidium sartorianum</i>	3.443526	4.651163	2.710343	10.805032
<i>Acacia gaumeri.</i>	3.236915	3.720930	3.467591	10.425436
<i>Mimosa bahamensis</i>	2.754821	4.651163	1.752400	9.158384
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	3.168044	2.790698	3.025910	8.984652
<i>Coccoloba barbadensis</i>	2.134986	2.790698	2.734806	7.660490
<i>Jatropha gaumeri</i>	2.548209	1.395349	2.567761	6.511320
<i>Croton arboreus.</i>	2.272727	1.860465	1.947133	6.080326
<i>Neomillspaughia emarginata</i>	1.790634	3.255814	0.928209	5.974657
<i>Senna sp.</i>	0.964187	2.325581	1.118808	4.408577
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0.826446	1.860465	1.527460	4.214371
<i>Sebastiania adenophora</i>	1.377410	0.465116	1.721634	3.564161
<i>Diphysa carthagenensis</i>	0.964187	1.860465	0.691880	3.516532
<i>Lonchocarpus sp.1</i>	1.584022	1.860465	0.000000	3.444487
<i>Bauhinia unguolata</i>	0.757576	1.860465	0.737308	3.355349
<i>Diospyros yatesiana</i>	0.895317	1.395349	0.701339	2.992005
<i>Vachellia pennatula</i>	0.413223	1.395349	0.860895	2.669467
<i>Guettarda elliptica</i>	0.826446	1.395349	0.216021	2.437816

Documento Técnico Unificado, modalidad B-Regional del proyecto  
"Ticul A"

Espece	DENSIDAD RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA	DOMINANCIA RELATIVA	I.V.I.
<i>Leucaena leucocephala</i>	0.757576	0.930233	0.638037	2.325846
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	0.550964	0.465116	1.109847	2.125928
<i>Wimmeria sp</i>	0.275482	0.930233	0.327159	1.532874
<i>Fabaceae sp. 1</i>	0.275482	0.930233	0.188285	1.393999
<i>Psychotria sp.1</i>	0.344353	0.465116	0.555336	1.364805
<i>Machaonia lindeniana</i>	0.137741	0.465116	0.737308	1.340165
<i>Croton reflexifolius.</i>	0.137741	0.930233	0.110572	1.178546
<i>Casearia sp.</i>	0.137741	0.930233	0.085388	1.153361
<i>Thouinia paucidentata</i>	0.137741	0.930233	0.077492	1.145465
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.344353	0.465116	0.244305	1.053773
<i>Laetia thamnia</i>	0.206612	0.465116	0.247116	0.918843
<i>Ardisia escallonioides</i>	0.275482	0.465116	0.108872	0.849471
<i>Acacia sp.</i>	0.137741	0.465116	0.110151	0.713008
<i>Albizia tomentosa</i>	0.068871	0.465116	0.159656	0.693642
<i>Chum'pe sp.1</i>	0.068871	0.465116	0.133136	0.667123
<i>Tiliaceae sp.1</i>	0.068871	0.465116	0.077712	0.611699
<i>Bosh-che sp. 1</i>	0.068871	0.465116	0.077304	0.611291
<i>Colubrina sp.2</i>	0.068871	0.465116	0.053967	0.587954
<i>NID sp.2</i>	0.068871	0.465116	0.045678	0.579664
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	0.068871	0.465116	0.034539	0.568526
<i>Parmetiera millspaughiana</i>	0.068871	0.465116	0.024564	0.558551
<i>Pisonia aculeata</i>	0.068871	0.465116	0.023985	0.557972
<i>Croton sp.</i>	0.068871	0.465116	0.023985	0.557972

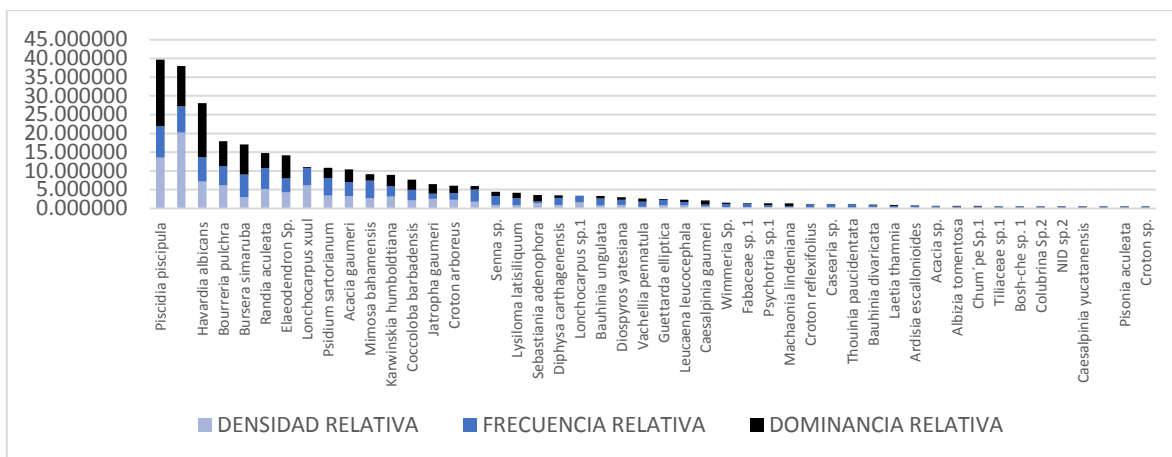


Figura IV.42. Representación gráfica del Índice de Valor de Importancia. Dominancia=Área basal. Estrato arbóreo de VSA/SMC.

### Estrato arbustivo

Dentro del estrato arbustivo las especies mejor representadas son *Gymnopodium floribundum* (IVI= 76.0821), *Randia aculeata* (IVI=24.7715) y, *Neomillspaughia emarginata* (IVI=23.900) la primera con un valor notablemente alto en comparación al resto (ver siguiente tabla y figura).

Tabla IV. 27. Índice de Valor de Importancia. Dominancia=Área basal. Estrato arbustivo de VSA/SMC.

Especie	DENSIDAD RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA	DOMINANCIA RELATIVA	I.V.I.
<i>Gymnopodium floribundum</i>	28.5429142	12.6213592	34.9178913	76.0821647
<i>Randia aculeata</i>	8.78243513	7.76699029	8.22212712	24.7715525
<i>Neomillspaughia emarginata</i>	10.5788423	7.76699029	5.55465369	23.9004863
<i>Bourreria pulchra</i>	5.38922156	4.85436893	5.9756201	16.2192106
<i>Mimosa bahamensis</i>	5.18962076	4.85436893	4.78023782	14.8242275
<i>Acacia gaumeri</i>	3.99201597	5.82524272	4.52972407	14.3469828
<i>Psidium sartorianum</i>	5.78842315	2.91262136	4.8274628	13.5285073
<i>Coccoloba barbadensis</i>	4.99001996	2.91262136	4.44726483	12.3499061

Espece	DENSIDAD RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA	DOMINANCIA RELATIVA	I.V.I.
<i>Lonchocarpus xuul.</i>	3.79241517	5.82524272	2.69864929	12.3163072
<i>Piscidia piscipula</i>	1.39720559	3.88349515	4.8274628	10.1081635
<i>Havardia albicans</i>	2.99401198	3.88349515	2.85471309	9.73222021
<i>Diospyros yatesiana</i>	1.99600798	2.91262136	1.2167811	6.12541044
<i>Laetia thamnia</i>	2.59481038	0.97087379	2.35165638	5.91734054
<i>Guettarda elliptica</i>	1.59680639	2.91262136	0.79064945	5.3000772
<i>Elaeodendron sp.</i>	1.39720559	2.91262136	0.94486853	5.25469547
<i>Croton reflexifolius</i>	1.79640719	1.94174757	1.04780422	4.78595898
<i>Psychotria sp.1</i>	1.39720559	0.97087379	2.15925148	4.52733086
<i>Bauhinia unguolata.</i>	0.79840319	2.91262136	0.69177215	4.40279671
<i>Bursera simaruba</i>	0.79840319	2.91262136	0.53958228	4.25060683
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	0.79840319	2.91262136	0.52113502	4.23215958
<i>Jatropha gaumeri</i>	0.5988024	2.91262136	0.58533148	4.09675523
<i>Sebastiania adenophora</i>	0.79840319	0.97087379	1.74068321	3.50996019
<i>Vachellia cornigera</i>	0.79840319	1.94174757	0.69177215	3.43192292
<i>Wimmeria Sp.</i>	0.3992016	1.94174757	0.66871308	3.00966225
<i>Diphysa carthagenensis</i>	0.5988024	0.97087379	0.65764473	2.22732091
<i>Cuch-El Sp.1</i>	0.5988024	0.97087379	0.48424051	2.05391669
<i>Fabaceae sp. 1</i>	0.3992016	0.97087379	0.46118144	1.83125682
<i>Thouinia paucidentata</i>	0.3992016	0.97087379	0.2320665	1.60214188
<i>Vachellia pennatula</i>	0.1996008	0.97087379	0.29515612	1.4656307
<i>Bunchosia sp.</i>	0.1996008	0.97087379	0.11529536	1.28576994
<i>Croton arboreus</i>	0.1996008	0.97087379	0.11529536	1.28576994
<i>Diospyros anisandra</i>	0.1996008	0.97087379	0.05331257	1.22378716

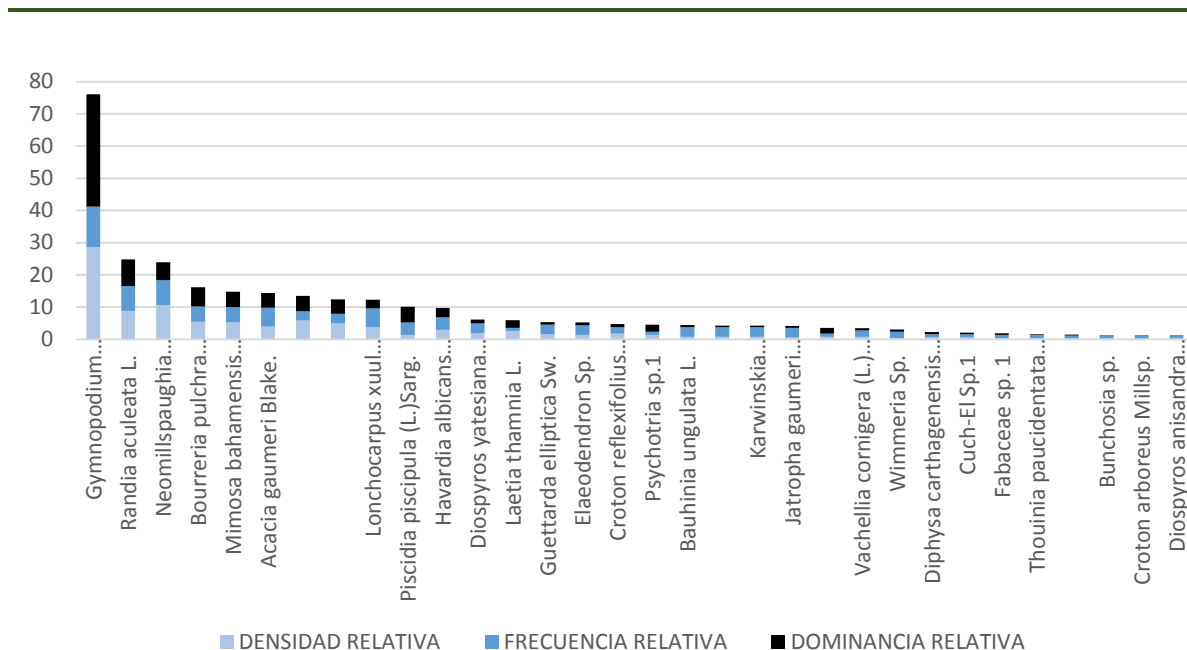


Figura IV.43. Representación gráfica del Índice de Valor de Importancia. Dominancia=Área basal. Estrato arbustivo de VSA/SMC.

### Estrato herbáceo

El estrato herbáceo de este tipo de vegetación se encuentra dominado por las especies *Gymnopodium floribundum*, *Neomillspaughia emarginata*, *Croton sp.*, como se observa en el gráfico correspondiente, la segunda especie supera a la primera en el valor de densidad y frecuencia, sin embargo, la primera se encuentra mejor representada en cobertura (ver siguiente tabla y figura).

Tabla IV. 28. Índice de Valor de Importancia. Estrato herbáceo de VSA/SMC.

Especie	DENSIDAD RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA	DOMINANCIA RELATIVA	I.V.I.
<i>Gymnopodium floribundum</i>	6.84931507	8.16326531	35.8042268	50.8168071
<i>Neomillspaughia emarginata</i>	22.6027397	12.244898	5.51626628	40.363904
<i>Croton sp.</i>	8.90410959	4.08163265	23.8718525	36.8575947
<i>Ipomoea sp</i>	10.2739726	16.3265306	2.27328424	28.8737875



Documento Técnico Unificado, modalidad B-Regional del proyecto  
"Ticul A"

Especie	DENSIDAD RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA	DOMINANCIA RELATIVA	I.V.I.
<i>Randia aculeata</i>	6.16438356	8.16326531	6.05617129	20.3838202
<i>Sebastiania adenophora</i>	17.8082192	2.04081633	0.22496042	20.0739959
<i>Piscidia piscipula</i>	2.73972603	6.12244898	7.49710198	16.359277
<i>Sabal sp.</i>	2.05479452	4.08163265	3.58610589	9.72253306
<i>Ardisia escallonioides.</i>	2.73972603	4.08163265	2.32774834	9.14910702
<i>Bauhinia unguolata</i>	2.05479452	6.12244898	0.91878571	9.09602921
<i>Coccoloba barbadensis</i>	2.73972603	2.04081633	2.20108615	6.98162851
<i>Bunchosia sp.</i>	2.05479452	2.04081633	2.80371723	6.89932807
<i>Setaris sp.</i>	2.05479452	2.04081633	2.13830799	6.23391883
<i>Acacia gaumeri</i>	1.36986301	4.08163265	0.76960143	6.2210971
<i>Lonchocarpus xuul</i>	2.05479452	2.04081633	0.47395608	4.56956693
<i>Diospyros yatesiana</i>	2.05479452	2.04081633	0.08190927	4.17752012
<i>Oplismenus sp.</i>	0.68493151	2.04081633	1.42080265	4.14655048
<i>Jatropha gaumeri</i>	0.68493151	2.04081633	1.06560199	3.79134982
<i>NID Sp-4</i>	1.36986301	2.04081633	0.24864046	3.6593198
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	0.68493151	2.04081633	0.28416053	3.00990836
<i>Croton arboreus</i>	0.68493151	2.04081633	0.19891237	2.9246602
<i>Mimosa bahamensis</i>	0.68493151	2.04081633	0.13260825	2.85835608
<i>Sida acuta</i>	0.68493151	2.04081633	0.10419219	2.82994003

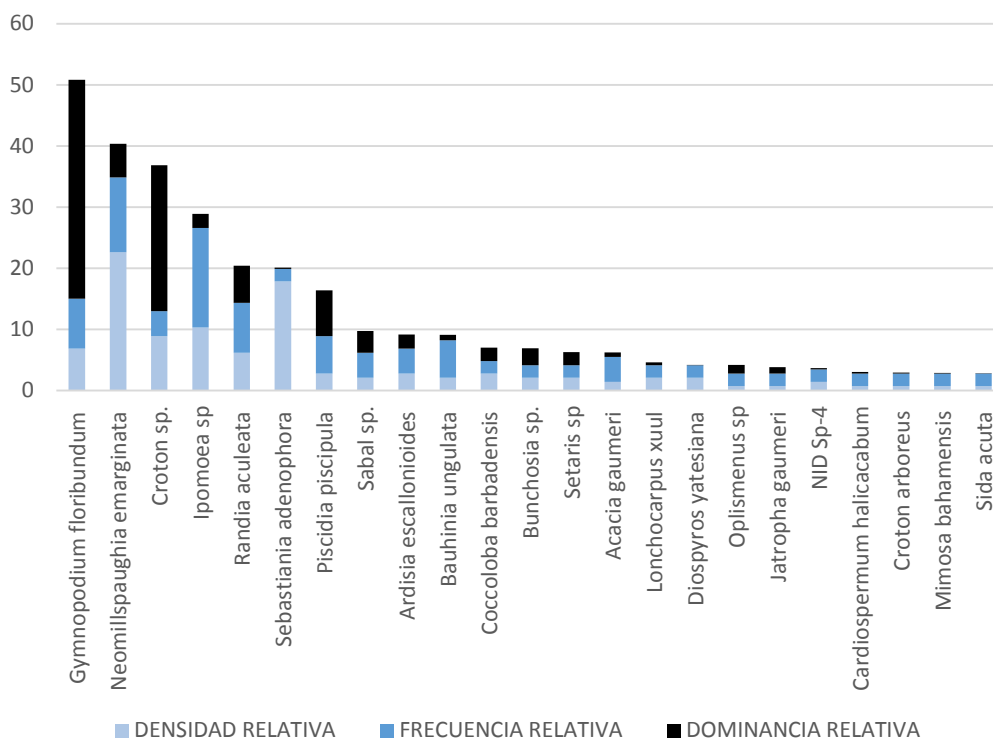


Figura IV.44. Representación gráfica del IVI del estrato herbáceo VSA/SMC.

### c) Indicadores de diversidad y abundancia relativa

#### Estrato arbóreo

El estrato arbóreo de este tipo de vegetación es de 48 especies, de las que sobresale *Gymnopodium floribundum* con el 20.24% de la abundancia relativa y *Piscidia piscipula* (L.) Sarg. con el 13.56%. Los valores obtenidos para los índices de Margalef (Dmg)=6.455 y de diversidad de Simpson 1-D=0.9156 indican que la diversidad es alta; a pesar de ello, este estrato podría alcanzar una mayor diversidad, ya que sus valores de Shannon-Wiener y máxima diversidad no son cercanos,  $H' = 2.944$  y  $H'_{\text{máx}} = 3.8712$  respectivamente (ver siguiente tabla). En cuanto a la equitabilidad tanto el índice de Pielou como el índice de Simpson, muestran una distribución uniforme de las especies, con una poco marcada dominancia de las especies.

Tabla IV. 29. Índices de diversidad y abundancia relativa. Estrato arbóreo de VSA/SMC.

Especie	ni	pi	pi <sup>2</sup>	-pi*Ln*pi	Abundancia relativa %
<i>Acacia gaumeri</i>	47.000000	0.032369	0.001048	0.111044	3.236915
<i>Acacia sp.</i>	2.000000	0.001377	0.000002	0.009074	0.137741
<i>Albizia tomentosa</i>	1.000000	0.000689	0.000000	0.005014	0.068871
<i>Ardisia escallonioides</i>	4.000000	0.002755	0.000008	0.016238	0.275482
<i>Bauhinia divaricata</i>	5.000000	0.003444	0.000012	0.019529	0.344353
<i>Bauhinia unguolata.</i>	11.000000	0.007576	0.000057	0.036991	0.757576
<i>Bosh-che sp. 1</i>	1.000000	0.000689	0.000000	0.005014	0.068871
<i>Bourreria pulchra</i>	89.000000	0.061295	0.003757	0.171139	6.129477
<i>Bursera simaruba</i>	43.000000	0.029614	0.000877	0.104228	2.961433
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	8.000000	0.005510	0.000030	0.028657	0.550964
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	1.000000	0.000689	0.000000	0.005014	0.068871
<i>Casearia sp.</i>	2.000000	0.001377	0.000002	0.009074	0.137741
<i>Chum'pe Sp.1</i>	1.000000	0.000689	0.000000	0.005014	0.068871
<i>Coccoloba barbadensis</i>	31.000000	0.021350	0.000456	0.082127	2.134986
<i>Colubrina Sp.2</i>	1.000000	0.000689	0.000000	0.005014	0.068871
<i>Croton arboreus</i>	33.000000	0.022727	0.000517	0.086004	2.272727
<i>Croton reflexifolius</i>	2.000000	0.001377	0.000002	0.009074	0.137741
<i>Croton sp.</i>	1.000000	0.000689	0.000000	0.005014	0.068871
<i>Diospyros yatesiana</i>	13.000000	0.008953	0.000080	0.042221	0.895317
<i>Diphysa carthagenensis</i>	14.000000	0.009642	0.000093	0.044754	0.964187
<i>Elaeodendron Sp.</i>	62.000000	0.042700	0.001823	0.134656	4.269972
<i>Fabaceae sp. 1</i>	4.000000	0.002755	0.000008	0.016238	0.275482
<i>Guettarda elliptica</i>	12.000000	0.008264	0.000068	0.039635	0.826446
<i>Gymnopodium floribundum</i>	294.000000	0.202479	0.040998	0.323383	20.247934
<i>Havardia albicans</i>	104.000000	0.071625	0.005130	0.188826	7.162534
<i>Jatropha gaumeri</i>	37.000000	0.025482	0.000649	0.093514	2.548209

Documento Técnico Unificado, modalidad B-Regional del proyecto  
"Ticul A"

Especie	ni	pi	pi <sup>2</sup>	-pi*Ln*pi	Abundancia relativa %
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	46.000000	0.031680	0.001004	0.109363	3.168044
<i>Laetia thamnina</i>	3.000000	0.002066	0.000004	0.012773	0.206612
<i>Leucaena leucocephala</i>	11.000000	0.007576	0.000057	0.036991	0.757576
<i>Lonchocarpus sp.1</i>	23.000000	0.015840	0.000251	0.065661	1.584022
<i>Lonchocarpus xuul</i>	89.000000	0.061295	0.003757	0.171139	6.129477
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	12.000000	0.008264	0.000068	0.039635	0.826446
<i>Machaonia lindeniana</i>	2.000000	0.001377	0.000002	0.009074	0.137741
<i>Mimosa bahamensis</i>	40.000000	0.027548	0.000759	0.098948	2.754821
<i>Neomillspaughia emarginata</i>	26.000000	0.017906	0.000321	0.072030	1.790634
<i>NID sp.2</i>	1.000000	0.000689	0.000000	0.005014	0.068871
<i>Parmentiera millspaughiana</i>	1.000000	0.000689	0.000000	0.005014	0.068871
<i>Piscidia piscipula</i>	197.000000	0.135675	0.018408	0.271010	13.567493
<i>Pisonia aculeata</i>	1.000000	0.000689	0.000000	0.005014	0.068871
<i>Psidium sartorianum</i>	50.000000	0.034435	0.001186	0.116001	3.443526
<i>Psychotria sp.1</i>	5.000000	0.003444	0.000012	0.019529	0.344353
<i>Randia aculeata</i>	75.000000	0.051653	0.002668	0.153058	5.165289
<i>Sebastiania adenophora</i>	20.000000	0.013774	0.000190	0.059022	1.377410
<i>Senna sp.</i>	14.000000	0.009642	0.000093	0.044754	0.964187
<i>Thouinia paucidentata</i>	2.000000	0.001377	0.000002	0.009074	0.137741
<i>Tiliaceae sp.1</i>	1.000000	0.000689	0.000000	0.005014	0.068871
<i>Vachellia pennatula</i>	6.000000	0.004132	0.000017	0.022682	0.413223
<i>Wimmeria Sp.</i>	4.000000	0.002755	0.000008	0.016238	0.275482

Donde:

Riqueza específica	S	48.000000
Índice de Margalef	DMg	6.455000
Índice de Simpson	D	0.084430
Diversidad de Simpson	1-D	0.915600
Índice de Shannon-Wiener	H'	2.944000

Máxima diversidad	Hmax	3.871201
Equidad de Pielou	J'	0.760488

### Estrato arbustivo

El estrato arbustivo se compone de 32 especies, con una distribución equitativa  $J = 0.7741$ , lo que sugiere la existencia de ciertas especies dominantes, lo cual es también indicado por el valor de Simpson = 0.1185; estas especies son *Gymnopodium floribundum.*, *Neomillspaughia emarginata* y *Randia aculeata.*, que suman casi del 50% de los elementos registrados para este estrato.

Tabla IV. 30. Índices de diversidad y abundancia relativa. Estrato arbustivo de VSA/SMC.

Especie	ni	Pi	pi <sup>2</sup>	-pi*Ln*pi	Abundancia relativa %
<i>Acacia gaumeri</i>	20	0.0395257	0.0015623	0.1276998	3.9525692
<i>Alvaradoa amorphoides</i>	1	0.0019763	3.906E-06	0.0123054	0.1976285
<i>Bauhinia unglata</i>	4	0.0079051	6.249E-05	0.0382628	0.7905138
<i>Bourreria pulchra</i>	27	0.0533597	0.0028473	0.1563812	5.3359684
<i>Bunchosia sp.</i>	1	0.0019763	3.906E-06	0.0123054	0.1976285
<i>Bursera simaruba</i>	4	0.0079051	6.249E-05	0.0382628	0.7905138
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	3	0.0059289	3.515E-05	0.0304027	0.5928854
<i>Coccoloba barbadensis</i>	25	0.0494071	0.0024411	0.1485998	4.9407115
<i>Croton arboreus</i>	1	0.0019763	3.906E-06	0.0123054	0.1976285
<i>Croton reflexifolius</i>	9	0.0177866	0.0003164	0.0716676	1.7786561
<i>Cuch-El Sp.1</i>	3	0.0059289	3.515E-05	0.0304027	0.5928854
<i>Diospyros anisandra</i>	1	0.0019763	3.906E-06	0.0123054	0.1976285
<i>Diospyros yatesiana</i>	10	0.0197628	0.0003906	0.0775485	1.9762846
<i>Diphysa carthagenensis</i>	3	0.0059289	3.515E-05	0.0304027	0.5928854
<i>Elaeodendron Sp.</i>	7	0.013834	0.0001914	0.0592182	1.3833992
<i>Fabaceae sp. 1</i>	2	0.0039526	1.562E-05	0.0218711	0.3952569

Documento Técnico Unificado, modalidad B-Regional del proyecto  
"Ticul A"

Espece	ni	Pi	pi^2	-pi*Ln*pi	Abundancia relativa %
<i>Guettarda elliptica</i>	8	0.0158103	0.00025	0.0655667	1.5810277
<i>Gymnopodium floribundum</i>	143	0.2826087	0.0798677	0.3571304	28.26087
<i>Havardia albicans</i>	15	0.0296443	0.0008788	0.104303	2.9644269
<i>Jatropha gaumeri</i>	3	0.0059289	3.515E-05	0.0304027	0.5928854
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	4	0.0079051	6.249E-05	0.0382628	0.7905138
<i>Laetia thamnia</i>	13	0.0256917	0.0006601	0.0940724	2.56917
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	1	0.0019763	3.906E-06	0.0123054	0.1976285
<i>Lonchocarpus xuul</i>	19	0.0375494	0.00141	0.1232408	3.7549407
<i>Mimosa bahamensis</i>	26	0.0513834	0.0026403	0.1525285	5.1383399
<i>Neomillspaughia emarginata</i>	53	0.1047431	0.0109711	0.236326	10.474308
<i>Piscidia piscipula</i>	7	0.013834	0.0001914	0.0592182	1.3833992
<i>Psidium sartorianum</i>	29	0.0573123	0.0032847	0.1638695	5.7312253
<i>Psychotria sp.1</i>	7	0.013834	0.0001914	0.0592182	1.3833992
<i>Randia aculeata</i>	44	0.0869565	0.0075614	0.212378	8.6956522
<i>Sebastiania adenophora</i>	4	0.0079051	6.249E-05	0.0382628	0.7905138
<i>Thouinia paucidentata</i>	2	0.0039526	1.562E-05	0.0218711	0.3952569
<i>Vachellia cornigera</i>	4	0.0079051	6.249E-05	0.0382628	0.7905138
<i>Vachellia pennatula</i>	1	0.0019763	3.906E-06	0.0123054	0.1976285
<i>Wimmeria Sp.</i>	2	0.0039526	1.562E-05	0.0218711	0.3952569

Donde

Riqueza específica	S	32.000000
Índice de Margalef	DMg	4.987000
Índice de Simpson	D	0.118500
Diversidad de Simpson	1-D	0.881500
Índice de Shannon-Wiener	H'	2.683000
Máxima diversidad	Hmax	3.465736
Equidad de Pielou	J'	0.774150

#### IV.7.6.5. Diversidad y estructura en el área del proyecto

##### a) Vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia VSA/SMC

Este tipo de vegetación se caracteriza por la presencia de especies como *Acacia gaumeri*, *Bauhinia unguolata*, *Bourreria pulchra*, *Bursera simaruba*, *Caesalpinia gaumeri*, *Coccoloba barbadensis*, *Croton reflexifolius*, *Diphyssa carthagenensis*, *Gymnopodium floribundum*, *Havardia albicans*, *Jatropha gaumeri*, *Karwinskia humboldtiana*, *Lonchocarpus xuul*, *Leucaena leucocephala*, *Piscidia piscipula*, *Neomillspaughia emarginata*, *Piscidia piscipula* y *Mimosa bahamensis*, en menos frecuencia, *Albizia tomentosa*, *Alvaradoa amorphoides*, *Ardisia escallonioides*, *Bauhinia divaricata*, *Caesalpinia yucatanensis*, *Chloroleucon mangense*, *Coccoloba spicata*, *Crossopetalum gaumeri*, *Diphyssa carthagenensis*, *Exostema caribaeum*, *Psidium sartorianum*, *Vachellia pennatula pennatula* y *Senna racemosa*.



Figura IV.45. Condición de la vegetación secundaria arbórea de Selva mediana caducifolia VSA/SMC.

#### IV.7.6.6. Estructura vertical y horizontal

### a) Promedios de área basal, altura y cobertura

El estrato arbóreo de este tipo de vegetación se presentó en un rango que va de los 5 a los 12 m de altura, y de los 5 a los 26.74 cm de DAP; así como de una cobertura de hasta 35.73 m<sup>2</sup>. El estrato arbustivo en un rango de altura de 1 a 5.5 m, y el herbáceo de 1 a 80 cm.

Tabla IV. 31. Parámetros de estructura para VSA/SMC.

Tipo de vegetación	Estrato	Parámetro	DAP (cm)	Área basal (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Cobertura (m <sup>2</sup> )
VSA/SMC	Arbóreo	Promedio	7.76	0.01466	7.28	9.0307
		Máxima	76.90	2.224326	15.00	62.83
		Mínima	2.5	0.00041	3.5	0.00
	Arbustivo	Promedio	3.32	0.00167	3.78	1.7513
		Máxima	6.70	12.4469	7.50	16.2107
		Mínima	0.30	0.00007	1.20	0.0471
	Herbáceo	Promedio	-	-	0.32	0.0252
		Máxima	-	-	1.45	0.2341
		Mínima	-	-	0.01	0.00

### b) Índice de valor de importancia (IVI)

#### Estrato arbóreo

Las especies que adquieren mayor relevancia dentro del estrato arbóreo de VSA/SMC son principalmente *Piscidia piscipula* (IVI= 40.9081), *Gymnopodium floribundum* (IVI= 39.1847%) y *Lonchocarpus xuul* (IVI= 29.1407)., en tanto dentro del SAR se repite dicha similitud en, *Piscidia piscipula* (IVI= 39.72%) y *Gymnopodium floribundum* (IVI= 37.93), se añade *Havardia albicans* (IVI= 28.08) (ver siguiente tabla y figura).

Tabla IV. 32. Índice de Valor de Importancia. Dominancia=Área basal. Estrato arbóreo de VSA/SMC.



Documento Técnico Unificado, modalidad B-Regional del proyecto  
"Ticul A"

Especie	DENSIDAD RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA	DOMINANCIA RELATIVA	I.V.I.
<i>Piscidia piscipula</i>	15.5162242	8.48708487	16.9048829	40.9081919
<i>Gymnopodium floribundum</i>	20.5309735	5.90405904	12.7497516	39.1847841
<i>Lonchocarpus xuul</i>	12.2123894	6.27306273	10.655251	29.1407031
<i>Bourreria pulchra</i>	7.84660767	7.01107011	8.72943999	23.5871178
<i>Acacia gaumeri</i>	4.60176991	4.79704797	8.37959601	17.7784139
<i>Bursera simaruba</i>	3.06784661	5.90405904	6.6992633	15.6711689
<i>Havardia albicans</i>	3.18584071	4.42804428	6.4085546	14.0224396
<i>Senna</i>	2.30088496	2.21402214	7.79168132	12.3065884
<i>Randia aculeata</i>	4.30678466	4.42804428	3.07806119	11.8128901
<i>Mimosa bahamensis</i>	4.01179941	4.05904059	2.01821474	10.0890547
<i>Psidium sartorianum</i>	2.77286136	4.79704797	2.30849068	9.87840001
<i>Diphysa carthagenensis</i>	2.53687316	5.16605166	1.12161856	8.82454338
<i>Coccoloba barbadensis</i>	1.59292035	2.95202952	1.44527786	5.99022773
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	1.179941	1.84501845	2.17268903	5.19764849
<i>Lonchocarpus sp.1</i>	1.94690265	1.10701107	1.28540307	4.3393168
<i>Leucaena leucocephala</i>	1.5339233	1.84501845	0.9437889	4.32273066
<i>Vachellia pennatula</i>	0.5899705	2.21402214	0.78263674	3.58662938
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0.29498525	1.84501845	1.33213469	3.47213839
<i>Jatropha</i>	1.0619469	1.84501845	0.45386198	3.36082733
<i>Bunchosia swartziana</i>	1.4159292	1.10701107	0.74455426	3.26749454
<i>Neomillspaughia emarginata</i>	0.76696165	1.84501845	0.29253672	2.90451682
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	0.9439528	1.47601476	0.32768392	2.74765148
<i>Elaeodendron Sp.</i>	0.88495575	1.47601476	0.36861811	2.72958862
<i>Guettarda elliptica</i>	0.53097345	1.84501845	0.30452255	2.68051445
<i>Diospyros yatesiana</i>	0.53097345	1.47601476	0.27473704	2.28172525
<i>Croton arboreus</i>	0.4719764	1.47601476	0.1861505	2.13414166
<i>Vachellia cornigera</i>	0.41297935	1.47601476	0.14997215	2.03896626

Documento Técnico Unificado, modalidad B-Regional del proyecto  
"Ticul A"

Espece	DENSIDAD RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA	DOMINANCIA RELATIVA	I.V.I.
<i>Alvaradoa amorphoides</i>	0.3539823	1.47601476	0.13722825	1.96722531
<i>Eugenia sp.</i>	0.3539823	0.73800738	0.26205283	1.35404251
<i>Choben-che sp.1</i>	0.17699115	0.73800738	0.11788855	1.03288708
<i>Bosh-che sp. 1</i>	0.17699115	0.73800738	0.08973259	1.00473112
<i>NID sp.1</i>	0.1179941	0.73800738	0.08548263	0.94148411
<i>Erythroxylum sp.</i>	0.29498525	0.36900369	0.22734285	0.89133179
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	0.1179941	0.73800738	0.03290732	0.8889088
<i>Crateva tapia</i>	0.1179941	0.36900369	0.26935296	0.75635075
<i>Thouinia paucidentata</i>	0.29498525	0.36900369	0.07645147	0.74044041
<i>Bauhinia unguolata</i>	0.17699115	0.36900369	0.10281673	0.64881157
<i>Wimmeria Sp.</i>	0.1179941	0.36900369	0.13206503	0.61906282
<i>Zuelania guidonia</i>	0.1179941	0.36900369	0.09636419	0.58336198
<i>Chloroleucon mangense</i>	0.05899705	0.36900369	0.13863694	0.56663768
<i>Ehretia tinifolia</i>	0.05899705	0.36900369	0.08383518	0.51183592
<i>Albizia tomentosa</i>	0.05899705	0.36900369	0.07894653	0.50694727
<i>Caesalpinia sp.</i>	0.05899705	0.36900369	0.0423205	0.47032124
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.05899705	0.36900369	0.03357585	0.46157659
<i>Colubrina Sp.2</i>	0.05899705	0.36900369	0.0252192	0.45321994
<i>Helicteres baruensis</i>	0.05899705	0.36900369	0.02148855	0.44948929
<i>Psidium sp.1</i>	0.05899705	0.36900369	0.02077823	0.44877897
<i>Parmentiera millspaughiana</i>	0.05899705	0.36900369	0.01614029	0.44414103

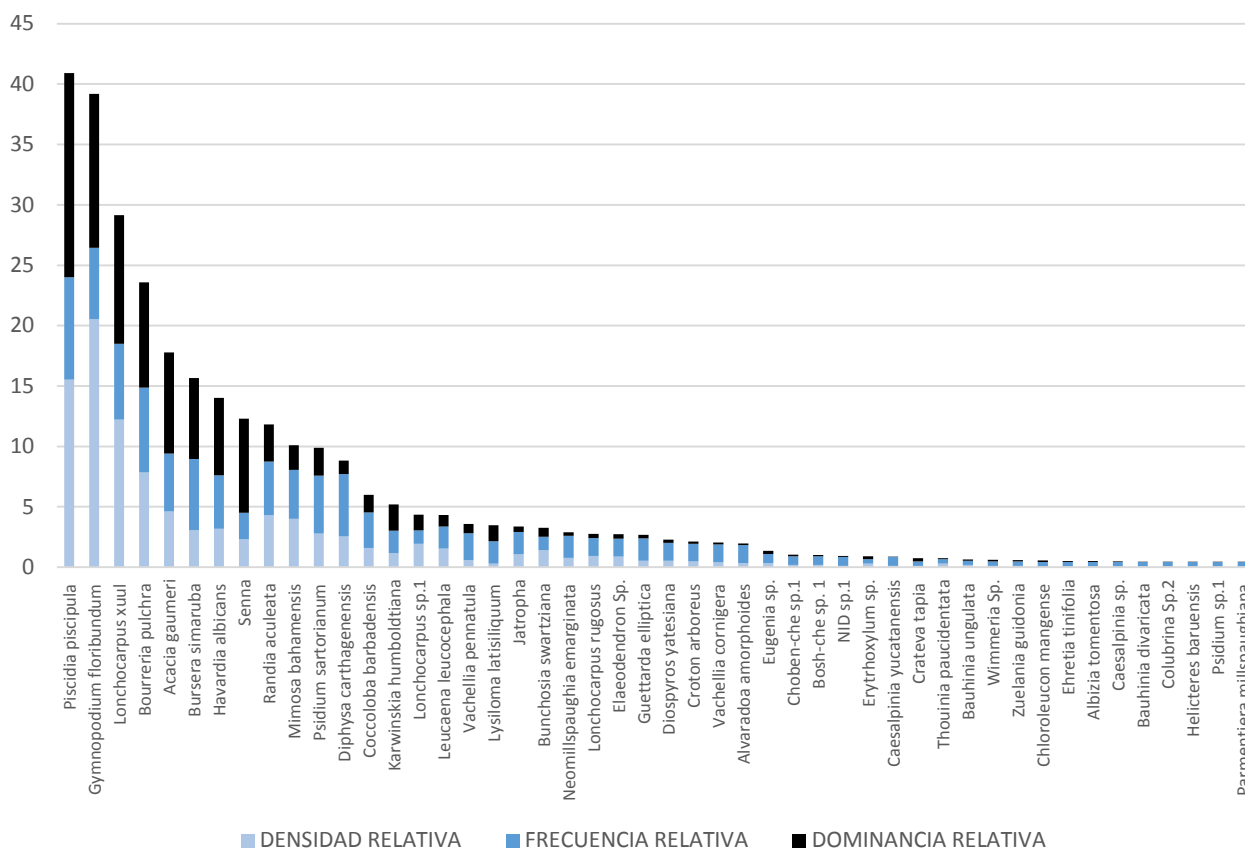


Figura IV.46. Representación gráfica del Índice de Valor de Importancia. Dominancia=Área basal. Estrato arbóreo de VSA/SMC.

### Estrato arbustivo

Dentro del estrato arbustivo las especies mejor representadas son *Gymnopodium floribundum*, *Lonchocarpus xuul* y; *Mimosa bahamensis* la primera con un valor notablemente alto en comparación al resto (ver siguiente tabla y figura).

Tabla IV. 33. Índice de Valor de Importancia. Dominancia=Área basal. Estrato arbustivo de VSA/SMC.

Especie	DENSIDAD RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA	DOMINANCIA RELATIVA	I.V.I.
<i>Gymnopodium floribundum</i>	20.9507042	9.77443609	24.5986216	55.3237619
<i>Lonchocarpus xuul</i>	13.028169	6.76691729	13.3350798	33.1301661

Documento Técnico Unificado, modalidad B-Regional del proyecto  
"Ticul A"

Espece	DENSIDAD RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA	DOMINANCIA RELATIVA	I.V.I.
<i>Mimosa bahamensis</i>	9.50704225	5.26315789	10.9015737	25.6717738
<i>Neomillspaughia emarginata</i>	10.3873239	6.76691729	6.56121565	23.7154569
<i>Guettarda elliptica</i>	8.09859155	5.26315789	5.6179565	18.9797059
<i>Randia aculeata</i>	5.28169014	6.76691729	4.92894427	16.9775517
<i>Bourreria pulchra</i>	4.04929577	6.01503759	5.22184044	15.2861738
<i>Diphysa carthagenensis</i>	3.34507042	6.01503759	5.02486893	14.3849769
<i>Psidium sartorianum</i>	2.64084507	3.7593985	1.91694101	8.31718457
<i>Alvaradoa amorphoides</i>	2.28873239	2.2556391	2.48131328	7.02568477
<i>Leucaena leucocephala</i>	1.58450704	2.2556391	2.62442417	6.46457031
<i>Havardia albicans</i>	1.93661972	0.7518797	1.98290861	4.67140803
<i>Pithecellobium lanceolatum</i>	1.76056338	1.5037594	1.37166054	4.63598332
<i>Piscidia piscipula</i>	0.70422535	3.0075188	0.75342766	4.46517181
<i>Psidium sp.1</i>	0.35211268	3.7593985	0.12696824	4.23847941
<i>Acacia gaumeri</i>	0.88028169	2.2556391	1.07488393	4.21080471
<i>Jatropha gaumeri.</i>	1.23239437	1.5037594	1.36219225	4.09834601
<i>Neea psychotrioides</i>	0.88028169	1.5037594	1.46851651	3.8525576
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	0.88028169	1.5037594	1.04585818	3.42989927
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.88028169	1.5037594	0.9870306	3.37107169
<i>Solanum rudepannum</i>	1.05633803	0.7518797	1.16413422	2.97235194
<i>Vachellia cornigera</i>	0.70422535	1.5037594	0.67969916	2.88768391
<i>Bursera simaruba</i>	0.52816901	1.5037594	0.60938546	2.64131387
<i>Diospyros yatesiana</i>	0.70422535	1.5037594	0.41344008	2.62142483
<i>Croton arboreus</i>	0.52816901	1.5037594	0.54916091	2.58108933
<i>Eugenia sp.</i>	0.52816901	1.5037594	0.27830569	2.3102341
<i>Tabernaemontana alba</i>	0.35211268	1.5037594	0.30438229	2.16025437
<i>Wimmeria Sp.</i>	0.70422535	0.7518797	0.55878442	2.01488947
<i>Helicteres baruensis</i>	0.35211268	1.5037594	0.06984805	1.92572013

<b>Especie</b>	<b>DENSIDAD RELATIVA</b>	<b>FRECUENCIA RELATIVA</b>	<b>DOMINANCIA RELATIVA</b>	<b>I.V.I.</b>
<i>Thouinia paucidentata</i>	0.70422535	0.7518797	0.23934599	1.69545105
<i>Senna sp.</i>	0.70422535	0.7518797	0.06208716	1.51819221
<i>Coccoloba barbadensis</i>	0.52816901	0.7518797	0.20085196	1.48090067
<i>Croton reflexifolius</i>	0.17605634	0.7518797	0.52184256	1.4497786
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	0.17605634	0.7518797	0.37081555	1.29875159
<i>Croton fragilis</i>	0.35211268	0.7518797	0.07264198	1.17663435
<i>Ardisia escallonioides</i>	0.17605634	0.7518797	0.13969611	1.06763214
<i>Parmentiera millspaughiana</i>	0.17605634	0.7518797	0.11486124	1.04279728
<i>Samyda yucatanensis</i>	0.17605634	0.7518797	0.09701118	1.02494722
<i>Malpighia glabra</i>	0.17605634	0.7518797	0.06984805	0.99778409
<i>Croton sp.1</i>	0.17605634	0.7518797	0.04485797	0.97279401
<i>Machaonia lindeniana</i>	0.17605634	0.7518797	0.03042271	0.95835874
<i>Pisonia aculeata</i>	0.17605634	0.7518797	0.02235138	0.95028741

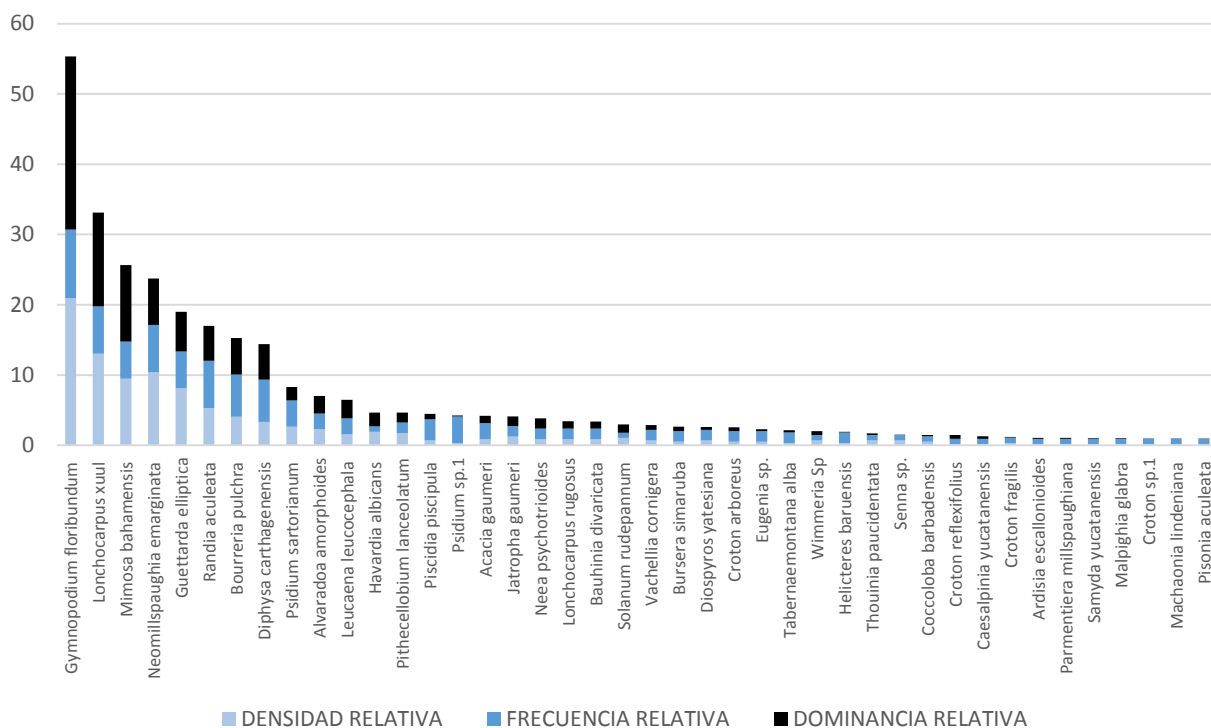


Figura IV.47. Representación gráfica del Índice de Valor de Importancia. Dominancia=Área basal. Estrato Arbustivo de VSA/SMC.

### Estrato herbáceo

El estrato herbáceo de este tipo de vegetación se encuentra dominado por las especies *Neomillspaughia emarginata*, *Chloris sp.*, *Gymnopodium floribundum*, estas especies concentran más del 50% del valor de importancia, obtenido para este estrato dentro del área.

Tabla IV. 34. Índice de Valor de Importancia. Estrato herbáceo de VSA/SMC.

Especie	DENSIDAD RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA	DOMINANCIA RELATIVA	I.V.I.
<i>Neomillspaughia emarginata</i>	13.125	14.0625	11.595968	38.783468
<i>Chloris sp.</i>	15.625	1.5625	9.86181963	27.0493196
<i>Gymnopodium floribundum</i>	11.25	6.25	9.26819554	26.7681955
<i>Randia aculeata</i>	3.75	4.6875	10.4688481	18.9063481

Documento Técnico Unificado, modalidad B-Regional del proyecto  
"Ticul A"

Espece	DENSIDAD RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA	DOMINANCIA RELATIVA	I.V.I.
<i>Pisonia aculeata</i>	6.25	7.8125	3.26493252	17.3274325
<i>Sebastiania adenophora</i>	2.5	1.5625	12.8529191	16.9154191
<i>Oplismenus sp.</i>	4.375	6.25	6.07985967	16.7048597
<i>Morinda yucatanensis</i>	8.125	3.125	2.87045973	14.1204597
<i>Setaris sp.</i>	3.75	4.6875	3.60578764	12.0432876
<i>Bourreria pulchra</i>	3.75	6.25	1.45725141	11.4572514
<i>Coccoloba barbadensis</i>	2.5	4.6875	1.85555402	9.04305402
<i>Croton sp.</i>	1.875	3.125	3.23237894	8.23237894
<i>Ipomoea sp.</i>	1.875	3.125	2.87237465	7.87237465
<i>Neea psychotrioides</i>	0.625	1.5625	4.95005898	7.13755898
<i>Senna sp.</i>	1.875	1.5625	2.29789972	5.73539972
<i>Piscidia piscipula</i>	1.875	3.125	0.68171025	5.68171025
<i>Diospyros yatesiana</i>	1.875	3.125	0.51511252	5.51511252
<i>Dioscorea floribunda</i>	1.25	3.125	1.08958745	5.46458745
<i>Paspalum sp.</i>	1.875	1.5625	1.72342479	5.16092479
<i>Bauhinia unguolata</i>	0.625	1.5625	2.92982214	5.11732214
<i>Alseis yucatanensis</i>	1.25	3.125	0.13021432	4.50521432
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	2.5	1.5625	0.43277111	4.49527111
<i>Lonchocarpus xuul</i>	1.25	1.5625	1.23703602	4.04953602
<i>Crossopetalum Sp.</i>	0.625	1.5625	1.83831978	4.02581978
<i>Passiflora sp.</i>	1.875	1.5625	0.51702744	3.95452744
<i>Havardia albicans</i>	0.625	1.5625	1.4917199	3.6792199
<i>Leucaena leucocephala</i>	1.25	1.5625	0.21255572	3.02505572
<i>Diphysa carthagenensis</i>	0.625	1.5625	0.42128162	2.60878162
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.625	1.5625	0.22787506	2.41537506
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	0.625	1.5625	0.01723425	2.20473425

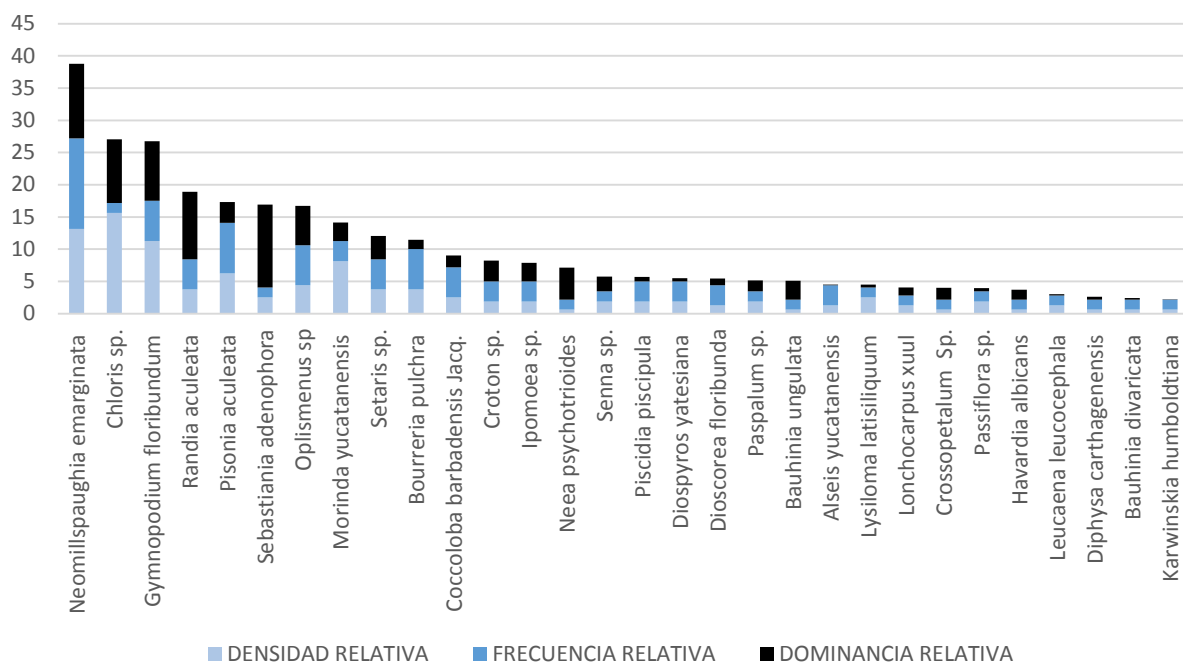


Figura IV.48. Representación gráfica del IVI, estrato herbáceo de VSA/SMC.

### c) Indicadores de diversidad y abundancia relativa

#### Estrato arbóreo

Al igual que en el SAR, la riqueza específica de este estrato es de 48 especies, el índice de equitabilidad de Pielou indica una dominancia por algunas especies  $J=0.760488$ , sin embargo, el índice de Simpson muestra valores mucho menores  $D=0.084430$ , la diversidad medida por el índice de Shannon-Wieer  $H'=2.944$ , está lejos de alcanzar la  $H' \text{ máx}=3.8712$ .

Tabla IV. 35. Índices de diversidad y abundancia relativa. Estrato arbóreo de VSA/SMC.

Especie	ni	pi	pi <sup>2</sup>	-pi*Ln*pi	Abundancia relativa %
<i>Acacia gaumeri</i>	78	0.0460177	0.002117629	0.14167603	4.60176991
<i>Albizia tomentosa</i>	1	0.00058997	3.48065E-07	0.00438669	0.05899705
<i>Alvaradoa amorphoides</i>	6	0.00353982	1.25303E-05	0.01997762	0.3539823
<i>Bauhinia divaricata</i>	1	0.00058997	3.48065E-07	0.00438669	0.05899705



Documento Técnico Unificado, modalidad B-Regional del proyecto  
"Ticul A"

Espece	ni	pi	pi^2	-pi*Ln*pi	Abundancia relativa %
<i>Bauhinia unguolata.</i>	3	0.00176991	3.13259E-06	0.01121562	0.17699115
<i>Bosh-che sp. 1</i>	3	0.00176991	3.13259E-06	0.01121562	0.17699115
<i>Bourreria pulchra</i>	133	0.07846608	0.006156925	0.19970314	7.84660767
<i>Bunchosia swartziana</i>	24	0.01415929	0.000200486	0.06028155	1.4159292
<i>Bursera simaruba</i>	52	0.03067847	0.000941168	0.10688974	3.06784661
<i>Caesalpinia sp.</i>	1	0.00058997	3.48065E-07	0.00438669	0.05899705
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	2	0.00117994	1.39226E-06	0.00795551	0.1179941
<i>Chloroleucon mangense</i>	1	0.00058997	3.48065E-07	0.00438669	0.05899705
<i>Choben-che sp.1</i>	3	0.00176991	3.13259E-06	0.01121562	0.17699115
<i>Coccoloba barbadensis</i>	27	0.0159292	0.00025374	0.06594055	1.59292035
<i>Colubrina Sp.2</i>	1	0.00058997	3.48065E-07	0.00438669	0.05899705
<i>Crateva tapia</i>	2	0.00117994	1.39226E-06	0.00795551	0.1179941
<i>Croton arboreus</i>	8	0.00471976	2.22762E-05	0.02527904	0.4719764
<i>Diospyros yatesiana</i>	9	0.00530973	2.81933E-05	0.02781352	0.53097345
<i>Diphysa carthagenensis</i>	43	0.02536873	0.000643573	0.09321076	2.53687316
<i>Ehretia tinifolia</i>	1	0.00058997	3.48065E-07	0.00438669	0.05899705
<i>Elaeodendron Sp.</i>	15	0.00884956	7.83147E-05	0.04183529	0.88495575
<i>Erythroxylum sp.</i>	5	0.00294985	8.70163E-06	0.01718584	0.29498525
<i>Eugenia sp.</i>	6	0.00353982	1.25303E-05	0.01997762	0.3539823
<i>Guettarda elliptica</i>	9	0.00530973	2.81933E-05	0.02781352	0.53097345
<i>Gymnopodium floribundum</i>	348	0.20530973	0.042152087	0.32505367	20.5309735
<i>Havardia albicans</i>	54	0.03185841	0.001014958	0.10979853	3.18584071
<i>Helicteres baruensis</i>	1	0.00058997	3.48065E-07	0.00438669	0.05899705
<i>Jatropha</i>	18	0.01061947	0.000112773	0.04826619	1.0619469
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	20	0.01179941	0.000139226	0.05238591	1.179941
<i>Leucaena leucocephala</i>	26	0.01533923	0.000235292	0.06407721	1.5339233
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	16	0.00943953	8.91047E-05	0.0440151	0.9439528

Documento Técnico Unificado, modalidad B-Regional del proyecto  
"Ticul A"

Especie	ni	pi	pi^2	-pi*Ln*pi	Abundancia relativa %
<i>Lonchocarpus sp.1</i>	33	0.01946903	0.000379043	0.07668714	1.94690265
<i>Lonchocarpus xuul</i>	207	0.12212389	0.014914245	0.25679226	12.2123894
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	5	0.00294985	8.70163E-06	0.01718584	0.29498525
<i>Mimosa bahamensis</i>	68	0.04011799	0.001609453	0.12901667	4.01179941
<i>Neomillspaughia emarginata</i>	13	0.00766962	5.8823E-05	0.03735478	0.76696165
<i>NID sp.1</i>	2	0.00117994	1.39226E-06	0.00795551	0.1179941
<i>Parmentiera</i>	1	0.00058997	3.48065E-07	0.00438669	0.05899705
<i>Piscidia piscipula.</i>	263	0.15516224	0.024075321	0.28911132	15.5162242
<i>Psidium sartorianum</i>	47	0.02772861	0.000768876	0.09941513	2.77286136
<i>Psidium sp.1</i>	1	0.00058997	3.48065E-07	0.00438669	0.05899705
<i>Randia aculeata</i>	73	0.04306785	0.001854839	0.13544746	4.30678466
<i>Senna</i>	39	0.02300885	0.000529407	0.08678654	2.30088496
<i>Thouinia paucidentata</i>	1	0.00058997	3.48065E-07	0.00438669	0.05899705
<i>Thouinia paucidentata</i>	4	0.00235988	5.56904E-06	0.01427527	0.2359882
<i>Vachellia cornigera</i>	7	0.00412979	1.70552E-05	0.02267062	0.41297935
<i>Vachellia pennatula</i>	10	0.00589971	3.48065E-05	0.03028232	0.5899705
<i>Wimmeria Sp.</i>	2	0.00117994	1.39226E-06	0.00795551	0.1179941
<i>Zuelania guidonia</i>	2	0.00117994	1.39226E-06	0.00795551	0.1179941

Donde

Riqueza específica	S	48.000000
Índice de Margalef	DMg	6.455000
Índice de Simpson	D	0.084430
Diversidad de Simpson	1-D	0.915600
Índice de Shannon-Wiener	H'	2.944000
Máxima diversidad	Hmax	3.871201
Equidad de Pielou	J'	0.760488

### Estrato arbustivo

El estrato arbustivo se compone de 42 especies, con una distribución equitativa  $J=0.75421$ , lo que sugiere la existencia de ciertas especies dominantes, lo cual es también indicado por el valor de Simpson=0.09602; estas especies son *Gymnopodium floribundum* Rolfe., *Lonchocarps xuul* y *Mimosa brahamensis* (ver siguiente tabla).

Tabla IV. 36. Índices de diversidad y abundancia relativa. Estrato arbustivo de VSA/SMC.

Especie	ni	pi	pi <sup>2</sup>	-pi*Ln*pi	Abundancia relativa %
<i>Acacia gaumeri.</i>	5	0.00880282	7.749E-05	0.041660946	0.88028169
<i>Alvaradoa amorphoides.</i>	13	0.02288732	0.00052383	0.086449361	2.28873239
<i>Ardisia escallonioides.</i>	1	0.00176056	3.0996E-06	0.011165707	0.17605634
<i>Bauhinia divaricata</i>	5	0.00880282	7.749E-05	0.041660946	0.88028169
<i>Bourreria pulchra</i>	23	0.04049296	0.00163968	0.12984582	4.04929577
<i>Bursera simaruba</i>	3	0.00528169	2.7896E-05	0.02769459	0.52816901
<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	1	0.00176056	3.0996E-06	0.011165707	0.17605634
<i>Coccoloba barbadensis</i>	3	0.00528169	2.7896E-05	0.02769459	0.52816901
<i>Croton arboreus</i>	3	0.00528169	2.7896E-05	0.02769459	0.52816901
<i>Croton fragilis</i>	2	0.00352113	1.2398E-05	0.019890754	0.35211268
<i>Croton reflexifolius</i>	1	0.00176056	3.0996E-06	0.011165707	0.17605634
<i>Croton sp.1</i>	1	0.00176056	3.0996E-06	0.011165707	0.17605634
<i>Diospyros yatesiana</i>	4	0.00704225	4.9593E-05	0.034900191	0.70422535
<i>Diphysa carthagenensis</i>	19	0.0334507	0.00111895	0.11365487	3.34507042
<i>Eugenia sp.</i>	3	0.00528169	2.7896E-05	0.02769459	0.52816901
<i>Guettarda elliptica</i>	46	0.08098592	0.00655872	0.203556481	8.09859155
<i>Gymnopodium floribundum.</i>	119	0.20950704	0.0438932	0.327459072	20.9507042
<i>Havardia albicans</i>	11	0.0193662	0.00037505	0.076384661	1.93661972
<i>Helicteres baruensis</i>	2	0.00352113	1.2398E-05	0.019890754	0.35211268
<i>Jatropha gaumeri</i>	7	0.01232394	0.00015188	0.05417866	1.23239437

Documento Técnico Unificado, modalidad B-Regional del proyecto  
"Ticul A"

Especie	ni	pi	pi^2	-pi*Ln*pi	Abundancia relativa %
<i>Leucaena leucocephala</i>	9	0.01584507	0.00025107	0.065676182	1.58450704
<i>Lonchocarpus rugosus.</i>	5	0.00880282	7.749E-05	0.041660946	0.88028169
<i>Lonchocarpus xuul</i>	74	0.13028169	0.01697332	0.265521423	13.028169
<i>Machaonia lindeniana</i>	1	0.00176056	3.0996E-06	0.011165707	0.17605634
<i>Malpighia glabra</i>	1	0.00176056	3.0996E-06	0.011165707	0.17605634
<i>Mimosa bahamensis</i>	54	0.09507042	0.00903839	0.223713764	9.50704225
<i>Neea psychotrioides</i>	5	0.00880282	7.749E-05	0.041660946	0.88028169
<i>Neomillspaughia emarginata</i>	59	0.10387324	0.01078965	0.235229673	10.3873239
<i>Parmentiera millspaughiana</i>	1.00	0.00176056	3.0996E-06	0.011165707	0.17605634
<i>Piscidia piscipula</i>	4	0.00704225	4.9593E-05	0.034900191	0.70422535
<i>Pisonia aculeata</i>	1	0.00176056	3.0996E-06	0.011165707	0.17605634
<i>Pithecellobium lanceolatum</i>	10	0.01760563	0.00030996	0.071118597	1.76056338
<i>Psidium sartorianum</i>	15	0.02640845	0.00069741	0.095970191	2.64084507
<i>Psidium sp.1</i>	2	0.00352113	1.2398E-05	0.019890754	0.35211268
<i>Randia aculeata</i>	30	0.0528169	0.00278963	0.155330495	5.28169014
<i>Samyda yucatanensis</i>	1	0.00176056	3.0996E-06	0.011165707	0.17605634
<i>Senna sp.</i>	4	0.00704225	4.9593E-05	0.034900191	0.70422535
<i>Solanum rudepannum</i>	6	0.01056338	0.00011159	0.048067204	1.05633803
<i>Tabernaemontana alba</i>	2	0.00352113	1.2398E-05	0.019890754	0.35211268
<i>Thouinia paucidentata</i>	4	0.00704225	4.9593E-05	0.034900191	0.70422535
<i>Vachellia cornigera</i>	4	0.00704225	4.9593E-05	0.034900191	0.70422535
<i>Wimmeria Sp.</i>	4	0.00704225	4.9593E-05	0.034900191	0.70422535

Donde

Riqueza específica	S	42
Índice de Margalef	DMg	6.465
Índice de Simpson	D	0.09602
Diversidad de Simpson	1-D	0.904

Índice de Shannon-Wiener	H'	2.819
Máxima diversidad	Hmax	3.73766962
Equidad de Pielou	J'	0.75421326

### Estrato herbáceo

El estrato herbáceo se compone de 30 especies, distribuidas con un valor de Equidad de Pielou (J') =0.8802; esto aunado al valor del índice de Simpson=0.07617, permiten apreciar la baja dominancia de las especies dentro de este estrato; el valor obtenido para el índice de Shannon-Wiener (H')=2.926 sugiere que aún se encuentra distante de alcanzar su máxima diversidad H' máx= 3.4011.

**Tabla IV. 37. Índices de diversidad y abundancia relativa. Estrato herbáceo de VSA/SMC.**

Especie	ni	pi	pi^2	-pi*Ln*pi	Abundancia relativa %
<i>Alseis yucatanensis</i> Standl.	2	0.0125	0.00015625	0.05477533	1.25
<i>Bauhinia divaricata</i> L.	1	0.00625	3.9063E-05	0.03171984	0.625
<i>Bauhinia unguolata</i> L.	1	0.00625	3.9063E-05	0.03171984	0.625
<i>Bourreria pulchra</i> Millsp. ex Greenman	6	0.0375	0.00140625	0.12312804	3.75
<i>Chloris</i> sp.	25	0.15625	0.02441406	0.29004656	15.625
<i>Coccoloba barbadensis</i> Jacq.	4	0.025	0.000625	0.09222199	2.5
<i>Crossopetalum</i> Sp.	1	0.00625	3.9063E-05	0.03171984	0.625
<i>Croton</i> sp.	3	0.01875	0.00035156	0.07456053	1.875
<i>Dioscorea floribunda</i> M. Martens.	2	0.0125	0.00015625	0.05477533	1.25
<i>Diospyros yatesiana</i> Standl.	3	0.01875	0.00035156	0.07456053	1.875
<i>Diphysa carthagenensis</i> Jacq.	1	0.00625	3.9063E-05	0.03171984	0.625
<i>Gymnopodium floribundum</i> Rolfe.	18	0.1125	0.01265625	0.24579023	11.25

Documento Técnico Unificado, modalidad B-Regional del proyecto  
"Ticul A"

Especie	ni	pi	pi^2	-pi*Ln*pi	Abundancia relativa %
<i>Havardia albicans</i> (Kunth) Britton & Rose.	1	0.00625	3.9063E-05	0.03171984	0.625
<i>Ipomoea</i> sp.	3	0.01875	0.00035156	0.07456053	1.875
<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Roemer & Schultes) Zucc.	1	0.00625	3.9063E-05	0.03171984	0.625
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit. ssp. <i>leucocephala</i>	2	0.0125	0.00015625	0.05477533	1.25
<i>Lonchocarpus xuul</i> Lundell.	2	0.0125	0.00015625	0.05477533	1.25
<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.)Benth.	4	0.025	0.000625	0.09222199	2.5
<i>Morinda yucatanensis</i> Greenm.	13	0.08125	0.00660156	0.20395574	8.125
<i>Neea psychotrioides</i> Donn. Sm.	1	0.00625	3.9063E-05	0.03171984	0.625
<i>Neomillspaughia emarginata</i> (Gross) S.F.Blake.	21	0.13125	0.01722656	0.26652299	13.125
<i>Oplismenus</i> sp.	7	0.04375	0.00191406	0.13690529	4.375
<i>Paspalum</i> sp.	3	0.01875	0.00035156	0.07456053	1.875
<i>Passiflora</i> sp.	3	0.01875	0.00035156	0.07456053	1.875
<i>Piscidia piscipula</i> (L.)Sarg.	3	0.01875	0.00035156	0.07456053	1.875
<i>Pisonia aculeata</i> L.	10	0.0625	0.00390625	0.1732868	6.25
<i>Randia aculeata</i> L.	6	0.0375	0.00140625	0.12312804	3.75
<i>Sebastiania adenophora</i> Pax & K.Hoffm.	4	0.025	0.000625	0.09222199	2.5
<i>Senna</i> sp.	3	0.01875	0.00035156	0.07456053	1.875
<i>Setaris</i> sp.	6	0.0375	0.00140625	0.12312804	3.75

Donde

Riqueza específica	S	30
Índice de Margalef	DMg	5.714
Índice de Simpson	D	0.07617
Diversidad de Simpson	1-D	0.9238

Índice de Shannon-Wiener	H'	2.926
Máxima diversidad	Hmax	3.40119738
Equidad de Pielou	J'	0.86028527

#### IV.7.6.7. Comparación entre el SAR y el área del proyecto

Como resultado de los trabajos realizados en campo y tras el análisis de los datos obtenidos, se determinó solamente la presencia de un uso de suelo y vegetación dentro del polígono del Proyecto, el cual corresponde a Selva Mediana Caducifolia en su estado sucesional de vegetación secundaria arbórea (VSA/SMC), tras lo cual se realizó la comparación con la misma comunidad vegetal localizada en el Sistema Ambiental Regional (SAR) delimitado para el Proyecto. El cual se detalla a continuación.

##### Estrato arbóreo

La riqueza específica dentro de este sustrato es la misma para el caso del área de estudio y del SAR en ambos casos se registraron 48 especies de las cuales en ambas unidades, la especie con un mayor valor en el índice de valor de importancia (IVI) es *Piscidia piscipula* la cual presenta un valor de IVI=40.98 en el polígono del proyecto, mientras que para el SAR presenta un valor IVI=39.72, esto dado a que en ambos casos la dominancia y la densidad de esta especie es mayor que la de las demás, aunado a esto la segunda especie en importancia en ambos casos es *Gymnopodium floribundum*, no obstante esta marcada diferencia, el valor obtenido para el índice de Simpson en cada caso, muestra una baja dominancia y una diversidad cercana a 1 (D-AE=0.09853 y D-SAR=0.084430), el índice de equitabilidad de Pielou para ambos casos es mayor de 0.70, (J-AE=0.760488 y J-SAR=0.7238), lo cual indica una distribución similar para el resto de las especies. En cuanto al índice de Shannon-Wiener el calculado para el SAR es superior al del AE (H'-SAR=2.9440 y H'-AE=2.802) en ambos casos el H' máxima calculada es de H' máx= 3.8712, lo cual indica que no las dos unidades se encuentran lejos de su diversidad máxima.

Para las dos unidades muestreadas, los promedios muestran valores muy cercanos como se detalla en la siguiente tabla. Cabe señalar que los valores máximos se localizan en el área de estudio, así mismo a pesar de que los promedios son similares los calculados para el AE son ligeramente mayores, mostrando una comunidad en mejor estado de conservación.

**Tabla IV. 38. Comparación entre la estructura vertical del estrato arbóreo del SAR y el AE.**

PARÁMETRO		AE <sup>3</sup>	SAR
DAP	promedio	7.76	7.49
	máximo	76.9	26.74
	mínimo	2.5	5
Área basal	promedio	0.01466	0.01225
	máximo	2.224326	1.4558
	mínimo	0.00041	0.0019
Altura	promedio	7.28	7.34
	máximo	15	15.2
	mínimo	3.5	5
Cobertura	promedio	9.0307	7.489
	máximo	62.83	35.73
	mínimo	0	0

A pesar de que los índices de diversidad (Simpson, Shannon-Wiener y MArgalef) muestran una diversidad ligeramente mayor en el SAR dentro del polígono del proyecto es donde se concentran las mayores alturas promedio, diámetros y coberturas.

<sup>3</sup> Polígono del proyecto



### Estrato arbustivo

Al igual que en el estrato superior en el estrato arbustivo, se presenta una similitud muy marcada entre el área del proyecto y el SAR, aún cuando dentro del área de estudio se presenta una mayor riqueza específica ( $S=42$ ) con respecto a la riqueza específica del SAR ( $S=32$ ).

La especie dominante en ambos casos es *Gymnopodium floribundum*, teniendo valores de IVI muy por encima del resto de especies, para el caso del SAR la dominancia que ejerce esta especie se denota en los índices de Simpson ( $D=0.1185$ ) y de Pielou ( $J=0.774150$ ), los cuales tienen un mayor valor que los obtenidos para el caso del área de estudio ( $D=0.09602$  y  $J=0.7542$ ), por lo que los índices de diversidad muestran que en el área del proyecto es más diversa que el SAR.

Aunado al resultado obtenido de los índices de diversidad para ambos casos, los promedios de DAP y área basal (AB), se localizan en el área del proyecto, mientras que los promedios más altos en cuanto a altura y cobertura se encuentran en el SAR. En la siguiente tabla se muestra el detalle de los valores obtenidos.

Tabla IV. 39. Comparación entre la estructura vertical del estrato arbustivo del SAR y el AE.

PARÁMETRO		AE	SAR
DAP	promedio	3.32	2.79
	máximo	6.7	4.9
	mínimo	0.3	0.5
Área basal	promedio	0.00167	0.001565
	máximo	12.4469	0.019
	mínimo	0.00007	0.00049
Altura	promedio	3.78	3.89
	máximo	7.5	5.5

PARÁMETRO		AE	SAR
	mínimo	1.2	1
Cobertura	promedio	1.7513	1.8525
	máximo	16.2107	11.78
	mínimo	0.0471	0

### Estrato herbáceo

El estrato herbáceo presenta mayores diferencias entre el área del proyecto y el SAR, la riqueza específica es mayor en el área de estudio ( $S=30$ ) con respecto a la de SAR ( $S=23$ ), la especie *Gymnopodium floribundum* es la especie con un mayor IVI en el caso del SAR, mientras que en el polígono del proyecto esta especie es la segunda en importancia detrás de *Neomillspaughia emarginata*, que es la especie que presenta un mayor IVI. El índice de Simpson, muestra una mayor dominancia de las especies en el SAR ( $D=1152$ ) que en el polígono del proyecto ( $D=0.07617$ ), lo cual se corrobora con los valores obtenidos para el índice de Pielou  $J=0.86$  para el AE y  $J=0.81$  para el SAR.

El índice de Shannon-Wiener presenta un valor mayor en el área del proyecto ( $H'=2.926$ ) que en el SAR ( $H'=2.545$ ), lo cual indica que el área del proyecto es más diverso que el SAR, lo cual concuerda con los valores del índice de Margalef ( $Mgf-AE=5.714$  y  $Mgf-SAR=4.14$ ), aunado a esto los promedios más altos en cuestión de alturas y coberturas se encuentran ubicadas en el polígono del proyecto, con lo anterior se puede determinar que la comunidad herbácea dentro del área de estudio presenta una mayor diversidad y se encuentra en mejor desarrollo que la misma comunidad del SAR. En la siguiente tabla se muestran los promedios de la estructura del estrato.

Tabla IV. 40. Comparación entre la estructura vertical del estrato arbustivo del SAR y el área del proyecto.

PARÁMETRO		AE	SAR
DAP	promedio	-	-
	máximo	-	-
	mínimo	-	-
Área basal	promedio	-	-
	máximo	-	-
	mínimo	-	-
Altura	promedio	0.32	0.18
	máximo	1.45	0.8
	mínimo	0.01	0.01
Cobertura	promedio	0.0252	0.0196
	máximo	0.2341	0.5655
	mínimo	0	0.0001

En términos generales el área de estudio presenta una mayor diversidad y grado de conservación que el que presenta el SAR.

#### IV.7.6.8. Especies en NOM-059-SEMARNAT-2010

Ninguna de las especies registradas en el muestreo de campo (SAR y área del proyecto) se encuentra catalogada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

#### IV.7.6.9. Especies de flora endémicas

De acuerdo con el listado total de especies en campo, únicamente se registró una especie endémica: *Bourreria pulchra*.

Esta planta se distribuye en selvas caducifolias y sábanas en un rango de altitud de 0 a 2000 metros. Actualmente es una especie endémica de la Península de Yucatán por lo que su distribución o endemismo no se restringe al área del proyecto o al SAR. Actualmente ha

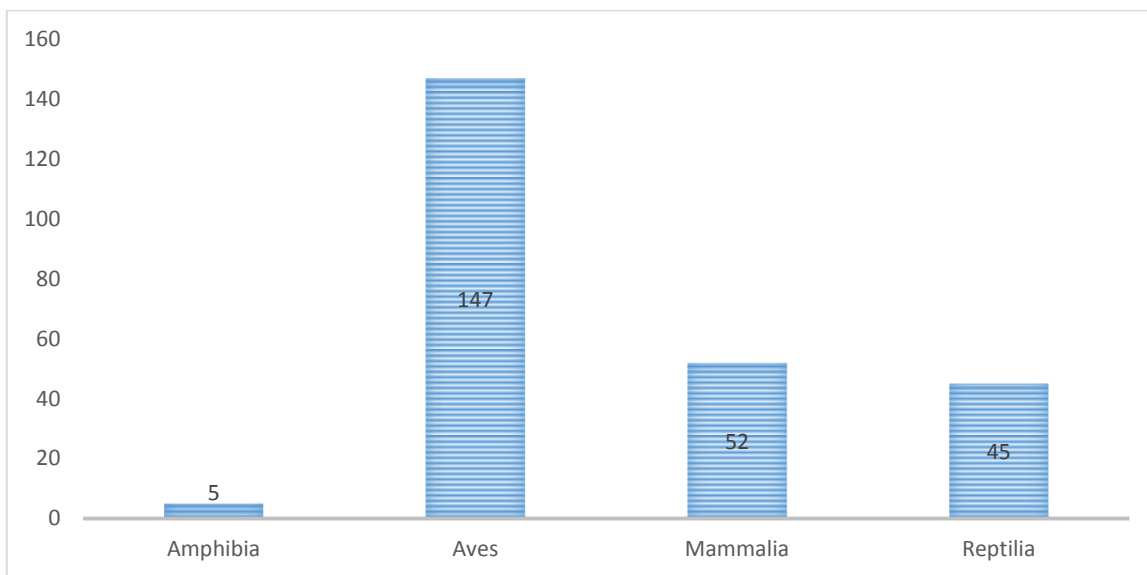
sido colectada en Campeche, Quintana Roo y Yucatán. También existe la posibilidad de que se pueda distribuir en Chiapas.

#### **IV.8. Fauna**

A diferencia de la flora, la fauna tiene la capacidad de desplazarse de un lugar a otro, el desplazamiento de las especies puede estar condicionado a factores ambientales, de perturbación o antropogénicos, por ello la riqueza y la abundancia relativa es muy variable a través del tiempo. Para realizar este apartado se procuró contar con información bibliográfica y de bases de datos actualizadas, así como trabajo de campo que permita realizar un mejor diagnóstico ambiental del área del proyecto.

##### **IV.8.1. Revisión bibliográfica y de bases de datos de fauna en el SAR**

Los registros de fauna en el SAR incluyen un total de cuatro clases (Amphibia, Aves, Mammalia y Reptilia). Se obtuvo un total de 249 registros de fauna, de los cuales la clase aves es el que tiene el mayor número, seguida de la clase Mammalia, Reptilia y Amphibia (ver siguiente figura). Dichas abundancias de las clases, están estrechamente relacionadas con la estructura de la vegetación y características de la zona. La baja abundancia relativa de las otras clases en el SAR se puede considerar debido a que dentro de este, se observan centros de población, infraestructura urbana y usos de suelo con agricultura, así como vegetación secundaria de selva baja y mediana, caducifolia y subcaducifolia. Sin embargo para las aves resulta ser un lugar muy atractivo como áreas de forrajeo. La base de datos de los registros de fauna en el SAR puede ser consultada en el capítulo IX de este DTU.



**Figura IV.49. Registros de fauna en el SAR.**

A continuación se describen las clases de fauna registradas en el SAR.

#### **IV.8.2. Aves**

Esta clase en el SAR es la que presentó el mayor número de registros, de la información obtenida, las aves registradas se incluyen en trece órdenes, 29 familias y 81 especies. De los órdenes reportados, los Paseriformes (96 registros) son los mejores representados. Respecto a las especies con mayores registros son *Melanerpes aurifrons* y *Dives dives*, ambas especies son residentes y suelen ser muy comunes en la costa del Golfo de México (ver siguiente figura). De las especies registrada catorce están incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. El listado bibliográfico y de las especies de fauna registrada en el SAR puede ser consultado en el capítulo IX de este DTU.



Figura IV.50. Especies mejores representadas de la clase aves en el SAR *Melanerpes aurifrons* (izquierda) y *Dives dives* (derecha).

Cabe mencionar que uno de los registros para aves fue el de la especie *Crotophaga sulcirostris*, la cual de acuerdo a las bases de datos consultadas (GBIF, 2016 y CONABIO, 2016), presenta una amplia distribución en el continente americano, contando con registros desde Texas, EUA, México y hasta el sur de Bolivia y norte de Chile y Argentina.

Sin embargo una vez revisada la NOM-059-SEMARNAT-2010, se encontró que la especie *Crotophaga sulcirostris* incluye una subespecie "*Crotophaga sulcirostris pallidula*", la cual está catalogada como probablemente extinta en el medio silvestre (E). Por lo que se revisaron los registros de esta subespecie en las mismas bases, encontrando que presenta registros en la costa de los estados de Sonora, Sinaloa y Baja Sur y un registro fechado en septiembre de 2015 en el estado de Campeche, cercano a la reserva de la biosfera de Calakmul (ver siguiente figura). En este sentido, la ejecución del proyecto no representa un riesgo para la subespecie *Crotophaga sulcirostris pallidula*, debido a que el SAR y área del proyecto se encuentra muy distante de los registros reportados.

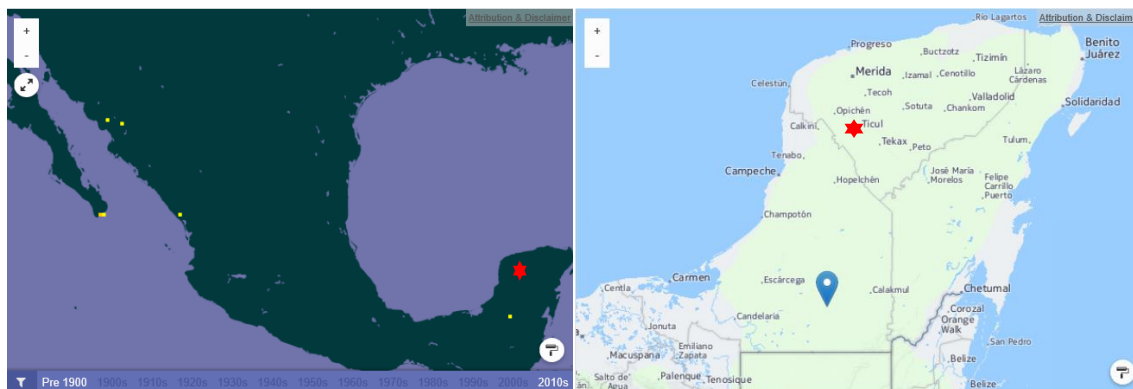


Figura IV.51. Registros para la subespecie *Crotophaga sulcirostris pallidula*.

Por lo anterior, es de reiterar, que la especie para la que se cuenta con registros en la zona del proyecto (*Crotophaga sulcirostris*) no es la subespecie, y no se encuentra bajo ningún estatus de protección por la NOM-059-SEMARNAT-2010. Para el caso de la subespecie *Crotophaga sulcirostris pallidula*, la cual se encuentra catalogada como probablemente extinta en el medio silvestre (E), su distribución no infiere en el SAR y área del proyecto por lo que no será afectada.

### IV.8.3. Anfibios

Referente a la clase Amphibia se cuenta con registro del orden Anura y Caudata, representados por las familias Hylidae y Plethodontidae y las especies *Triprion petasatus* y *Bolitoglossa yucatanana* respectivamente (ver siguiente figura). Respecto a *Triprion petasatus* y una vez revisada la NOM-059-SEMARNAT-2010, se encontró que es una especie no endémica, sujeta Protección especial (Pr), su distribución se reconoce en la Península de Yucatán, así como también se tienen registros para los países vecinos de Guatemala, Belice y Honduras. Referente a *Bolitoglossa yucatanana*, se considera una especie endémica, con categoría de sujeta a Protección especial (Pr), su distribución se presenta en la península de Yucatán. Para esta clase se obtuvo el menor número de registros de acuerdo con la bibliografía, esto probablemente a que las condiciones de la

zona no son aptas o se encuentran modificadas por diversas actividades antropogénicas, así mismo la presencia de anfibios está estrechamente relacionada con cuerpos de agua (dulceacuícolas), en este sentido la ausencia de los mismos en la zona, puede considerarse como un factor limitante para su distribución. El listado bibliográfico y de las especies de fauna registrada en el SAR puede ser consultado en el capítulo IX de este DTU.



Figura IV.52. Especies de la clase Amphibia presentes en el SAR del proyecto (Izquierda-*Tripurion petasatus*; derecha- *Bolitoglossa yucatanana*).

#### IV.8.4. Mamíferos

Para esta clase se reportaron 52 registros, los cuales pertenecen a seis órdenes (incluidos los mamíferos voladores), doce familias y veinticinco especies. Rodentia fue el orden que presentó mayor número de familias y especies. Siendo así, las especies con mayor número de registro fueron *Ototylomys phyllotis* y *Sigmodon hispidus* (ver siguiente figura). Respecto a *Ototylomys phyllotis* considera una especie con amplia distribución dentro de América Central, en países como Costa Rica, Honduras, Guatemala, Nicaragua, El Salvador y Belice, para México su distribución se encuentra dentro de la Península de Yucatán, Tabasco y Chiapas. Referente a *Sigmodon hispidus* es una especie con amplia distribución que va desde el sur de EUA hasta Colombia y Venezuela, presentando una



distribución continua en México y Centroamérica. Ninguna de las especies se encuentra en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.



Figura IV.53. Especies de la clase Mammalia presentes en el SAR del proyecto (Izquierda- *Ototylomys phyllotis*; derecha- *Sigmodon hispidus*).

Para el caso del orden Chiróptera está representado por tres familias y cinco especies, en donde el mayor número de registros se tiene para *Nyctinomops laticaudatus* (ver siguiente figura), una especie de murciélago que se distribuye desde el sur de México hasta el norte de Uruguay, así como las Islas de Cuba y Trinidad. Una vez revisada la NOM-059-SEMARNAT-2010, no se encontró que la especie se considere bajo algún estatus de protección. El listado bibliográfico y de las especies de fauna registrada en el SAR puede ser consultado en el capítulo IX de este DTU.



**Figura IV.54.** La Especie *Nyctinomops laticaudatus*, misma que presenta mayor número de registros en el SAR.

Dentro de los registros bibliográficos de mamíferos se encontró la especie *Oryzomys couesi*, conocida como rata arrocera de Coues, la cual cuenta con una amplia distribución desde el sur de Texas, México, América Central y el noreste de Colombia. Asimismo, y una vez revisando la NOM-057-SEMARNAT-2010, se identificaron las sub especies de *Oryzomys couesi cozumelae*, *Oryzomys couesi crinitus*, *Oryzomys couesi fulgens* y *Oryzomys couesi peninsulae*, de las cuales esta última se encuentra catalogada como probablemente extinta en el medio silvestre (E), las otras tres como amenazadas (A). En este sentido, se revisó la distribución de la subespecie *Oryzomys couesi peninsulae*, encontrado que la misma se encuentra restringida a la península de Baja Sur (ver siguiente figura). Por lo que la ejecución del proyecto no infiere de ninguna forma con la permanencia de esta subespecie.

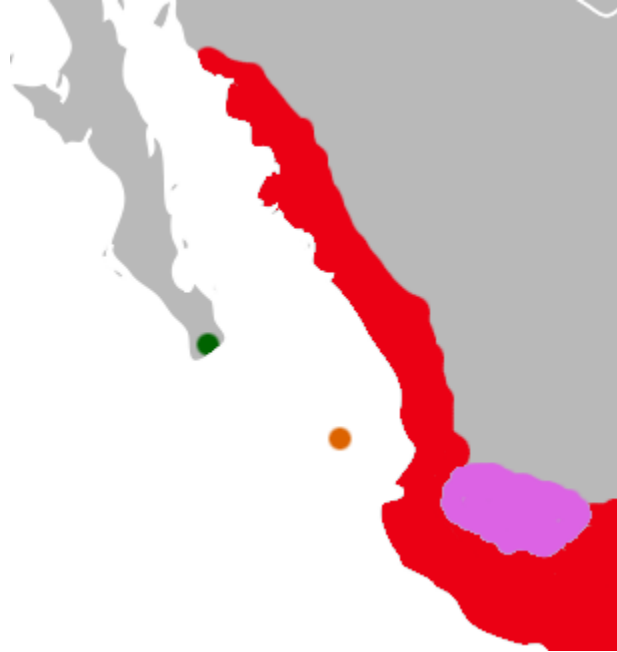


Figura IV.55. En verde se muestran los registros para la subespecie *Oryzomys couesi peninsulae*.

Respecto a las subespecies *Oryzomys couesi cozumelae*, *Oryzomys couesi crinitus*, *Oryzomys couesi fulgens*, su distribución no coincide con el área del proyecto, de acuerdo a Goldman 1918, su distribución se muestra en la siguiente figura.

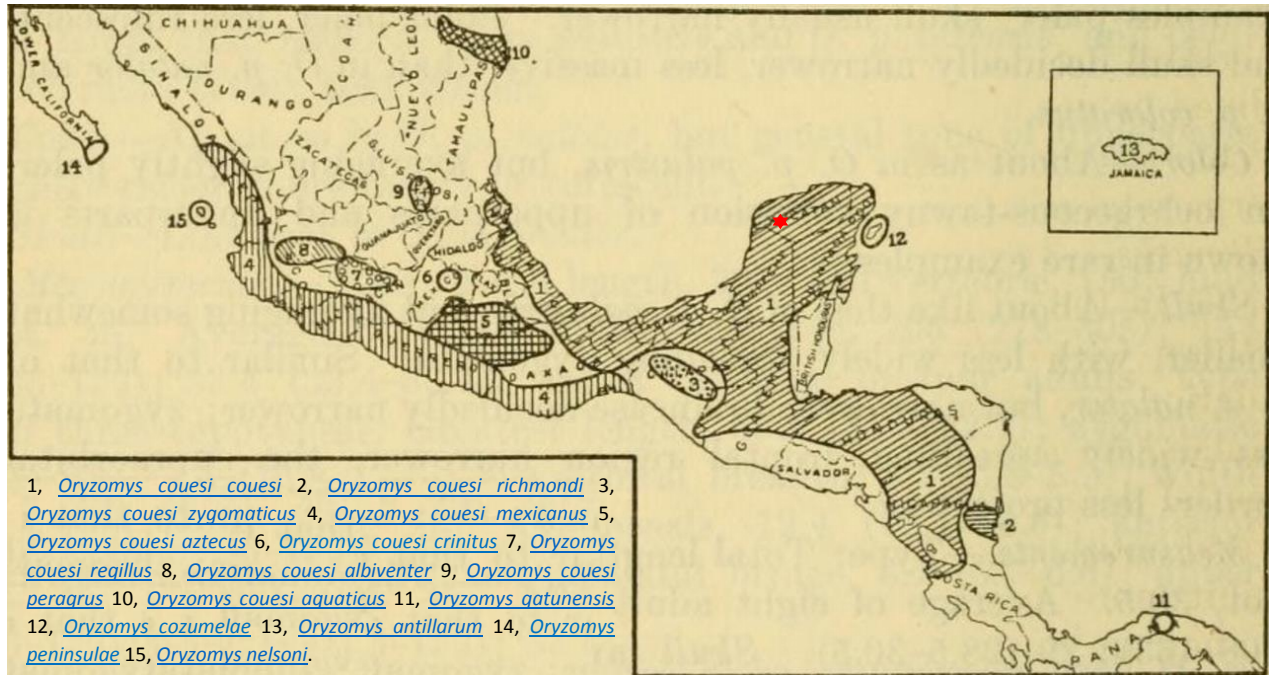


Figura IV.56. Mapa de distribución de las subespecies de *Oryzomys couesi*.

Para la subespecie *Oryzomys couesi cozumelae*, su distribución está limitada a la isla de Cozumel. Respecto a *Oryzomys couesi crinitus*, su rango de distribución se limita al Estado de México. Para el caso de *Oryzomys couesi fulgens*, no se cuenta con registros específicos, sin embargo, Carleton y Arroyo-Cabrales señalan la posibilidad de que dicha subespecie muestra sus orígenes y distribución en el valle de México. En este sentido, la ejecución del proyecto no interfiere ni afecta a la distribución de dichas subespecies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, asimismo no representa ningún riesgo para su viabilidad poblacional, debido a que el SAR y área del proyecto no infieren en su distribución.

#### IV.8.5. Reptiles

Los reptiles en el SAR están representados por dos órdenes, nueve familias y doce especies. El orden mejor representado fue Squamata con ocho familias y once especies. Referente al orden Testudines, está representado por una familia (Emydidae) y la especie *Trachemys scripta*. Para el caso de número de especies por familia, se obtuvo que las de mayor registro presentaron dos especies. Referente a la especie con mayor número de registros fue *Thecadactylus rapicauda* con 21, seguida de *Ctenosaura defensor* con 7 registros.

Respecto a *Thecadactylus rapicauda* (ver siguiente figura), es una especie nativa de América Central incluyendo los países de México, Belice, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá; el Caribe (Trinidad y Tobago, Antillas menores, Islas de Sotavento, Aruba, Antigua y Bermuda), así como Sudamérica presente en Colombia, Guyana Francesa, Surinam, Guyana, Venezuela y el norte de Brasil.



Figura IV.57. La especie *Thecadactylus rapicauda*, misma que presenta mayor número de registros en el SAR.

Para el caso de la especie de *Ctenosaura defensor* (ver siguiente figura), es un tipo de iguana endémica de la Península de Yucatán. Sus principales amenazas están consideradas por el cambio de uso de suelo y su captura con fines de mascota.



**Figura IV.58.** La especie *Ctenosaura defensor*, misma que presenta uno de los mayores números de registros en el SAR.

Una vez revisada la NOM-059-SEMARNAT-2010, se encontró que *Thecadactylus rapicauda* se encuentra listada bajo la categoría de Protección especial (Pr) y *Ctenosaura defensor*, en Peligro de extinción (P).

Por otro lado, el listado bibliográfico y de las especies de fauna registrada en el SAR puede ser consultado en el capítulo IX de este DTU.

#### **IV.8.6. Especies registradas en el SAR en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010**

De la fauna registrada bibliográficamente en el SAR se incluye un total de 18 especies en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (ver siguiente tabla).

**Tabla IV. 41. Especies en el SAR que se encuentran en categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010.**

ID	Clase	Orden	Familia	Especie	Estatus en NOM	Distribución
1	Aves	Falconiformes	Falconidae	<i>Falco peregrinus</i>	Pr	No endémica
2		Accipitriformes	Accipitridae	<i>Leptodon cayanensis</i>	Pr	No endémica
3			Accipitridae	<i>Buteo lagopus</i>	Pr	No endémica
4		Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona xantholora</i>	A	Endémica
5	Anfibios	Anura	Hylidae	<i>Tripriorion petasatus</i>	Pr	No endémica
6		Caudata	Plethodontidae	<i>Bolitoglossa yucatanana</i>	Pr	Endémica
7	Mamíferos	Carnivora	Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>	P	No endémica
8		Perissodactyla	Tapiridae	<i>Tapirus bairdii</i>	P	No endémica
9		Soricomorpha	Soricidae	<i>Cryptotis mayensis</i>	Pr	No endémica
10		Rodentia	Muridae	<i>Otonyctomys hatti</i>	A	No endémica
11	Reptiles	Squamata	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	A	No endémica
12			Iguanidae	<i>Ctenosaura defensor</i>	P	Endémica
13			Gekkonidae	<i>Thecadactylus rapicauda</i>	Pr	No Endémica
14			Colubridae	<i>Symphimus mayae</i>	Pr	Endémica
15			Corytophanidae	<i>Laemanctus serratus</i>	Pr	Endémica
16			Eublepharidae	<i>Coleonyx elegans</i>	A	No endémica
17			Viperidae	<i>Crotalus durissus</i>	Pr	No endémica
18			Boidae	<i>Boa constrictor</i>	A	No endémica



#### IV.8.6.1. Aves incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

- *Leptodon cayanensis*

Habita en selvas altas tropicales, selva baja y vegetación secundaria, orillas de los bosques primarios al igual que manchones no perturbados del bosque húmedo, arbustos altos y matorrales espesos en áreas húmedas, matorrales y breñales en áreas más secas, agua dulce, agua salobre, manglares, orillas de ciénagas, hábitats fragmentados. Presenta una dieta variada, consume insectos, de los cuales destacan los isópteros, himenópteros (avispa y avispone), coleópteros, ortópteros y larvas de lepidópteros. También, se alimenta de pequeños vertebrados como ranas, lagartijas, culebras, aves y sus huevos e incluso, moluscos. Se distribuye desde el este de México, Honduras, norte de Bolivia y Argentina. En México se encuentra en los estados de Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán (ver siguiente figura).

Se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr) y es reportada como una especie no endémica.



Figura IV.59. Registros de distribución de la especie *Leptodon cayanensis* (Fuente: [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).

La alteración de los hábitats es el factor causal de la pérdida de la especie, entre los que se incluye la destrucción de selvas por apertura de tierras para la agricultura, explotación forestal y en algunos casos por incendios forestales, así como la cacería furtiva.

- *Buteo lagopus*

Es una especie propia del Hemisferio Norte, se distribuye y nidifica en latitudes altas de Asia, América del Norte y Europa, donde tan sólo cría en la Península Escandinava, Finlandia y el norte de Rusia, puesto que a partir de ahí se extiende hacia Asia ocupando Siberia (se muestra en la siguiente figura). Se trata de un ave migratoria, por lo que durante el invierno baja del norte hacia el centro, a latitudes algo más templadas, por ejemplo en Europa a lo largo de esta estación en la Península Balcánica, en los Alpes, así como en el entorno del Mar del Norte, y por tanto en países o lugares como Dinamarca, islas Británicas, Alemania, Holanda e incluso Bélgica y noreste de Francia (donde constituye una especie rara). Más extraña es su presencia en el noreste de España (Cataluña), donde también se localiza y con una presencia certificada mediante observaciones homologadas y por tanto contrastada. No es considerada como especie endémica y como se puede observar en la figura no es una especie que se restringe al área del proyecto o al SAR.

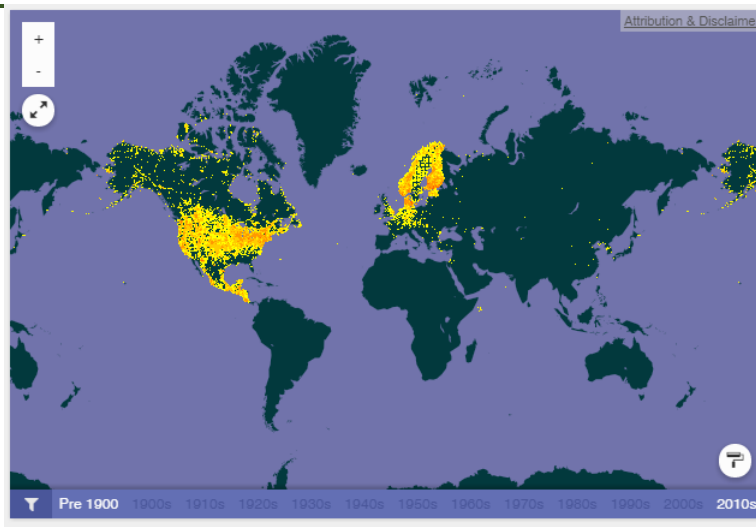


Figura IV.60. Registros de distribución de la especie *Buteo lagopus* (Fuente: [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).

- *Falco peregrinus*

Es un ave rapaz con una amplia distribución (la de mayor distribución), sus áreas de cría abarca desde la tundra ártica hasta el sur de América del Sur. Se puede encontrar casi en todas partes de la Tierra, excepto en regiones polares extremas, montañas muy elevadas y selvas tropicales como se presenta en la siguiente figura. Presenta hábitos migratorios de muchas poblaciones del norte.

Vive principalmente a lo largo de cadenas montañosas, valles fluviales, líneas costeras y, cada vez más, en ciudades. Se le cita a menudo como el animal más veloz del planeta cuando realiza sus vuelos en picado para cazar, lo que implica elevarse a una gran altura y luego lanzarse hacia abajo a velocidades que habitualmente alcanzan más de 300 km/h, y golpear un ala de su presa para no dañarse en el impacto. Como se muestra en la siguiente figura esta ave es cosmopolita por lo que su distribución no se restringe al SAR o al área del proyecto.

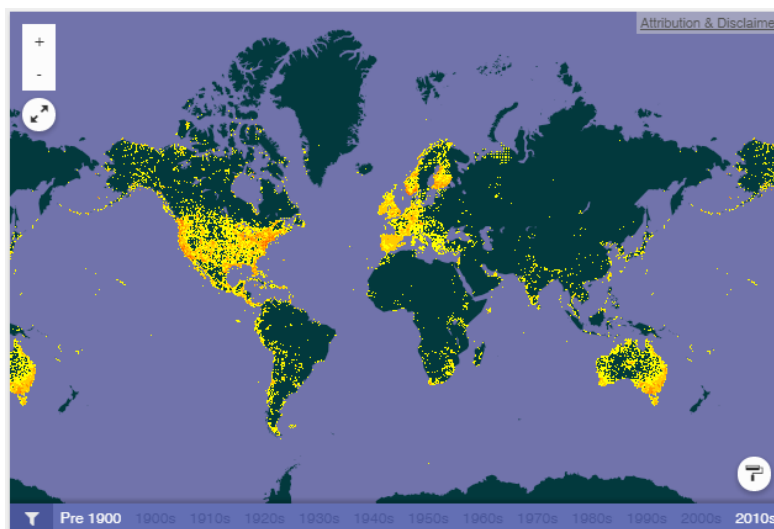


Figura IV.61. Registros de distribución de la especie *Falco peregrinus* (Fuente: [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).

- *Amazona xantholora*

Esta especie solía ser abundante en toda la península de Yucatán, pero con la llegada de pobladores, su abundancia se redujo y ahora está ausente o en números muy bajos, en zonas urbanas y sus alrededores. Es considerada como una especie cuasiendémica de la Península de Yucatán. Es decir, se le encuentra en los estados de Yucatán, Quintana Roo (incluyendo la isla Cozumel) y Campeche en México y el Norte de Belice (ver siguiente figura). Las áreas naturales protegidas dentro de la Península de Yucatán sirven como refugios para la especie, entre ellas se encuentra Sian Ka'an. De igual manera, las regiones con biomasa forestal extensa como son las regiones Puuc, Calakmul-Silvituc y las áreas forestales aledañas a la Reserva de Sian Ka'an, en Quintana Roo.

Puede ser observada tanto en sistemas naturales, como en modificados, por lo que puede considerarse como generalista en cuanto al hábitat. Se encuentra en zonas abiertas (cercanas a cultivos, vegetación seca, selvas deciduas y selvas húmedas, entre los 100 y 250 m de altura). Esta especie se encuentra en selva tropical caducifolia, subcaducifolia y subperennifolia principalmente, así como en zonas cercanas a cultivos agrícolas. Como se muestra en la siguiente figura esta especie no se restringe al área del proyecto o al SAR y de acuerdo a los registros obtenidos se ha registrado ampliamente en la zona costera de la Península de Yucatán.

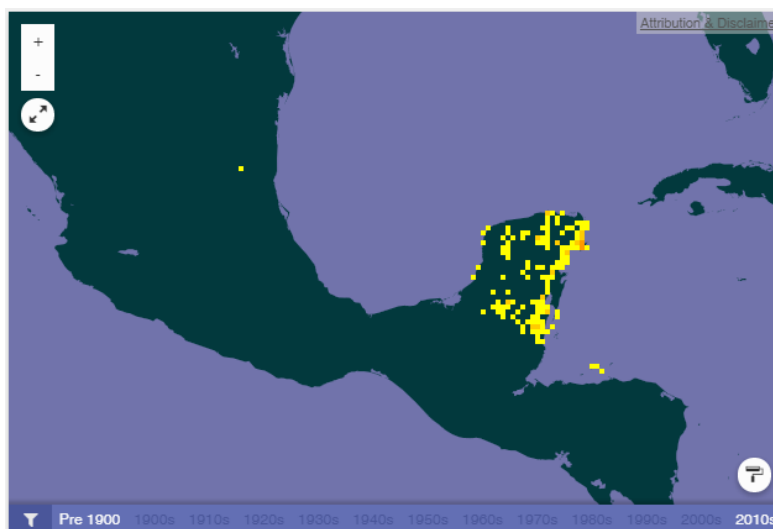


Figura IV.62. Registros de distribución de la especie *Amazona xantholora* (Fuente: [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).

#### IV.8.6.2. Anfibios incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010

- *Tripurion petasatus*

Esta especie se encuentra bien distribuida en los diferentes hábitats de la península, sus actividades están relacionadas con la disponibilidad de agua, por lo que en la mayoría de estos sitios está ausente la mayor parte del año. El hábitat preferido por esta especie consiste en lugares con mucha humedad, es común localizarla en estanque temporales

rodeados de vegetación durante la época de lluvia, la cual va de finales de mayo a agosto, sin embargo esto es muy variable. Se alimenta de una gran variedad de invertebrados y algunas hembras de tallas grandes pueden comerse a otras ranas de talla más pequeña.

Es una especie con distribución muy cercana de los límites de la Península de Yucatán, en la parte mexicana de esta se localiza en número considerable de localidades para los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo (ver siguiente figura).

Se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr) y es reportada como una especie no endémica.

Entre los factores de riesgo más importantes que afectan a esta especie se encuentra la reducción en la cobertura vegetal, los cambios de uso del suelo, la contaminación de los cuerpos de agua con detergentes, plaguicidas o fertilizantes, la fragmentación del hábitat por la construcción de nuevos caminos y finalmente la expansión demográfica que ha ido en aumento en los últimos años en la Península de Yucatán.

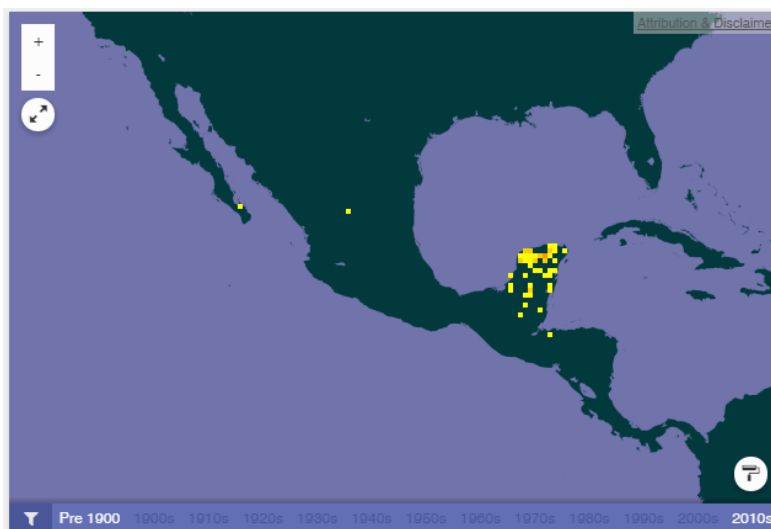


Figura IV.63. Registros de distribución de la especie *Triprion petasatus* (Fuente: [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).

- *Bolitoglossa yucatanana*

Se considera una especie endémica de la Península de Yucatán, su distribución se estimó para la porción norte de la Península, sin embargo se han encontrado algunos registros que sugieren una distribución extendida hacia la base de la Península y al norte de Belice como se muestra en la siguiente figura. De los registros obtenidos es una especie bien representada en la Península por lo que su distribución no se restringe al SAR o al área del proyecto.

Los reportes bibliográficos y los registros de la especie nos indican una dependencia de la especie hacia el agua. La mayor parte de los registros son cercanos a cuerpos de agua ya sea perennes o estacionales, en un caso se encontró un ejemplar en una bromelia (*Acacia* sp.) las cuales sirven de almacén de agua durante la época de secas. Los climas dominantes para la región en la que se distribuye la especie son climas cálidos subhúmedos con lluvias en verano (Am y Aw) o climas semisecos que van de los cálidos a muy cálidos (Bsh y Bw). La altitud reportada para las especies va de los 10 m a los 150 msnm. Muy probablemente se alimenta de una variedad de pequeños invertebrados. Su hábitat natural son bosques húmedos tropicales o subtropicales a baja altitud, jardines rurales y zonas previamente boscosas ahora muy degradadas.

Los factores de riesgo para esta especie son la reducción en el hábitat natural, el cambio en el uso del suelo y la contaminación del agua, ya que esta especie depende de este recurso para realizar su ciclo biológico.

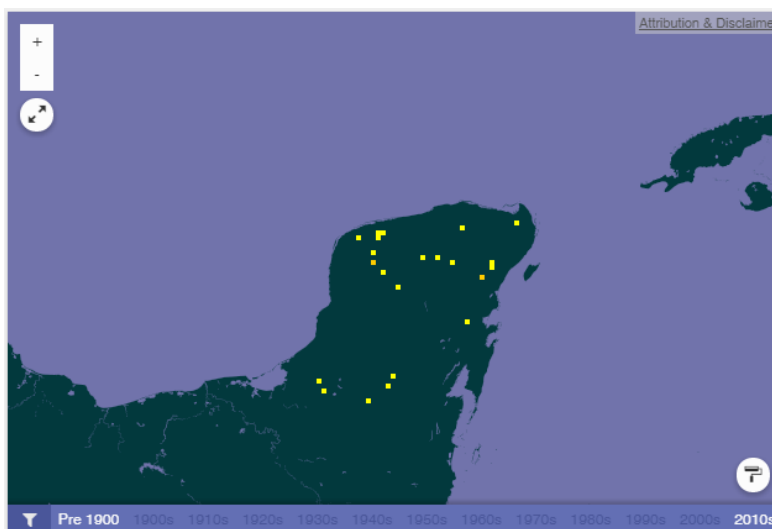


Figura IV.64. Registros de distribución de la especie *Bolitoglossa yucatanana*(Fuente: [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).

#### IV.8.6.3. Mamíferos incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010

- *Leopardus pardalis*

El ocelote presenta una alta preferencia por ambientes húmedos con una cobertura vegetal densa y abundante, como los bosques de galería. Sin embargo, se le ha observado frecuentemente caminar por las playas de los ríos y esteros. Prefieren ambientes con densa cobertura vegetal (e.g. selvas perennifolias, selvas caducifolias y bosques de galería). Por lo regular evitan las áreas abiertas, sin embargo durante la noche pueden forrajear en ellas.

Se distribuye principalmente en los planos costeros y serranías de la vertiente del Pacífico y Atlántico. Desde Sonora y Tamaulipas hacia el sur hasta el Istmo de Tehuantepec y de ahí hacia el este de Chiapas y la Península de Yucatán. Los estados donde se ha reportado son: Campeche, Chiapas, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Quintana Roo. Sonora, Tabasco, Tamaulipas y Yucatán (ver siguiente figura). Como se describió el ocelote es una especie



ampliamente distribuida en México y otros países por lo que su distribución no se restringe al SAR o al área del proyecto.

Esta especie es reportada como una especie no endémica. La principal amenaza para su conservación es la pérdida y fragmentación del hábitat debido al desarrollo de las actividades agrícolas y ganaderas a lo largo de sus áreas de distribución. Otra amenaza es la cacería furtiva sobre la especie y sobre sus presas lo que fomenta, debido a la falta de disponibilidad de alimento, que a la larga este felino se aproxime a las granjas en busca de alimento, ocasionando daños y dando origen a conflictos con los humanos. El tráfico ilegal de sus productos (e.g. piel y colmillos), en el mercado negro la piel del ocelote es muy apreciada y alcanza precios elevados.



Figura IV.65. Registros de distribución de la especie *Leopardus pardalis* (Fuente: [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).

- *Tapirus bairdii*

Esta especie muestra una marcada preferencia por las selvas tropicales por debajo de los 500 msnm y donde existan cuerpos de agua (ríos, lagos, estanques, arroyos).

Es herbívoro la mayor parte de su dieta la constituyen hojas, brotes tiernos, frutos y cortezas de distintas plantas como *Brosimum alicastrum* y *Vatairea lundelli* en La Selva Lacandona, Chiapas.

Se distribuye principalmente en los estados de Campeche, Chiapas y Quintana Roo; originalmente se podía encontrar en Oaxaca, Veracruz y Tabasco (ver siguiente figura), por lo que su distribución no se restringe al SAR al área del proyecto.



Figura IV.66. Registros de distribución de la especie *Tapirus bairdii* (Fuente: [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).

Se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de en Peligro de Extinción (P) y es reportada como una especie no endémica.

Los factores de riesgo son principalmente la destrucción y fragmentación del hábitat debido a la deforestación resultado de la ganadería, agricultura y extracción ilegal de especies, maderables, invasión de terrenos dentro de las reservas, así como incendios forestales; cacería furtiva ya que son animales sometidos a cacería "deportiva" o de subsistencia.

- *Cryptotis mayensis*

Esta especie de musaraña es de tamaño medio en relación con otras de su género. Su distribución está limitada a la provincia florística Península de Yucatán y al norte de Belice como se muestra en la siguiente figura. Esta especie es generalista, se le encuentra en selvas perennifolias, caducifolias y subcaducifolias, así como en los ambientes riparios. Es común encontrarlos en ambientes con densa cobertura vegetal ya que tiene costumbres minadoras, se desplazan bajo las hojas del sotobosque.

Es una especie que se alimenta de pequeños invertebrados, pequeños reptiles, frutas y carroña. Son organismos solitarios, activos en el día y en la noche, debido a su acelerado metabolismo necesitan estar comiendo casi ininterrumpidamente.

La principal amenaza para su conservación es la pérdida de hábitat como consecuencia de las prácticas agrícolas, ganaderas y forestales que se realizan en toda la Península. Como segunda causa están los incendios forestales que arrasaron con extensas áreas de selvas durante la temporada de secas, volviéndose muy peligrosos y frecuentes previo a la temporada de lluvias como respuesta a la práctica de roza-tumba y quema.

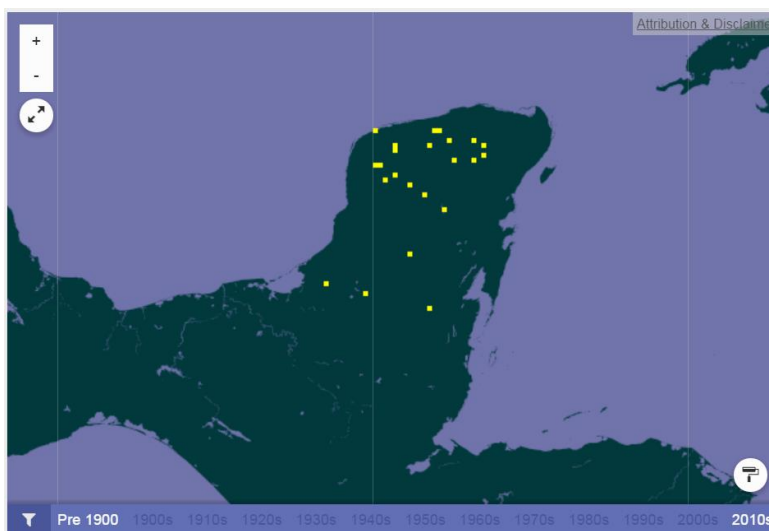


Figura IV.67. Registros de distribución de la especie *Cryptotis mayensis* (Fuente: [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).

- *Otonyctomys hattii*

Es uno de los roedores menos conocidos y menos estudiados, se tienen 13 especímenes y material fragmentado procedente de Xpukil, al oeste de Mérida en Yucatán. De acuerdo con los registros obtenidos de las bases de datos se ha observado que esta especie se ha registrado en estados como Campeche y Quintana Roo, por lo que su distribución no se restringe al SAR o al estado de Yucatán. Esta especie habita en árboles, en bosque semicaducifolio. Las descripciones del hábitat en general mencionan que fueron capturados en trampas colocadas encima de troncos de árboles caídos o en árboles de mediana altura o en estructuras asociadas a construcciones. Todas las áreas en las que ha sido colectado permanecen como áreas de vegetación natural y una de las localidades cae dentro de la reserva de Calakmul, en Campeche. Respecto a su alimentación, está basada en semillas y frutas suaves.

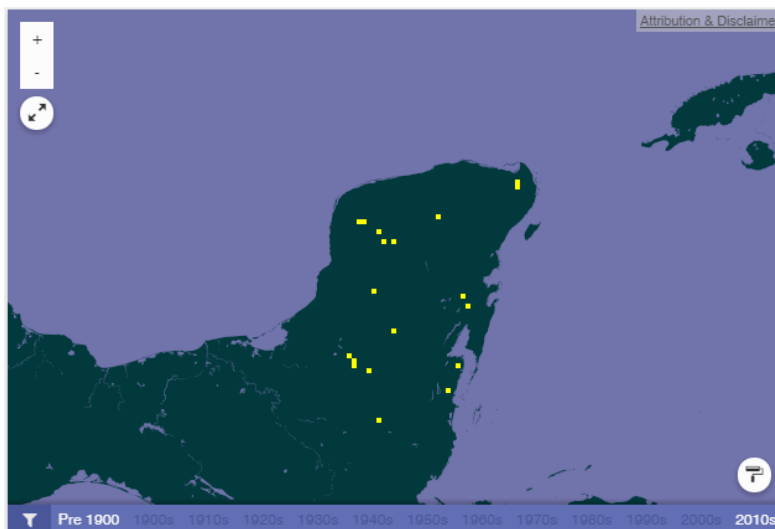


Figura IV.68. Registros de distribución de la especie *Otonyctomys hattii* (Fuente: [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).

#### IV.8.6.4. Reptiles incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010

- *Ctenosaura similis*

Esta especie habita en climas calientes, secos, templados y húmedos. Se alimenta principalmente de vegetación, flores y frutos; y en lugares donde está es abundante, no es necesario forrajear durante periodos de tiempo prolongados. Se sabe que se alimenta de chapulines, ranas pequeñas, otras lagartijas, ratones, polluelos de varias aves pequeñas, murciélagos, así como también se ha encontrado en su dieta heces humanas.

Se distribuye en México en los estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán, como se muestra en el siguiente mapa. Sin embargo es una especie que también se distribuye en otros países como Centroamérica, por lo tanto su distribución no está restringida al SAR o al polígono del proyecto.

Se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de Amenazada (A) y no es reportada como una especie endémica. Los principales factores de riesgo son la fragmentación y disminución del hábitat, el consumo de la carne, la piel y los huevos de esta especie.



Figura IV.69. Registros de distribución de la especie *Ctenosaura similis* (Fuente: [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).

- *Ctenosaura defensor*

Esta especie es predominantemente terrestre, aunque se ha documentado el uso de los huecos en los árboles. El clima predominante en la región donde se distribuye este saurio es cálido subhúmedo y en algunas zonas es semiárido. Se alimenta principalmente de frutos, flores, verdura y pequeños animales como grillo, cucarachas, langostas, etc. Se distribuye en México en los estados de Campeche y Yucatán (ver siguiente figura).

Se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría en Peligro de Extinción (P) y es reportada como una especie endémica a la Península de Yucatán.

Se considera que por la región donde se ubica la localidad, los principales factores de riesgo para esta especie están asociados al incremento de la fragmentación del hábitat, a la captura para consumo humano y para su comercio en el mercado de mascotas.

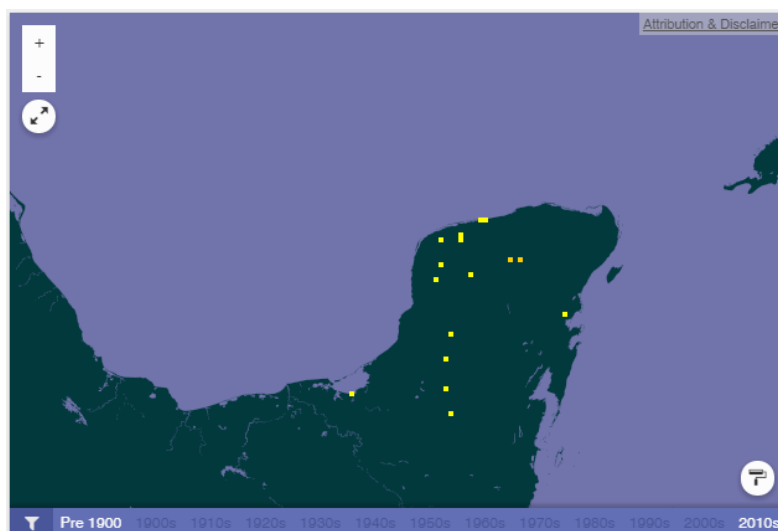


Figura IV.70. Registros de distribución de la especie *Ctenosaura defensor* (Fuente: [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).

- *Thecadactylus rapicauda*

Esta especie habita principalmente en la selva y zonas arboladas, ya sea en los árboles o en el suelo. Se les puede observar en tierras altas, agujeros de los árboles. Son muy activos durante la noche y por el día se les puede observar tomando el sol.

Se alimenta principalmente de insectos que incluyen cucarachas, escarabajos, saltamontes y arañas.

Es nativo de América Central (el sudeste de México, Belice, Guatemala, Honduras, Nicaragua, y Costa Rica, Panamá), el Caribe (Trinidad y Tobago, Antillas menores, Islas de Sotavento, Aruba, Antigua y Barbuda), el norte de Sudamérica (Colombia, Guayana Francesa, Surinam, Guyana, Venezuela, y el norte de Brasil), como se muestra en la siguiente figura. De acuerdo con los datos obtenidos

Se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr) y no es reportada como una especie endémica.

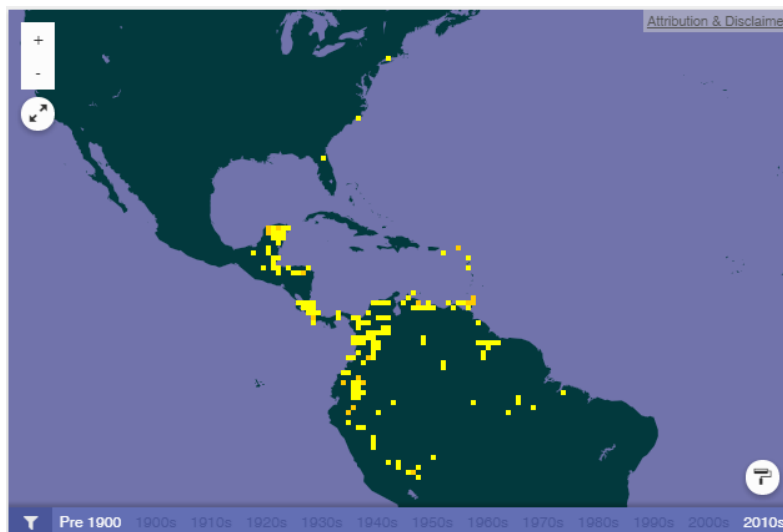


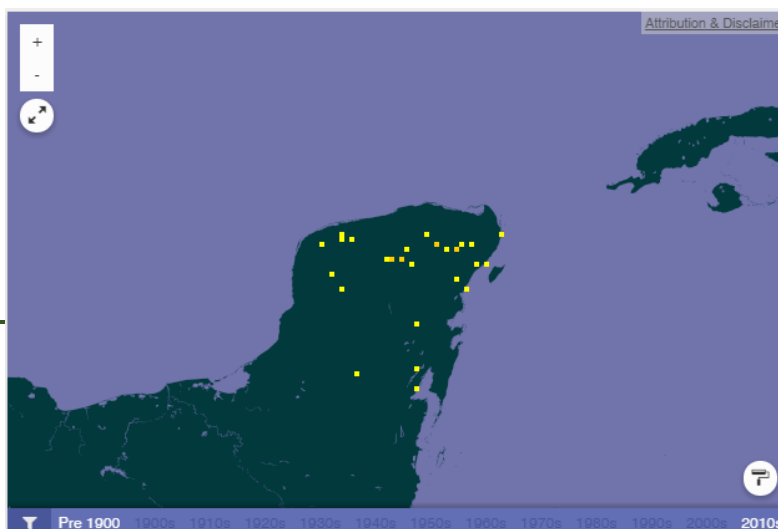
Figura IV.71. Registros de distribución de la especie *Thecadactylus rapicauda* (Fuente: [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).

- *Symphimus mayae*

El hábitat de la especie es más hacia ambientes secos de los bosques espinosos o la selva baja perennifolia, aunque se ha encontrado en lugares sombreados con mucha humedad y materia orgánica. Se alimenta de una variedad de insectos, entre los que se encuentran grillos y saltamontes.

*S. mayae* es endémica a la Península de Yucatán. Las poblaciones principales de esta especie corresponden a la porción norte de la Península, pero se tienen registros de una población aislada en Belice y otros registros aislados al sur de Campeche y Quintana Roo, por lo que puede ser que su distribución real sea en toda la Península, como se muestra en la siguiente figura. Como se muestra en la figura es una especie con registros en diversos lugares de la Península de Yucatán por lo que su distribución no se restringe al SAR o al polígono del proyecto.

Se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr) y es reportada como una especie endémica. Entre los factores de riesgo se encuentra la fragmentación del hábitat por cambios de uso del suelo, la reducción del hábitat natural, el método tradicional de cultivo (roza-tumba-quema), y la falta de información de la gente que extermina las serpientes por temor a sufrir algún daño.





**Figura IV.72. Registros de distribución de la especie *Symphimus mayae* (Fuente: [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).**

- *Laemanctus serratus*

El hábitat de la especie varía de acuerdo con los tipos de vegetación que presente el área. En general acostumbra esconderse entre las ramas de los árboles, en los troncos o arbustos con los que se camuflajea. Con frecuencia se encuentra perchando en lianas o troncos cercanos al suelo. Se alimenta de una gran variedad de invertebrados, principalmente insectos.

*L. serratus* se distribuye desde el suroeste de Tamaulipas por la vertiente del Golfo y desde Oaxaca por la vertiente del Pacífico hacia el sureste hasta la Península de Yucatán. Se ha reportado para los estados de Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Querétaro, Guanajuato, Hidalgo, San Luis Potosí, Tamaulipas, Campeche, Yucatán y Quintana Roo (ver siguiente figura).

Se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr) y es reportada como una especie endémica de México por lo que su distribución no se restringe al SAR o a Yucatán donde se pretende desarrollar el proyecto.

Dentro de las principales amenazas para esta especie se encuentra la pérdida del hábitat natural por cambios de usos del suelo. La relación entre el estado del hábitat y el

desarrollo de sus poblaciones aún no está bien estudiada pero se ha observado que puede ser un factor importante que las limite.

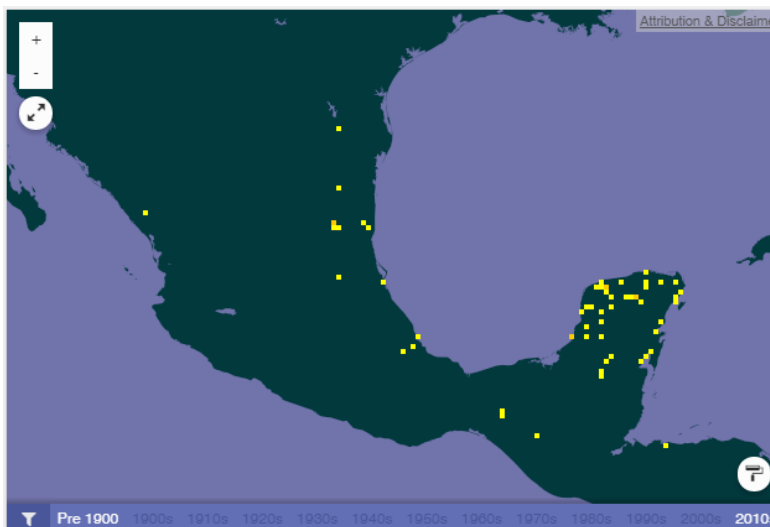


Figura IV.73. Registros de distribución de la especie *Laemanctus serratus* (Fuente: [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).

- *Coleonyx elegans*

Esta especie se puede encontrar en varios tipos de vegetación, selva alta, baja, pastizales etc. Acostumbra vivir en cuevas, oquedades o entre construcciones abandonadas o viejas. También se le puede encontrar en áreas rocosas, cuevas o grutas. En la selva suele encontrarse por las noches caminando a las orillas de los caminos en busca de alimento. Se alimenta principalmente de pequeños invertebrados como arañas, grillos, escarabajos y otros artrópodos.

*Coleonyx elegans* se distribuye desde el sur de Nayarit en la vertiente del Pacífico y desde el sur de Veracruz, incluyendo la Península de Yucatán. Se menciona que se distribuye desde Veracruz y Tabasco por el atlántico y desde el Istmo de Tehuantepec por el Pacífico como se muestra en la siguiente figura. De acuerdo con los datos obtenidos es una especie bien representada en la Península de Yucatán por lo que su distribución no es restringida al SAR.



**Figura IV.74. Registros de distribución de la especie *Coleonyx elegans* (Fuente: [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).**

Se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de Amenazada (A) y es reportada como una especie no endémica.

Existen varios factores de riesgo para esta especie, principalmente por la reducción del hábitat natural por procesos de cambios de uso del suelo. En gran parte del área de distribución el desarrollo de la mancha urbana ha reducido el espacio para su desarrollo. También la ignorancia de las personas es un factor de riesgo muy importante ya que, aseguran, esta especie es venenosa y es capaz de dañar al hombre simplemente con la sombra; debido a esta creencia, la especie es eliminada a la menor oportunidad.

- *Crotalus durissus*

Esta especie se ha reportado en México para los estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Querétaro, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Distrito Federal, Estado de México, Morelos, Puebla, Tlaxcala, San Luis Potosí, Quintana Roo y Yucatán. *C. durissus* es una de las serpientes de cascabel mayor distribuidas, se distribuye por la vertiente del Golfo y por la vertiente del Pacífico desde el este de Michoacán hacia el sur hasta

Sudamérica (ver siguiente figura). Al revisar los datos de registro podemos observar que es una especie bien distribuida en México como en Sudamérica por lo que su distribución no es exclusiva del SAR o de Yucatán.

Esta especie se encuentra con frecuencia en regiones semiáridas, incluyendo selvas secas o muy húmedas y bosques de espinos; se le encuentra en áreas abiertas o muy densas. Otros tipos de hábitat también se incluyen debido a la amplitud de su distribución entre los que se encuentran los bosques de pino-encino, matorrales, pastizales, áreas de cultivo y sabanas, en menor grado se ha encontrado en sitios fríos.

Es una serpiente terrestre de hábitos diurnos, nocturnos o crepusculares dependiendo de la época del año. Se observó que una de las mayores amenazas que sufren sus poblaciones es consecuencia de la fragmentación del hábitat



Figura IV.75. Registros de distribución de la especie *Crotalus durissus* (Fuente: [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).

- *Boa constrictor*

Estas son las serpientes más largas y robustas de México, alcanzan una longitud de hasta 5,000 mm de longitud hocico-cloaca. Su distribución es desde Tamaulipas por la vertiente

---

del Golfo y desde Sonora y Baja California por la vertiente del Pacífico hacia el sur atravesando todo México y se prolonga hasta Sudamérica (ver siguiente figura). Entre los estados en que se ha reportado se encuentran: Durango, Querétaro, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, San Luis Potosí, Campeche, Michoacán, Nayarit, Yucatán, Zacatecas, Morelos, Colima, Veracruz, la Península de Baja California, Guerrero, Jalisco, Tabasco y Puebla. De acuerdo con esta información y los registros obtenidos de esta especie, se puede decir que está bien representada en México como en otros países.

Se le puede encontrar debajo de troncos de árboles caídos, piedras, en el suelo, en grietas o cuevas, entre las ramas de los árboles, en construcciones viejas o abandonadas y muy comúnmente en áreas de cultivos.

Sin lugar a dudas el principal riesgo que corre esta especie es consecuencia de la explotación que se está dando gracias al comercio ilegal que se hace de ella. Esta especie es muy importante dentro de la ecología de las poblaciones naturales ya que ocupa uno de los niveles más altos de la cadena alimenticia; funciona como controlador de especies menores como roedores y otros pequeños mamíferos que ocasionalmente llegan a ser plaga cuando sus poblaciones son altas.



Figura IV.76. Registros de distribución de la especie *Boa constrictor* (Fuente: [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).

## IV.9. Trabajo de campo de la fauna

A continuación se describirán los resultados de los muestreos realizados en el SAR y en el polígono del proyecto. Las técnicas de muestreo empleadas, así como los índices de diversidad de la fauna pueden ser consultadas en el capítulo IX de este DTU.

### IV.9.1. Resultados del muestreo de fauna en el SAR

Durante el trabajo de campo realizado en el SAR (22 transectos=13.2 ha), se registró un total de 43 especies, de las cuales 30 pertenecen a la clase de aves, 7 a la clase reptilia y 6 a la clase mammalia, no obteniendo ningún registro para la clase amphibia.

En la siguiente tabla se muestran las especies registradas por cada una de las clases.

Tabla IV. 42. Especies registradas en campo dentro de SAR.

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común
Reptilia	Squamata	Dactyloidae	<i>Anolis sagrei</i>	Anolis pardo
		Dipsadidae	<i>Dipsas brevifacies</i>	Culebra caracolera chata
		Teiidae	<i>Holcosus undulatus</i>	Ameiva metálica
			<i>Aspidoscelis angusticeps</i>	Huico Yucateco
		Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana espinosa rayada
		Phrynosomatidae	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	Lagartija escamosa pintas amarillas
	Colubridae	<i>Drymarchon corais</i>	Culebra índigo	
Mammalia	Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Armadillo nueve bandas

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común	
	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus yucatanensis</i>	Ardilla yucateca	
	Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo Serrano	
	Carnivora	Procyonidae	<i>Bassariscus sumichrasti</i>	Cacomixtle tropical	
	Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí de Collar	
Cervidae		<i>Mazama pandora</i>	Temazate pardo de Yucatán		
Aves	Accipitriformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura	
			<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote común	
	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Caprimulgus badius</i>	Tapacaminos huil	
			<i>Chordeiles acutipennis</i>	Chotacabras menor	
	Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma ala blanca	
	Coraciiformes	Momotidae	<i>Eumomota superciliosa</i>	Momota ceja azul	
	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero pijuy	
	Galliformes	Odontophoridae	<i>Colinus nigrogularis</i>	Codorniz yucateca	
	Passeriformes		Cardinalidae	<i>Passerina cyanea</i>	Colorín azul
			Corvidae	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara yucateca
			Emberizidae	<i>Arremonops rufivirgatus</i>	Rascador oliváceo
			Fringillidae	<i>Euphonia affinis</i>	Eufonia garganta negra
			Icteridae	<i>Icterus cucullatus</i>	Bolsero encapuchado
				<i>Icterus gularis</i>	Bolsero de Altamira
			Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle tropical
				<i>Setophaga petechia</i>	Chipe amarillo
				<i>Setophaga magnolia</i>	Chipe de magnolia
				<i>Setophaga ruticilla</i>	Chipe flameante
				<i>Setophaga virens</i>	Chipe dorso verde
			<i>Vermivora peregrina</i>	Chipe peregrino	
			Poliptilidae	<i>Poliptila caerulea</i>	Perlita azul gris
			Tityridae	<i>Tityra semifasciata</i>	Titira enmascarado
			Troglodytidae	<i>Uropsila leucogastra</i>	Chivirín vientre blanco
Turdidae			<i>Turdus grayi</i>	Mirlo pardo	
Tyrannidae			<i>Empidonax flaviventris</i>	Mosquero vientre amarillo	
	<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario			
	<i>Pachyramphus aglaiae</i>	Mosquero cabezón degollado			
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical			
Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero cheje			
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona albifrons</i>	Loro frente blanca		

En la siguiente figura se muestra los sitios de muestreo empleados para la fauna en el SAR.

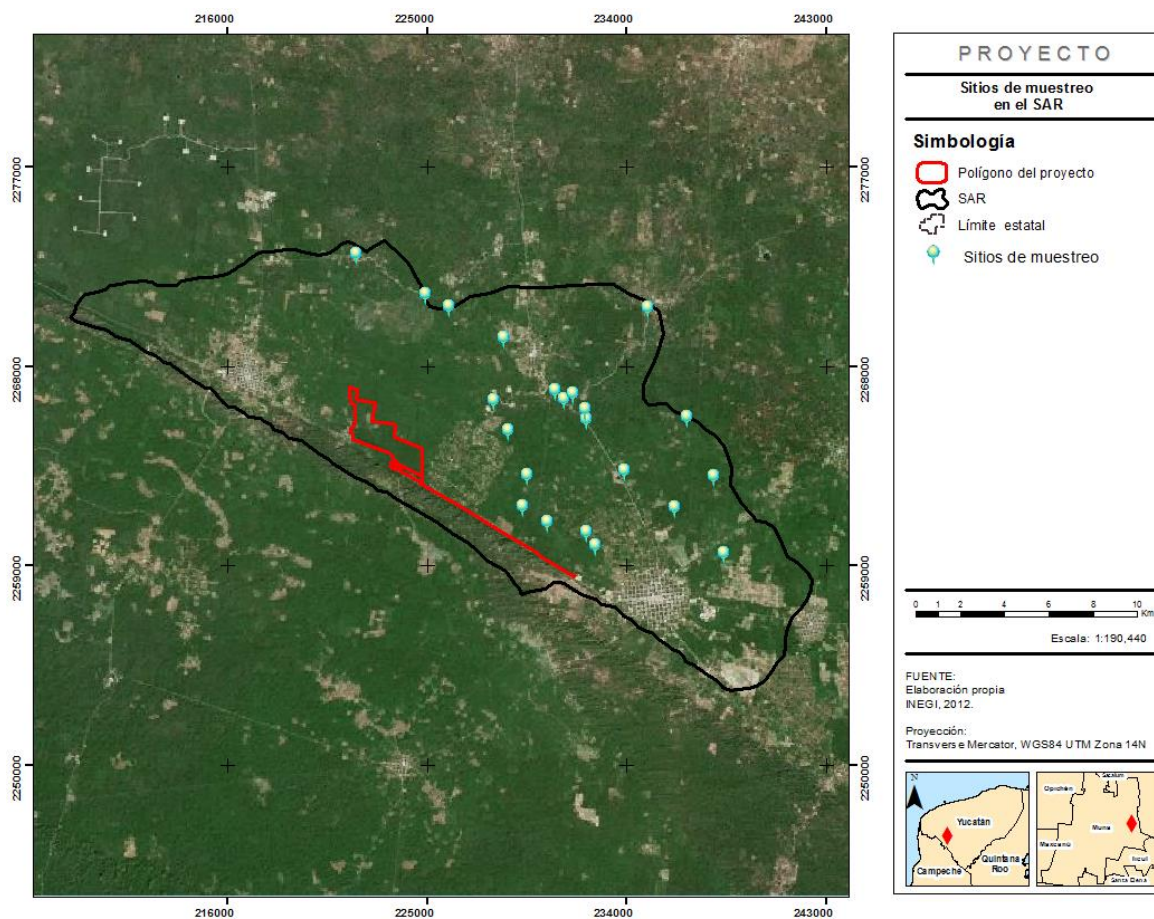


Figura IV.77. Sitios de muestreo dentro del SAR.

Asimismo se presentan las coordenadas de ubicación y claves de los sitios de muestreo dentro del SAR.

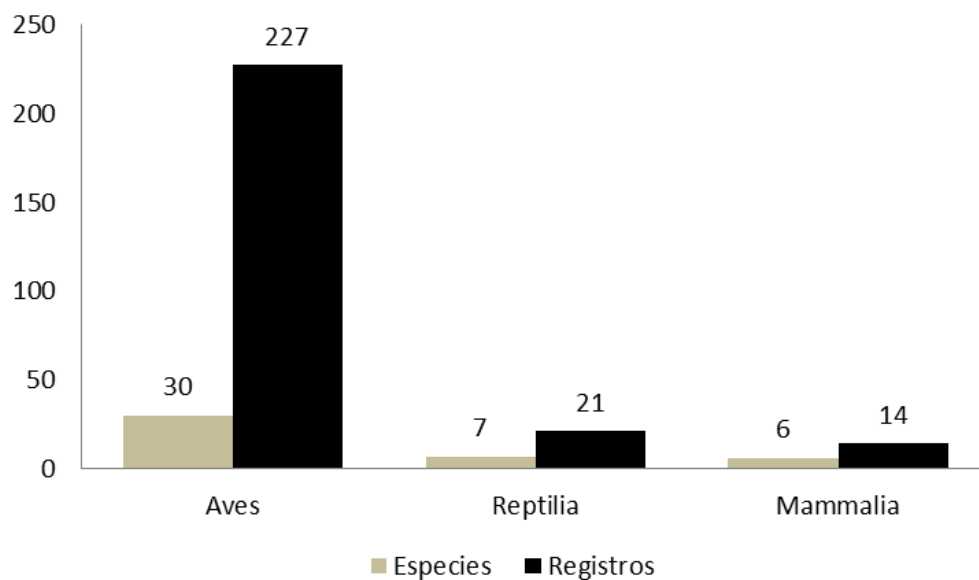
Tabla IV. 43. Coordenadas de los transectos realizados en el SAR.

ID	FECHA	NOMBRE	COORDENADAS			
			INICIAL		FINAL	
			X	Y	X	Y
1	22/04/2016	PB14	232575	2259342	232159	2259494
2	23/04/2016	PA12	232183	2259912	232947	2259526
3	24/04/2016	PC1	230763	2266346	230773	2265957
4	24/04/2016	PC4	231180	2265912	231480	2265916
5	24/04/2016	PC3	231550	2266173	231318	2266383
6	24/04/2016	PC8	232140	2265475	231855	2265331
7	24/04/2016	PC10	232177	2264999	232403	2264933
8	25/04/2016	PB5	229326	2261086	229581	2260937



ID	FECHA	NOMBRE	COORDENADAS			
			INICIAL		FINAL	
			X	Y	X	Y
9	25/04/2016	PB11	230407	2260364	230497	2260647
10	25/04/2016	PD2	229509	2262495	229210	2262448
11	28/04/2016	SA35	221818	2272468	221852	2272169
12	28/04/2016	SA36	224909	2270645	224789	2270372
13	28/04/2016	SA34	225999	2270103	225854	2270365
14	28/04/2016	SA27	228460	2268700	228246	2268489
15	29/04/2016	SA1	238370	2258979	237956	2258890
16	29/04/2016	SA3	236707	2265116	236503	2265209
17	29/04/2016	SA16	237941	2262464	238213	2262629
18	29/04/2016	SA12	236164	2261034	236326	2261316
19	30/04/2016	SA28	234959	2270077	235021	2269778
20	30/04/2016	SA11	233905	2262721	234040	2263001
21	30/04/2016	SA18	228643	2264498	228942	2264592
22	30/04/2016	SA24	227989	2265888	227681	2265831

Como se mencionó, dentro del SAR se registraron un total de 43 especies de vertebrados, para los cuales se obtuvo un registro de 262 individuos en donde el 86.64% corresponde a registros de aves, 8.01% a reptiles y 5.34% a mamíferos (ver siguiente figura).



**Figura IV.78. Número de especies e individuos por clase de vertebrados registrados dentro del SAR.**

- **Reptiles**

Para esta clase, dentro del SAR se registraron siete especies, de las cuales la de mayor número de registros fue *Ctenosaura similis*, misma que se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de Amenazada. En la siguiente tabla se muestran los valores de IART (Índice de Abundancia Relativa), de los reptiles ubicados dentro del SAR y su estatus dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

**Tabla IV. 44. Abundancia relativa de las especies de reptiles registradas dentro del SAR y su inclusión en la NOM-059-SEMARNAT-2010.**

Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010	SAR	
		# de organismos	%IART
<i>Anolis sagrei</i>	-	1	4.76190476
<i>Aspidoscelis angusticeps</i>	-	4	19.047619
<i>Ctenosaura similis</i>	Amenazada	5	23.8095238
<i>Dipsas brevifacies</i>	Sujeta a Protección Especial	1	4.76190476
<i>Drymarchon corais</i>	-	1	4.76190476
<i>Holcosus undulatus</i>	-	4	19.047619
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	-	5	23.8095238
		N=21	100

Respecto a los resultados obtenidos de diversidad, estos fueron medios, por otro lado, la dominancia no es muy marcada, sin embargo, más del 40% de registros que corresponden a *Ctenosaura similis* y *Sceloporus chrysostictus*, lo que provoca un valor del índice de Simpson medio. A continuación se presentan los índices calculados para las especies de Reptilia en el SAR.

**Tabla IV. 45. Valores de los índices calculados para las especies de la clase Reptilia dentro del SAR.**

Índice	SAR
Especies	7
Registros	21
Dominancia	0.1927
Índice de Simpson	0.8073
Índice de Shannon	1.75
Índice de Margalef	1.971

- **Mamíferos**

La clase mammalia a nivel SAR resultó ser la de menor abundancia en cuanto a riqueza de especies, la cual incluye 6 especies de los 14 registros obtenidos y en donde *Mazama pandora* y *Dasyopus novemcinctus*, presentaron la mayor cantidad de registros. Es de mencionar que dentro de estas especies se identificó a *Bassariscus sumichrasti* (Cacomixtle) misma que está incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr). En la siguiente tabla se muestran los valores de IART (Índice de Abundancia Relativa), de los mamíferos ubicados dentro del SAR y su estatus dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

**Tabla IV. 46. Abundancia relativa de las especies de mamíferos registradas dentro del SAR y su inclusión en la NOM-059-SEMARNAT-2010.**

Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010	SAR	
		#organismos	%IART
<i>Bassariscus sumichrasti</i>	Sujeta a Protección especial	3	21.43857143
<i>Dasyopus novemcinctus</i>	-	4	28.57142857
<i>Mazama pandora</i>	-	4	28.57142857
<i>Pecari tajacu</i>	-	1	7.14285714
<i>Sciurus yucatanensis</i>	-	1	7.14285714
<i>Sylvilagus floridanus</i>	-	1	7.14285714
		N=14	100

De acuerdo con el índice de Simpson para esta clase en el SAR, la diversidad es alta, respecto al índice de Margalef muestra valores bajos, considerando que en ecosistemas más diversos suelen exhibir valores de 5. Por otra parte, los valores para la dominancia tienden ser bajos. Para pronta referencia se presenta la siguiente tabla.

**Tabla IV. 47. Valores de los índices calculados para las especies de mamíferos dentro del SAR.**

Índice	SAR
Especies	6
Registros	14

Dominancia	0.2245
Índice de Simpson	0.7755
Índice de Shannon	1.611
Índice de Margalef	1.895

- **Aves**

La clase aves en el SAR es la mejor representada en cuanto a riqueza y abundancia relativa de especies. Esto se debe principalmente a su medio de locomoción (vuelo) el cual les permite desplazarse ampliamente y ocupar una gran variedad de hábitat, aunado a esto se tiene la interacción de diferentes tipos de vegetación y usos de suelo, que resultan en un área atractiva para las aves. Esta clase en el SAR registró un total de 30 especies, en donde la paloma ala blanca es la mejor representada (*Zenaida asiática*). En cuanto a especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 se registró una especie en categoría de Sujetas a Protección Especial (*Amazona albifrons*). Para fines prácticos se presenta la siguiente tabla, en donde se muestra el índice de abundancia relativa y su categoría dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

**Tabla IV. 48. Abundancia relativa de las especies de aves registradas dentro del SAR y su inclusión en la NOM-059-SEMARNAT-2010.**

Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010	SAR	
		#organismos	%IART
<i>Amazona albifrons</i>	Sujeta a Protección Especial	5	2.20264317
<i>Arremonops rufivirgatus</i>	-	2	0.88105727
<i>Caprimulgus badius</i>	-	2	0.88105727
<i>Cathartes aura</i>	-	7	3.08370044
<i>Chordeiles acutipennis</i>	-	1	0.44052863
<i>Colinus nigrogularis</i>	-	6	2.64317181
<i>Coragyps atratus</i>	-	6	2.64317181
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	-	3	1.3215859
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	-	24	10.5726872
<i>Empidonax flaviventris</i>	-	1	0.44052863
<i>Eumomota superciliosa</i>	-	3	1.3215859
<i>Euphonia affinis</i>	-	2	0.88105727
<i>Icterus cucullatus</i>	-	5	2.20264317

Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010	SAR	
		#organismos	%IART
<i>Icterus gularis</i>	-	4	1.76211454
<i>Melanerpes aurifrons</i>	-	3	1.3215859
<i>Mimus gilvus</i>	-	1	0.44052863
<i>Myiozetetes similis</i>	-	27	11.8942731
<i>Pachyramphus aglaiae</i>	-	5	2.20264317
<i>Passerina cyanea</i>	-	4	1.76211454
<i>Polioptila caerulea</i>	-	10	4.40528634
<i>Setophaga magnolia</i>	-	17	7.48898678
<i>Setophaga petechia</i>	-	8	3.52422907
<i>Setophaga ruticilla</i>	-	1	0.44052863
<i>Setophaga virens</i>	-	2	0.88105727
<i>Tyrannus melancholicus</i>	-	2	0.88105727
<i>Tityra semifasciata</i>	-	1	0.44052863
<i>Turdus grayii</i>	-	1	0.44052863
<i>Uropsila leucogastra</i>	-	3	1.3215859
<i>Vermivora peregrina</i>	-	22	9.69162996
<i>Zenaida asiatica</i>	-	49	21.5859031
		N=227	100

Respecto a los resultados obtenidos mediante los cálculos de diversidad, estos fueron elevados, por otro lado, la dominancia se considera baja ( $D=0.09573$ ). A continuación se presentan los índices calculados para las especies de aves en el SAR.

Tabla IV. 49. Valores de los índices calculados para las especies de aves dentro del SAR.

Índice	SAR
Especies	30
Registros	227
Dominancia	0.09573
Índice de Simpson	0.9043
Índice de Shannon	2.772
Índice de Margalef	5.346

#### IV.9.2. Resultados del muestreo de la fauna en el área del proyecto.

Durante el trabajo de campo realizado en el polígono del proyecto (29 transectos=17.4 ha), se registró un total de 53 especies, de las cuales 38 pertenecen a la clase de aves, 9 a la clase reptilia y 6 a la clase mammalia, no obteniendo ningún registro para la clase amphibia.

En la siguiente tabla se muestran las especies registradas por cada una de las clases.

**Tabla IV. 50. Especies registradas en campo dentro del área del proyecto.**

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común
Reptilia	Testudines	Geoemydidae	<i>Rhinoclemmys pulcherrima</i>	Tortuga de monte pintada
	Squamata	Dactyloidae	<i>Anolis sagrei</i>	Anolis pardo
			<i>Anolis rodriguezii</i>	Abaniquillo liso del sureste
		Teiidae	<i>Aspiloscelis angusticeps</i>	Huico Yucateco
		Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana espinosa rayada
		Phrynosomatidae	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	Lagartija escamosa pintas amarillas
		Dipsadidae	<i>Ninia sebae</i>	Culebra de cafetal espalda roja
		Elapidae	<i>Micrurus diastema</i>	Serpiente coralillo variable
Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa constrictor		
Mammalia	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache norteño
	Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo Serrano
	Carnivora	Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris
		Procyonidae	<i>Bassariscus sumichrasti</i>	Cacomixtle tropical
	Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí de Collar
		Cervidae	<i>Mazama pandora</i>	Temazate pardo de Yucatán
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla cola roja
			<i>Buteo magnirostris</i>	Aguililla caminera
		Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura
			<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote común
	Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia candida</i>	Colibrí cándido
			<i>Chlorostilbon canivetii</i>	Esmeralda tijereta
	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Caprimulgus badius</i>	Tapacaminos huil
<i>Nyctiphrynus</i>			Tapacaminos	

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común
			<i>yucatanicus</i>	yucateco
	Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina passerina</i>	Tórtola coquita
			<i>Columbina inca</i>	Tórtola cola larga
			<i>Columbina talpacoti</i>	Tórtola rojiza
			<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma ala blanca
	Coraciiformes	Momotidae	<i>Eumomota superciliosa</i>	Momota ceja azul
	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero pijuy
			<i>Piaya cayana</i>	Cuclillo canela
	Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca vetula
	Passeriformes	Cardinalidae	<i>Passerina cyanea</i>	Colorín azul
		Corvidae	<i>Cyanocorax yncas</i>	Chara verde
			<i>Psilorhinus morio</i>	Urraca papán
		Corvidae	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara yucateca
		Emberizidae	<i>Arremonops rufivirgatus</i>	Rascador oliváceo
		Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijereta
			<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina ala aserrada
		Icteridae	<i>Icterus cucullatus</i>	Bolsero encapuchado
			<i>Icterus gularis</i>	Bolsero de Altamira
			<i>Molothrus aeneus</i>	Tordo ojo rojo
			<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mexicano
		Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle tropical
		Parulidae	<i>Setophaga petechia</i>	Chipe amarillo
			<i>Setophaga magnolia</i>	Chipe de magnolia
			<i>Vermivora peregrina</i>	Chipe peregrino
		Poliptilidae	<i>Poliptila caerulea</i>	Perlita azul gris
		Troglodytidae	<i>Thryothorus ludovicianus</i>	Chivirín de Carolina
		Tyrannidae	<i>Myiarchus tyrannulus</i>	Papamoscas tirano
			<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario
			<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical
	<i>Pachyramphus aglaiae</i>		Mosquero cabezón degollado	
	Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes pygmaeus</i>	Carpintero yucateco
	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona albifrons</i>	Loro frente blanca

En la siguiente figura se muestra los sitios de muestreo empleados para la fauna en el área del proyecto.

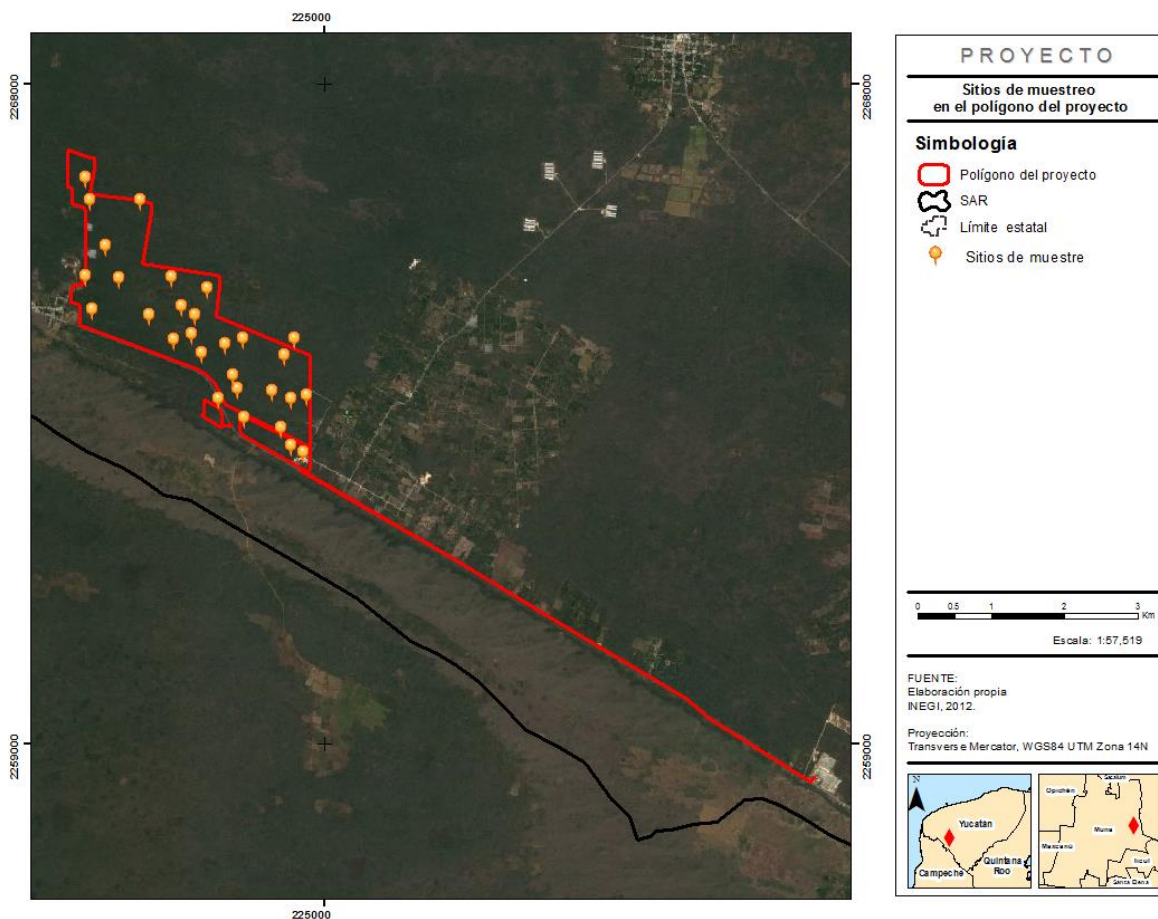


Figura IV.79. Sitios de muestreo dentro del área del proyecto.

Asimismo se presentan las coordenadas de ubicación y claves de los sitios de muestreo dentro del polígono del proyecto.

Tabla IV. 51. Coordenadas de los transectos realizados en el área del proyecto.

ID	Fecha	NOMBRE	COORDENADAS			
			INICIAL		FINAL	
			X	Y	X	Y
1	21/04/2016	P35	223883	2264351	223883	2264351
2	21/04/2016	P36	223323	2264143	223323	2264143
3	21/04/2016	P32	224587	2264346	224587	2264346
4	21/04/2016	P15	224540	2262889	224540	2262889
5	21/04/2016	P20	224749	2263563	224749	2263563
6	21/04/2016	P14	224703	2262786	224703	2262786



ID	Fecha	NOMBRE	COORDENADAS			
			INICIAL		FINAL	
			X	Y	X	Y
7	21/04/2016	P19	223847	2263263	223899	2263270
8	21/04/2016	P25	223804	2263660	223804	2263660
9	21/04/2016	P23	224288	2263628	224288	2263628
10	21/04/2016	P24	224536	2263517	224536	2263517
11	22/04/2016	P17	224471	2263121	224397	2263121
12	27/04/2016	P41	223240	2264661	223240	2264661
13	27/04/2016	P40	223049	2264781	223049	2264781
14	27/04/2016	P34	222941	2264325	222941	2264325
15	30/04/2016	SA25	221838	2264743	221838	2264743
16	24/06/2016	PG5	223397	2265027	223397	2265027
17	24/06/2016	PG4	222655	2265171	222906	2265178
18	24/06/2016	PG7	222197	2265161	222197	2265161
19	24/06/2016	PG8	221745	2265202	221745	2265202
20	24/06/2016	PG12	222486	2266232	222486	2266232
21	24/06/2016	PG11	221805	2266225	221805	2266225
22	24/06/2016	PG10	222021	2265606	222021	2265606
23	25/06/2016	PG2	221938	2266513	221739	2266543
24	25/06/2016	PG3	222895	2264576	222607	2264672
25	25/06/2016	PG1	223591	2263564	223547	2263520
26	25/06/2016	PG16	224445	2264110	224445	2264110
27	25/06/2016	PG15	223748	2263843	223748	2263843
28	25/06/2016	PG13	223187	2264411	223187	2264411
29	25/06/2016	PG14	223643	2264267	223643	2264267

Como se mencionó, dentro del polígono del proyecto se registraron un total de 53 especies de vertebrados, para los cuales se obtuvo un registro de 271 individuos en donde el 78.29% corresponde a registros de aves, 16.6% a reptiles y 5.17% a mamíferos (ver siguiente figura).

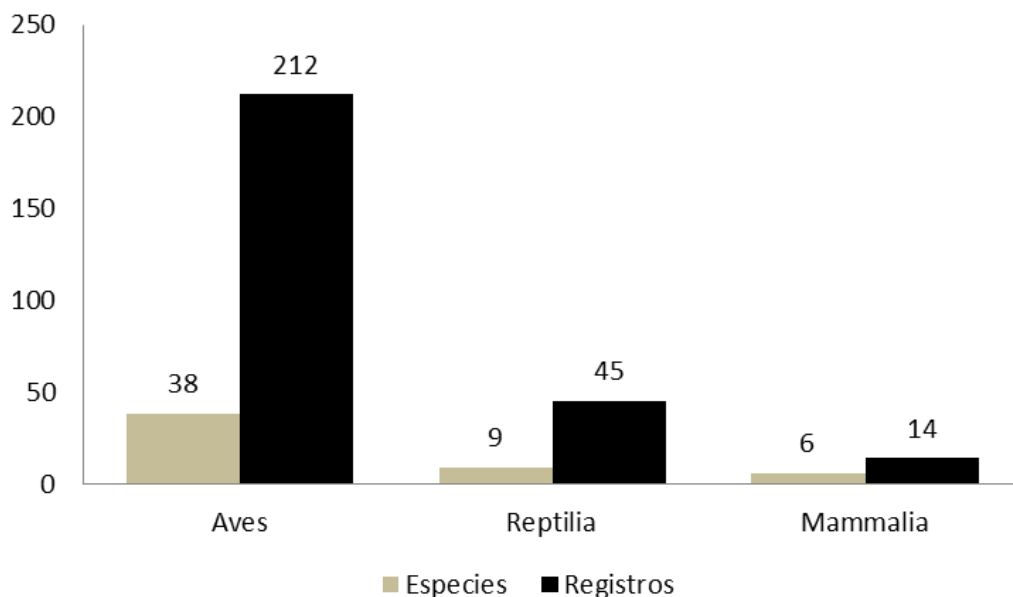


Figura IV.80. Número de especies e individuos por clase de vertebrados registrados dentro del área del proyecto.

- **Reptiles**

Para esta clase, dentro del polígono del proyecto se registraron nueve especies, de las cuales la de mayor número de registros fue *Aspidoscelis angusticeps*, asimismo destaca la presencia de un ejemplar del Orden Testudines (tortuga). En la siguiente tabla se muestran los valores de IART (Índice de Abundancia Relativa), de los reptiles ubicados dentro del polígono del proyecto y su estatus dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla IV. 52. Abundancia relativa de las especies de reptiles registradas dentro del área del proyecto y su inclusión en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010	Área del proyecto	
		#organismos	%IART

<i>Anolis rodriguezii</i>	-	1	2.22222222
<i>Anolis sagrei</i>	-	1	2.22222222
<i>Aspidoscelis angusticeps</i>	-	29	64.44444444
<i>Boa constrictor</i>	Amenazada	1	2.22222222
<i>Ctenosaura similis</i>	Amenazada	3	6.66666667
<i>Micrurus diastema</i>	Sujeta a Protección Especial	1	2.22222222
<i>Ninia sebae</i>	-	1	2.22222222
<i>Rhinoclemmys pulcherrima</i>	Amenazada	1	2.22222222
<i>Sceloporus chrysoctictus</i>	-	7	15.55555556
		N=45	100

El índice de diversidad de Simpson presenta valores medios, debido a la poca dominancia que presentan las especies, el índice de Margalef muestra valores medios de diversidad, por otro lado, el valor obtenido de índice de Shannon presenta valores bajos. A continuación se presentan los índices calculados para las especies de Reptilia en el área del proyecto.

**Tabla IV. 53. Valores de los índices calculados para las especies de la clase Reptilia dentro del área del proyecto.**

Índice	SAR
<b>Especies</b>	9
<b>Registros</b>	45
<b>Dominancia</b>	0.4469
<b>Índice de Simpson</b>	0.5531
<b>Índice de Shannon</b>	1.261
<b>Índice de Margalef</b>	2.102

- **Mamíferos**

La clase mammalia en el polígono del proyecto, al igual que en el SAR resultó ser la de menor abundancia en cuanto a riqueza de especies, la cual incluye 6 especies de los 14 registros obtenidos y en donde *Mazama pandora* presentó la mayor cantidad de registros. Es de mencionar que de igual forma dentro de estas especies se identificó a *Bassariscus sumichrasti* (Cacomixtle) misma que está incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr). En la siguiente tabla se muestran los valores

de IART (Índice de Abundancia Relativa), de los mamíferos ubicados dentro del polígono del proyecto y su estatus dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

**Tabla IV. 54. Abundancia relativa de las especies de mamíferos registradas dentro del polígono del proyecto y su inclusión en la NOM-059-SEMARNAT-2010.**

Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010	Polígono del proyecto	
		#organismos	%IART
<i>Bassariscus sumichrasti</i>	Sujeta a Protección especial	3	21.4285714
<i>Didelphis virginiana</i>	-	1	7.14285714
<i>Mazama pandora</i>	-	6	42.8571429
<i>Pecari tajacu</i>	-	1	7.14285714
<i>Sylvilagus floridanus</i>	-	2	14.2857143
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	-	1	7.14285714
		N=14	100

Para esta clase en el área de proyecto, el índice de Simpson se considera alto, respecto al índice de Margalef muestra valores de diversidad bajos, considerando que en los ecosistemas más diversos suelen exhibir valores de 5. Para pronta referencia se presenta la siguiente tabla.

**Tabla IV. 55. Valores de los índices calculados para las especies de mamíferos dentro del área del proyecto.**

Índice	SAR
Especies	6
Registros	14
Dominancia	0.2653
Índice de Simpson	0.7347
Índice de Shannon	1.537
Índice de Margalef	1.895

- **Aves**

La clase aves en el polígono del proyecto, al igual que en el SAR es la mejor representada en cuanto a riqueza y abundancia relativa de especies. Esta clase registró un total de 212 especies, en donde la Chara yucateca es la mejor representada (*Cyanocorax yucatanicus*). En cuanto a especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 se registró 2 especies, ambas en categoría de Sujetas a Protección Especial (*Amazona albifrons* y *Buteo jamaicensis*). Para fines prácticos se presenta la siguiente tabla, en donde se muestra el índice de abundancia relativa y su categoría dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

**Tabla IV. 56. Abundancia relativa de las especies de aves registradas dentro del polígono del proyecto y su inclusión en la NOM-059-SEMARNAT-2010.**

Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010	Área del proyecto	
		#organismos	%IART
<i>Amazilia candida</i>	-	3	1.41509434
<i>Amazona albifrons</i>	Sujeta a Protección especial	1	0.47169811
<i>Arremonops rufivirgatus</i>	-	1	0.47169811
<i>Buteo jamaicensis</i>	Sujeta a Protección especial	1	0.47169811
<i>Buteo magirostris</i>	-	1	0.47169811
<i>Caprimulgus badius</i>	-	7	3.30188679
<i>Cathartes aura</i>	-	10	4.71698113
<i>Chlorostilbon canivetii</i>	-	2	0.94339623
<i>Columbina inca</i>	-	6	2.83018868
<i>Columbina passerina</i>	-	2	0.94339623
<i>Columbina talpacoti</i>	-	5	2.35849057
<i>Coragyps atratus</i>	-	3	1.41509434
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	-	1	0.47169811
<i>Cyanocorax yncas</i>	-	1	0.47169811
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	-	47	22.1698113
<i>Eumomota superciliosa</i>	-	7	3.30188679
<i>Hirundo rustica</i>	-	8	3.77358491
<i>Icterus cucullatus</i>	-	13	6.13207547
<i>Icterus gularis</i>	-	4	1.88679245
<i>Melanerpes pygmaeus</i>	-	4	1.88679245
<i>Mimus gilvus</i>	-	4	1.88679245
<i>Molothrus aeneus</i>	-	1	0.47169811
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	-	1	0.47169811

Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010	Área del proyecto	
		#organismos	%IART
<i>Myiozetetes similis</i>	-	11	5.18867925
<i>Ortalis vetula</i>	-	6	2.83018868
<i>Pachyramphus aglaiae</i>	-	6	2.83018868
<i>Passerina cyanea</i>	-	3	1.41509434
<i>Piaya cayana</i>	-	3	1.41509434
<i>Polioptila caerulea</i>	-	3	1.41509434
<i>Psilorhinus morio</i>	-	3	1.41509434
<i>Quiscalus mexicanus</i>	-	2	0.94339623
<i>Setophaga magnolia</i>	-	6	2.83018868
<i>Setophaga petechia</i>	-	3	1.41509434
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	-	8	3.77358491
<i>Thryothorus ludovicianus</i>	-	1	0.47169811
<i>Tyrannus melancholicus</i>	-	1	0.47169811
<i>Vermivora peregrina</i>	-	3	1.41509434
<i>Zenaida asiatica</i>	-	20	9.43396226
		N=212	100

Respecto a los resultados obtenidos mediante los cálculos de diversidad, estos fueron elevados, por otro lado, la dominancia se considera baja ( $D=0.07868$ ). A continuación se presentan los índices calculados para las especies de aves en el SAR.

Tabla IV. 57. Valores de los índices calculados para las especies de aves dentro del área del proyecto.

Índice	Polígono del proyecto
Especies	38
Registros	212
Dominancia	0.07868
Índice de Simpson	0.9213
Índice de Shannon	3.081
Índice de Margalef	6.907

### IV.9.3. Conclusión del trabajo de campo para la fauna en el área del proyecto

Finalmente, los resultados para vertebrados terrestres muestran para el polígono del proyecto una baja dominancia por parte de las especies, con lo cual el índice de diversidad de Simpson es muy cercano a la unidad  $1-D=0.938$ , el índice de equitatividad de Shannon-Wiener muestra valores medios  $H'=3.343$ , y por otro lado, el índice de Margalef exhibe valores altos de diversidad  $D_{mgf}=9.282$ .

En el caso del SAR, se encontró que la dominancia es baja, toda vez que  $D=0.0737$ , por lo que el valor del índice de Simpson es cercano a la unidad  $1-D=0.926$ . El índice de Shannon-Wiener, muestra valores medios de diversidad, resultado que se refuerza con el valor del índice de Margalef. En la siguiente tabla se muestran los detalles del cálculo de los índices para el polígono del proyecto y SAR.

**Tabla IV. 58. Índices de diversidad para el área de estudio, considerando todos los grupos de vertebrados.**

Índice	Polígono del proyecto	SAR
Especies	53	43
Registros	271	262
Dominancia	0.06118	0.07374
Índice de Simpson	0.9388	0.9263
Índice de Shannon	3.343	3.111
Índice de Margalef	9.282	7.543

Se compararon los índices de diversidad obtenidos en el polígono del proyecto y el SAR, encontrando que los valores son similares, tal es el caso para el índice de Shannon-Wiener es similar ( $H'_{AE}=3.3425$  y  $H'_{SAR}=3.111$ ). Por otro lado, al realizar pruebas estadísticas, se observó que esta diferencia es estadísticamente significativa. De acuerdo con este índice se puede inferir que la fauna presente en el polígono del proyecto y el SAR, presentan diferencias significativas en cuanto a su diversidad. Por otro lado, el índice de Simpson no muestra una diferencia estadísticamente significativa entre las dos muestras. A continuación, se comparan los índices para el polígono del proyecto y SAR.

**Tabla IV. 59. Comparativo entre los índices calculados para el área del proyecto y el SAR.**

Índice de Shannon			
Polígono del proyecto		SAR	
H:	3.3425	H:	3.111
Variance:	0.0050416	Variance:	0.0050962
t:	2.2998		
df:	532.74		
Índice de Simpson			
D:	0.061178	D:	0.073743
Variance:	5.33E-05	Variance:	6.32E-05
t:	-1.1639		
df:	527.51		

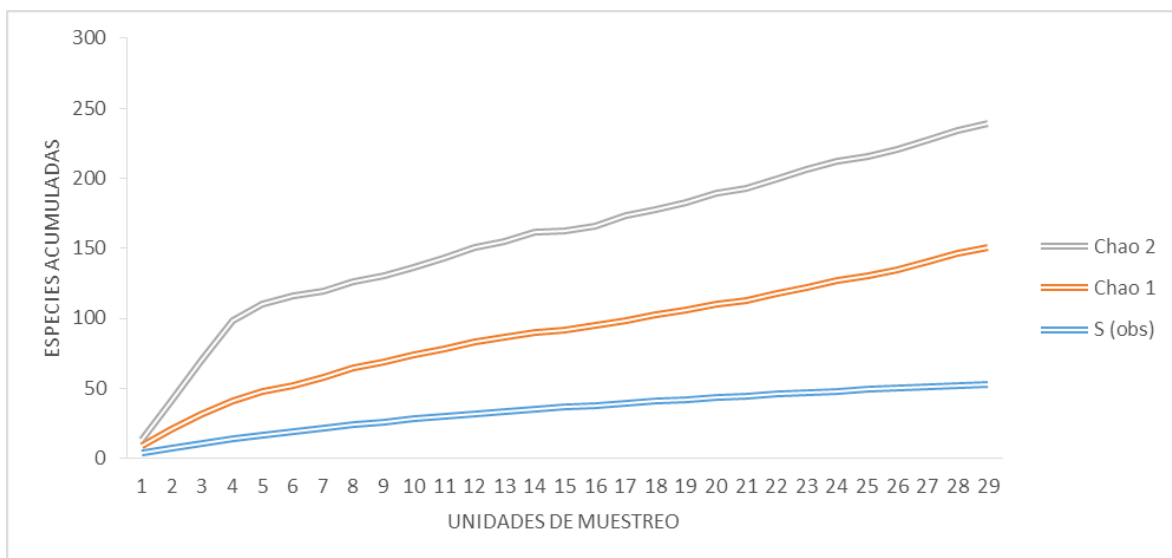
#### IV.9.4. Curvas de acumulación de especies

En la siguiente tabla se compara el número de especies registradas durante el muestreo, las especies estimadas y el porcentaje de eficiencia del muestreo, en el polígono del proyecto. Con el estimador Chao 1 se alcanzó una eficiencia de muestreo del 54%, lo que coincide con el estimador Chao 2 con una eficiencia de muestreo fue de 60%, de acuerdo con el siguiente gráfico, de la curva de acumulación de especies se observa la porción ascendente de la curva, iniciando la zona asintótica, lo que sugiere la falta de registros de algunas especies dentro del polígono del proyecto.

**Tabla IV. 60. Número de especies observadas y esperadas en el área del proyecto.**

Especies observadas en polígono	Especies esperadas en polígono		% de eficiencia	
	Chao 1	Chao 2	Chao 1	Chao 2
53	97.96	88.19	0.5410	0.6009





**Figura IV.81. Curva de acumulación de especies para el muestreo realizado dentro del Área de Estudio.**

De acuerdo con el estimador Chao 1 el esfuerzo de muestreo realizado en el SAR, demuestra una eficiencia de muestreo de 74.98%, sin embargo, al utilizar Chao 2 la eficiencia fue a 64.88% (ver siguiente tabla).

**Tabla IV. 61. Número de especies observadas y esperadas para el SAR.**

Especies observadas en SAR	Especies esperadas en SAR		% de eficiencia	
	Chao 1	Chao 2	Chao 1	Chao 2
43	57.35	66.28	0.7498	0.6488

En la siguiente figura se muestran las curvas de acumulación de especies para el SAR.

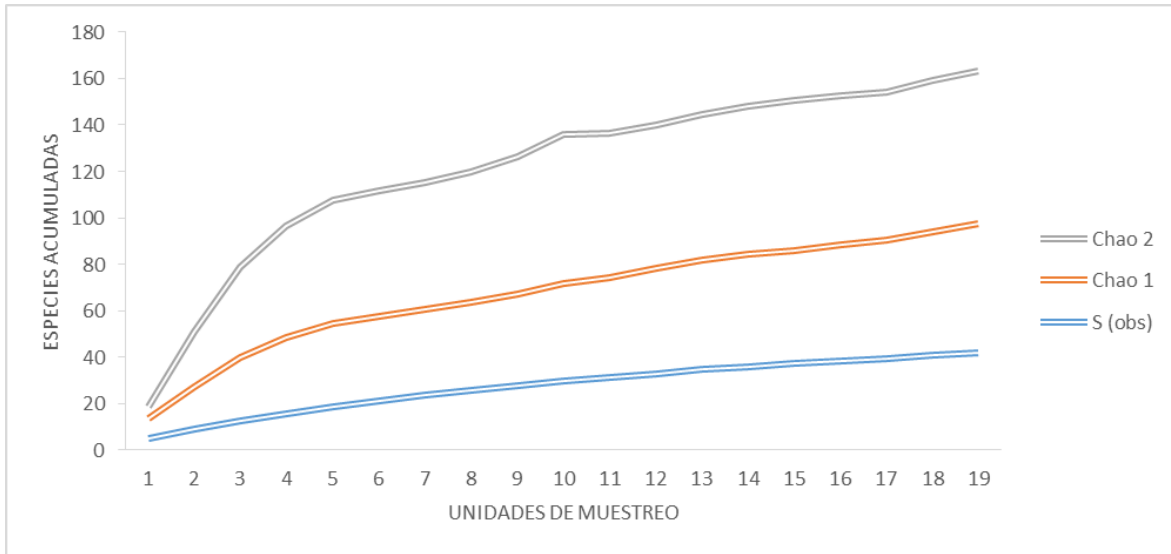


Figura IV.82. Curva de acumulación de especies para el muestreo realizado dentro del SAR.

A pesar de que las curvas de acumulación de especies no alcanzaron la asíntota, se debe de considerar que la actividad antrópica tiene una fuerte influencia en el SAR y en el polígono del proyecto, lo cual afecta la riqueza y abundancia relativa de las especies, y eso puede influir en dicho análisis y no necesariamente en la falta de esfuerzo de muestreo.

#### IV.9.5. Especies en categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 registradas en campo tanto para el SAR como para el área del proyecto.

De los listados obtenidos de especies tanto para el SAR como para el polígono del proyecto se obtuvo un total de siete especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, tres de ellas están en categoría de amenazadas (A) (*Ctenosaura similis*, *Boa constrictor* y *Rhinoclemmys pulcherrima*) y cinco sujetas a protección especial (Pr) (ver siguiente tabla). Solo tres especies se registraron tanto en el SAR como el polígono del proyecto (*Ctenosaura similis* (A), *Bassariscus sumichrasti* (Pr) y *Amazona albifrons* (Pr)).

Tabla IV. 62. Especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 para el SAR y en el polígono del proyecto.

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Estatus en NOM-059-SEMARNAT-2010	Ubicación
<b>Reptilia</b>	Squamata	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana espinosa rayada	A	Área de proyecto/SAR
<b>Reptilia</b>	Squamata	Dipsasidae	<i>Dipsas brevifacies</i>	Culebra caracolera chata	Pr	Área de proyecto
<b>Reptilia</b>	Squamata	Elapidae	<i>Micrurus diastema</i>	Serpiente coralillo variable	Pr	Área del proyecto
<b>Reptilia</b>	Squamata	Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa constrictor	A	Área del proyecto
<b>Reptilia</b>	Squamata	Geoemydidae	<i>Rhinoclemmys pulcherrima</i>	Tortuga de monte pintada	A	Área de proyecto
<b>Mammalia</b>	Carnivora	Procyonidae	<i>Bassariscus sumichrasti</i>	Cacomixtle tropical	Pr	SAR
<b>Aves</b>	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona albifrons</i>	Loro frente blanca	Pr	Área del proyecto, SAR

En la siguiente figura y tabla, respectivamente se muestran los sitios y coordenadas, en donde se localizaron las especies anteriormente referidas y bajo alguna categoría de conservación de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

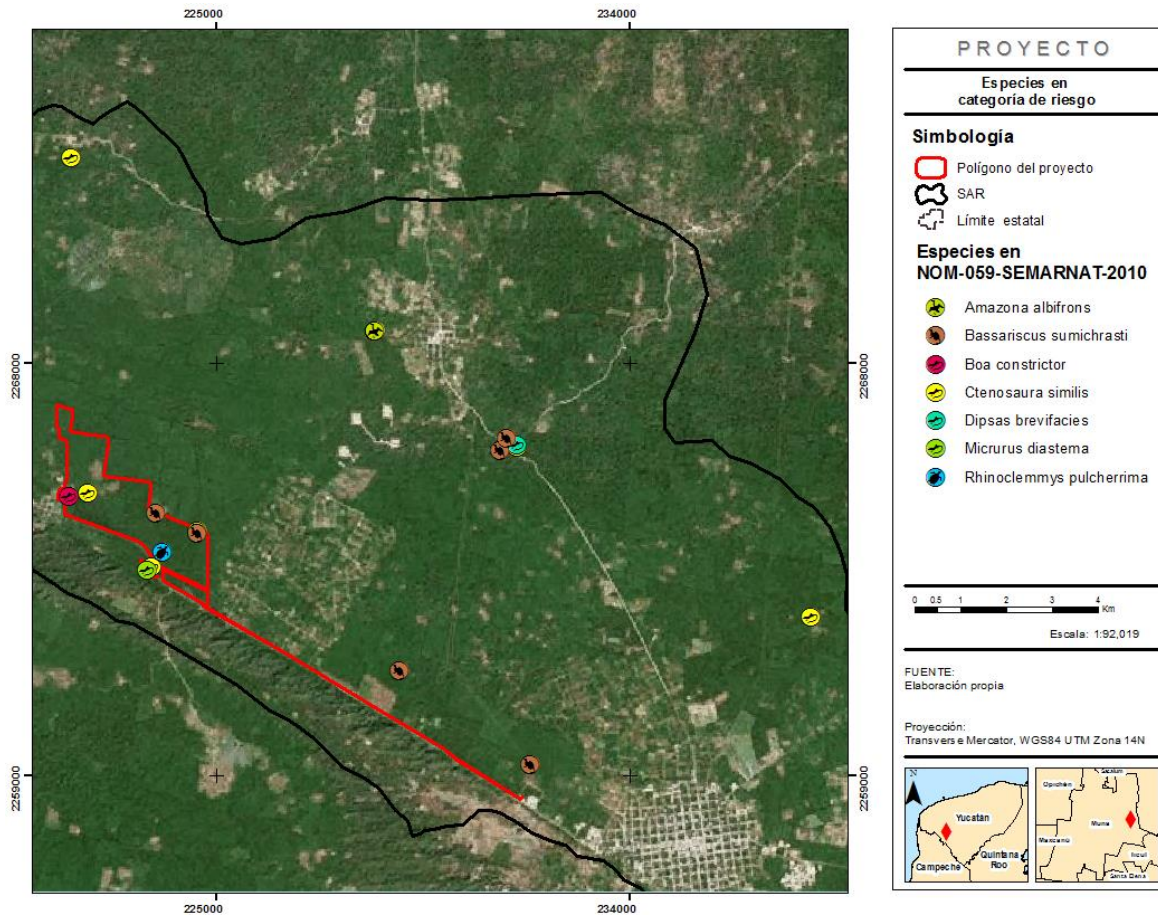


Figura IV.83. Sitios en donde fueron localizadas especies bajo alguna categoría de riesgo por la NOM-059-SEMARNAT-2010

Tabla IV. 63. Coordenadas de localización de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 para el SAR y área del proyecto.

Especie	Estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010	Coordenadas		TRANSECTO
		X	Y	
<i>Ctenosaura similis</i>	A	231550	2266173	PC3

Especie	Estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010	Coordenadas		TRANSECTO
		X	Y	
<i>Ctenosaura similis</i>	A	221818	2272468	SA35
<i>Ctenosaura similis</i>	A	228460	2268700	SA27
<i>Ctenosaura similis</i>	A	228460	2268700	SA27
<i>Ctenosaura similis</i>	A	237941	2262464	SA16
<i>Ctenosaura similis</i>	A	222197	2265161	PG7
<i>Ctenosaura similis</i>	A	223591	2263564	PG1
<i>Amazona albifrons</i>	Pr	224587	2264346	P32
<i>Amazona albifrons</i>	Pr	228460	2268700	SA27
<i>Amazona albifrons</i>	Pr	228460	2268700	SA27
<i>Amazona albifrons</i>	Pr	228460	2268700	SA27
<i>Amazona albifrons</i>	Pr	228460	2268700	SA27
<i>Amazona albifrons</i>	Pr	228460	2268700	SA27
<i>Dipsas brevifacies</i>	Pr	231535	2266209	PC3
<i>Rhinoclemmys pulcherrima</i>	A	223830	2263879	PG15
<i>Boa constrictor</i>	A	221785	2265102	PG8
<i>Micrurus diastema</i>	Pr	223483	2263493	PG1
<i>Bassariscus sumichrasti</i>	Pr	223676	2264717	P32
<i>Bassariscus sumichrasti</i>	Pr	224587	2264292	P41
<i>Bassariscus sumichrasti</i>	Pr	231832	2259250	P41
<i>Bassariscus sumichrasti</i>	Pr	228990	2261300	PC3
<i>Bassariscus sumichrasti</i>	Pr	231169	2266084	SA36
<i>Bassariscus sumichrasti</i>	Pr	231322	2266364	SA36

A continuación se presentan algunos datos de las especies registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

- ***Ctenosaura similis***

Esta especie habita en climas calientes y húmedos, climas secos y en climas templados y húmedos. Se alimenta principalmente de vegetación, flores y frutos; y en lugares donde esta es abundante, no es necesario forrajear durante periodos de tiempo prolongados. Se sabe que se alimenta de chapulines, ranas pequeñas, otras lagartijas, ratones, polluelos de

varias aves pequeñas, murciélagos, y heces humanas también se han encontrado en su dieta.

Se distribuye en México en los estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán (ver siguiente figura).

Se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de Amenazada (A) y no es reportada como una especie endémica.

Los principales factores de riesgo son la fragmentación y disminución del hábitat, el consumo de la carne, la piel y los huevos de esta especie.

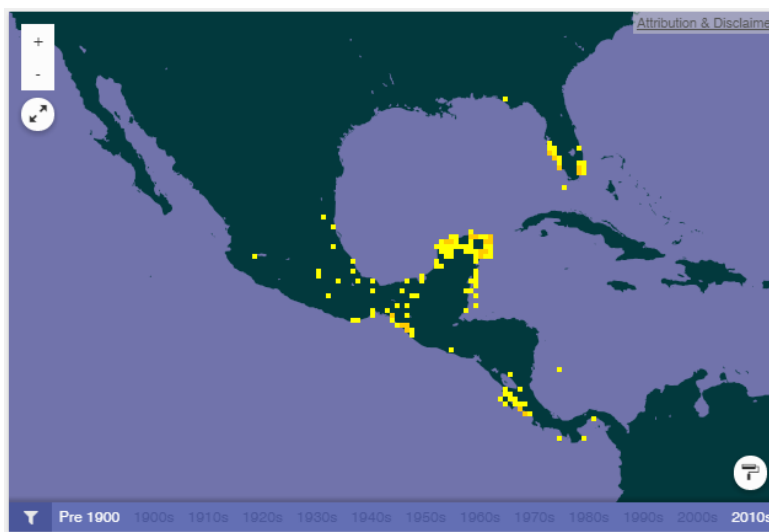


Figura IV.84. Registros de distribución de la especie *Ctenosaura similis*(Fuente: [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).

- ***Dipsas brevifacies***

El hábitat de esta especie es cerca de arbustos o árboles ya que es de hábitos arborícolas. Es más frecuente encontrarla en selvas secas que en selvas altas o medianas.

Se tiene poco documentada la alimentación de esta especie pero se sabe que se alimenta principalmente(o quizás exclusivamente) de caracoles y babosas. Se distribuye en México en los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán (ver siguiente figura).

Se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr) y es reportada como una especie endémica a la Península de Yucatán.

Dentro de los factores de riesgo para esta especie está el cambio de uso de suelo. La pérdida de la vegetación original en los lugares donde se distribuye esta especie es una amenaza seria para sus poblaciones. La fragmentación del hábitat mediante la creación de caminos y carreteras asila sus poblaciones saludables.

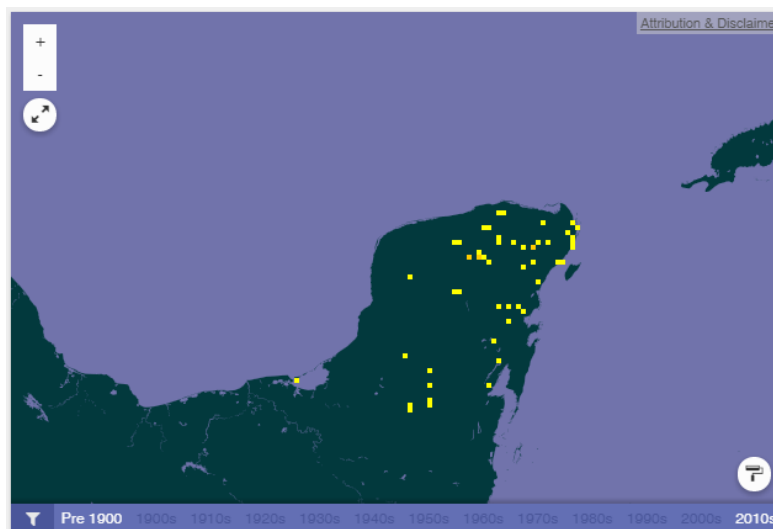


Figura IV.85. Registros de distribución de la especie *Dipsas brevifacies* (Fuente: [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).

- ***Bassariscus sumichrasti***

Esta especie muestra una marcada preferencia por las selvas altas y lugares densamente arbolados y húmedos. Prefieren el dosel (20-30 m) y el subdosel (10-20 m) ya que rara vez bajan al suelo. Habita en climas cálidos (A), subcálidos (AC) y templados (C) desde el nivel del mar hasta los 2700 msnm.

Su dieta consiste en frutos (*Cecropia*, *Ficus*, *Poulsenia*, *Pseudolmedia* y *Brosimum spp.*), insectos y pequeños vertebrados (principalmente aves y sus huevos).

Se distribuye en México en los estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo y Veracruz (ver siguiente figura).

Se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr) y no es reportada como una especie endémica.

Dentro de los factores de riesgo están principalmente la destrucción y fragmentación del hábitat debido a la deforestación resultado de la ganadería, agricultura y extracción ilegal de especies maderables, invasión de terrenos dentro de las reservas, así como incendios forestales; cacería furtiva, se capturan para tenerlos como mascotas.





Figura IV.86. Registros de distribución de la especie *Bassariscussumichrasti* (Fuente: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)).

- ***Micrurus diastema* (serpiente coralillo variable)**

A esta especie se le ha encontrado en zonas de vegetación secundaria o de bosque virgen, sin embargo su preferencia es por bosques de madera dura (selva alta y mediana subperennifolia, bosque mesófilo de montaña, encinares tropicales, matorral) y hiervas altas. Se refugia sobre hojas anchas y matorrales.

Se les ve reptando por debajo o por encima de la hojarasca en el piso del bosque, dentro de las grietas de rocas, sobre pared y hojas anchas y matorrales, aunque también ocurren en zonas de vegetación secundaria o bosque virgen, bosques de madera dura, matorral, hierbas altas y lugares perturbados.

Se distribuye en altitudes bajas y moderadas de la vertiente del Atlántico, ocurre desde el centro y sur de Veracruz, este de Puebla, a través del este y norte de Oaxaca al Istmo de Tehuantepec, este de Chiapas y Península de Yucatán, México (ver siguiente figura).

Se alimenta de pequeñas especies de serpientes hojarasqueras y enterradoras, como *Adelphicos quadrivirgatus*, *Coniophanes fissidens*, *Elaphe phaescens*, etc; ocasionalmente se alimenta de especies más grandes, como *Dendrophidion vinitor* o bien como *Typhlops microstomus*,) y lagartijas de varias especies. Algunas especies registradas como presas para estas coralillos, pero cuya distribución es fuera de México es el cecílido *Gymnopsis syntrema* y un acocil *Synbranchus marmoratus*.

Se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr) y no es reportada como una especie endémica.

Dentro de los factores de riesgo se encuentra la alta fragmentación de la vegetación en la mayor parte del área de distribución, las altas tasas de deforestación. La ganadería extensiva es otra causa, ya que el uso predominante del suelo son los pastizales inducidos; aunque también hay extracción de madera ilegal y abundante cacería en lo poco que queda. Por otra parte, existen otros factores como la destrucción de bosques por

incendios forestales, turismo en pequeña escala, el transporte, el comercio, impacto potencial por extracción petrolera, contaminación de cuerpos de agua, conversión del bosque para desarrollos habitacionales campestres y las actividades industriales (tabacaleras y refresqueras) que de alguna manera perjudica a las especies que aún sobreviven.



Figura IV.87. Registros de distribución de la especie *Micrurus diastema* (Fuente: [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).

- ***Boa constrictor* (Boa constrictor)**

Se le puede encontrar debajo de troncos de árboles caídos, piedras, en el suelo, en grietas o cuevas, entre las ramas de los árboles, en construcciones viejas o abandonadas y muy comúnmente en áreas de cultivos. Aparentemente la altitud es la que limita la distribución de esta especie, que se encuentra en una gran cantidad de habientes en elevaciones bajas y moderadas entre los 0 y 1500 metros sobre el nivel del mar.

*Boa constrictor* incluye en su dieta una variedad muy amplia vertebrados, dependiendo su tamaño es el tamaño de la presa. Las presas principales las constituyen mamíferos como roedores, marsupiales y canidos. En menor proporción algunas aves y reptiles.

Se distribuye en México en los estados de Campeche, Colima, Chiapas, Durango, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán y Zacatecas (ver siguiente figura).

Se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de Amenazada (A) y no es reportada como una especie endémica.

Dentro de los factores de riesgo, sin lugar a dudas el principal riesgo que corre esta especie es consecuencia de la explotación que se está dando gracias al comercio ilegal que se hace de ella. No se han estimado las cifras actuales de dicho comercio pero se estima que son cantidades significativas y que ponen en riesgo las poblaciones naturales de la especie. Los cambios de uso del suelo también son importantes; ya que al transformar los hábitats naturales en espacios urbanos, algunas especies originales permanecen y cohabitan dichos espacios con el hombre, sin embargo debido al temor que genera esta especie y la falta de información, se le extermina a la menor oportunidad.



Figura IV.88. Registros de distribución de la especie *Boa constrictor* (Fuente: [www.naturalista.conabio.gob.mx](http://www.naturalista.conabio.gob.mx)).

- ***Rhinoclemmys pulcherrima* (tortuga de monte pintada)**

Para esta especie no se tiene mucha información, sin embargo se sabe que es originaria de Centro América, limitada a la vertiente del Pacífico, se extiende por el oeste de: México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica (ver siguiente figura).

Es una tortuga con caparazón rígido, ovalado, muy levemente apuntado por atrás, el cual cuenta con coloración de fondo ocre, los escudos del espaldar tienen líneas que forman un patrón de ocelos. Alcanza habitualmente una longitud recta del espaldar de 20cm. Sus hábitos son semiacuáticos, de reproducción ovípara. Habita en zonas tropicales próximas a aguas poco profundas, no se aleja del agua y con frecuencia deambula por las proximidades boscosas.

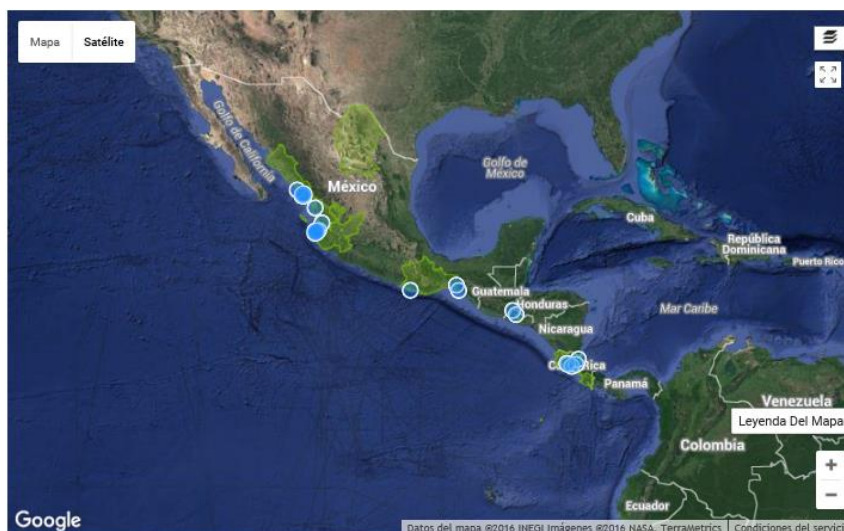


Figura IV.89. Registros de distribución de la especie *Rhinoclemmys pulcherrima* (Fuente: [www.naturalista.conabio.gob.mx](http://www.naturalista.conabio.gob.mx)).

- ***Amazona albifrons***

En la época no reproductiva es una especie que utiliza una amplia gama de hábitats, parvadas en busca de alimento se observan desde bosques de pino y encino pino a bajas elevaciones, como en bosque tropical caducifolio y bosque tropical subcaducifolio, también incursiona en áreas abiertas.

Se sabe que los hábitats que utiliza la especie son los bosques deciduos y semi-deciduos, áreas semiabiertas con árboles dispersos y parches remanentes de bosques, bosque tropical deciduo, bosque tropical perennifolio y bosque secundario.

La especie muestra marcada movilidad estacional. Durante la época reproductiva las parejas anidan dentro de su rango de distribución pero no son migratorias. Se desplaza en parvadas numerosas o en parejas para la alimentación. Suelen subir en elevación hasta alrededor de los 2,000 msnm en época no reproductiva para alimentarse en huertas y cultivos de alta montaña.

Se observan en pares o pequeños grupos comiendo o descansando en lo alto de los árboles; se alimentan de frutas, semillas, nueces, granos, retoños y probablemente brotes de hojas.

Se distribuye en México en los estados de Michoacán, Nayarit, Sonora, Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán (ver siguiente figura).

Se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr) y no es reportada como una especie endémica.

Dentro de los factores de riesgo existe una fuerte presión de comercio al ser la única especie del género *Amazona* que queda en números considerables como para solicitar aprovechamientos comerciales. Existen poblaciones declinando en diferentes regiones del país, especialmente en la costa de Guerrero y Oaxaca.



Figura IV.90. Registros de distribución de la especie *Amazona albifrons* (Fuente: [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).

#### IV.9.6. Estacionalidad de aves

Las especies de aves registradas presentaron diferentes estatus en cuanto a su estacionalidad se refiere, de las 50 especies de aves registradas, 72 % (36 especies) corresponde a especies residentes, el 28 % (14 especies) a especies migratorias las cuales se ubican dentro de las categorías de M: migratoria, R/M: residente y migratoria y T: transitoria. A continuación, se presenta el listado de especies con su respectiva estacionalidad.

Tabla IV. 64. Estacionalidad de especies de aves registradas en el área del proyecto y SAR.

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Estacionalidad
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla cola roja	M
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo magnirostris</i>	Aguililla caminera	R
Accipitriformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura	R
Accipitriformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote común	R
Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia candida</i>	Colibrí cándido	R
Apodiformes	Trochilidae	<i>Chlorostilbon canivetii</i>	Esmeralda tijereta	R
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Caprimulgus badius</i>	Tapacaminos huil	T/I
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Chordeiles acutipenis</i>	Chotacabras menor	R
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina inca</i>	Tórtola cola larga	T
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina passerina</i>	Tórtola coquita	R
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	Tórtola rojiza	R
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma ala blanca	R/M
Coraciiformes	Momotidae	<i>Eumomota superciliosa</i>	Momota ceja azul	R
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero pijuy	R

Documento Técnico Unificado, modalidad B-Regional del proyecto  
"Ticul A"

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Estacionalidad
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	Cuculillo canela	R
Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca vetula	R
Galliformes	Odontophoridae	<i>Colinus nigrogularis</i>	Codorniz yucateca	R
Galliformes	Phasianidae	<i>Meleagris ocellata</i>	Guajolote ocelado	R
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Passerina cyanea</i>	Colorín azul	M
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax yncas</i>	Chara verde	R
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara yucateca	R
Passeriformes	Corvidae	<i>Psilorhinus morio</i>	Urraca papán	R
Passeriformes	Emberizidae	<i>Arremonops rufivirgatus</i>	Rascador oliváceo	R
Passeriformes	Fringillidae	<i>Euphonia affinis</i>	Eufonia garganta negra	R
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijereta	T
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina ala aserrada	M
Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus cucullatus</i>	Bolsero encapuchado	R
Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus gularis</i>	Bolsero de Altamira	R
Passeriformes	Icteridae	<i>Molothrus aeneus</i>	Tordo ojo rojo	R
Passeriformes	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mexicano	R
Passeriformes	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle tropical	R
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga petechia</i>	Chipe amarillo	M
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga magnolia</i>	Chipe de magnolia	M
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga virens</i>	Chipe dorso verde	M
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga ruticilla</i>	Chipe flameante	M
Passeriformes	Parulidae	<i>Vermivora peregrina</i>	Chipe peregrino	M
Passeriformes	Poliptilidae	<i>Poliptila caerulea</i>	Perlita azul gris	R/M
Passeriformes	Tityridae	<i>Tityra semifasciata</i>	Titira enmascarado	R
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryothorus ludovicianus</i>	Chivirín de Carolina	R
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Uropsila leucogastra</i>	Chivirín vientre blanco	R
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus grayi</i>	Mirlo pardo	R
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Empidonax flaviventris</i>	Mosquero vientre amarillo	M
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus tyrannulus</i>	Papamoscas tirano	R
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus yucatanensis</i>	Papamoscas yucateco	R
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario	R
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical	R

---

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Estacionalidad
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pachyramphus aglaiae</i>	Mosquero cabezón degollado	R
Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero cheje	R
Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes pygmaeus</i>	Carpintero yucateco	R
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona albifrons</i>	Loro frente blanca	R

#### IV.10. Servicios ambientales

Los servicios ambientales son los beneficios intangibles que la naturaleza pone a disposición de la sociedad, su base se encuentra en los componentes y procesos que integran los ecosistemas. Estos beneficios se pueden entender como las funciones y los procesos de los ecosistemas que, además de influir directamente en el mantenimiento de la vida, generan beneficios y bienestar sin los que los humanos no podríamos vivir.

En seguida se enlistan, describen y en su caso se cuantifican los servicios ambientales que podrían ponerse en riesgo por el cambio de uso de suelo propuesto en una superficie total con vegetación de 440.575 ha.

##### IV.10.1.1. Provisión de agua

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, propiciando la infiltración que alimenta los mantos acuíferos y la prolongación del ciclo del agua.

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 para áreas específicas y con información muy fina sobre la mayor parte de las variables señaladas. (Torres-Rojo & Guevara-Sanginés, 2002).



Por su parte el agua infiltrada o percolada corresponde a la cantidad de agua que en realidad está capturando el bosque. El cálculo final de la infiltración en el predio se muestra en la siguiente tabla, tomando en consideración la precipitación (P), los valores de evapotranspiración (ETR) y el volumen de escurrimiento (Ve).

**Tabla IV. 65. Estimación del valor de infiltración en el predio dadas las condiciones actuales (superficie 500.2327 ha).**

	P	ETR	Ve	INFILTRACION m3
m3 mensuales	1221776.68	7561917.73	72462.3533	-6412603.40 3
m3 totales anuales	14661320.2	90743012.8	5596343.21	-81678035.8

Los valores negativos, denotan una infiltración nula, por lo que el predio del Proyecto, no presta este servicio ambiental, de captura y provisión de agua al acuífero.

#### **IV.10.1.2. Secuestro de carbono**

Las actividades humanas, tales como el uso de combustibles fósiles para la producción de energía y los procesos derivados del cambio en el uso del suelo y silvicultura, están generando grandes emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), clorofluorocarbonados (CFC's), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>), principalmente, siendo el CO<sub>2</sub> uno de los GEI más importantes por las grandes cantidades en las que se emite. La vegetación tiene la capacidad de asimilar el carbono e incorporarlo a su estructura, es decir, lo fija y lo mantiene almacenado por largos periodos, a través de la fotosíntesis. Es por esta razón que los bosques son importantes sumideros de carbono (Ordoñez y Masera, 2001).

Los principales almacenes de Carbono en los ecosistemas forestales son el suelo, la vegetación y el mantillo. La vegetación es la encargada de incorporar el C atmosférico al ciclo biológico por medio de la fotosíntesis. Los bosques del mundo (templados y

tropicales) capturan y conservan más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre y participan con el 90% del flujo anual de carbono entre la atmósfera y el suelo. De igual manera, el suelo juega un papel muy importante en el ciclaje y almacén del carbono en estos ecosistemas.

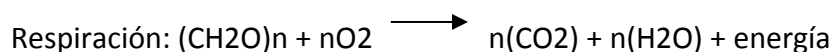
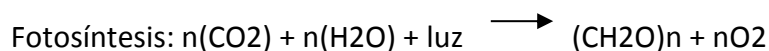
Diferentes autores afirman que el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es uno de los GEI más importantes y que su emisión a la atmósfera por el cambio en el uso del suelo ocupa el segundo lugar a nivel mundial con una fuerte contribución de las zonas tropicales. La deforestación mundial anual se calcula en 17 millones de hectáreas, lo que significa una liberación anual de cerca de 1.8 GtC<sub>3</sub>; lo que representa el 20% de las emisiones antropogénicas totales.

Con esta información como base se estimó que una hectárea de vegetación resguarda 105.88 toneladas de carbono; por lo tanto en una superficie de 20,581.28 Ha con vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, selva mediana caducifolia y selva mediana subcaducifolia presente en el SAR delimitado para el proyecto se resguardan 2,179,194.35 toneladas de carbono; mientras que en 440.575 ha comprendidas en el polígono sujetas a cambio de uso de suelo, el almacenamiento de carbono sería de 46,626.76 toneladas de carbono; lo que representa el 2.13% de lo resguardado en todo el SAR, lo que se puede aceptar como un mínimo porcentaje del servicio ambiental de secuestro de carbono.

#### **IV.10.1.3. Generación de oxígeno**

Barrios-Guzmán en 2015, menciona: "La producción de Oxígeno de un árbol durante un año, está directamente relacionada con la cantidad de Carbono almacenado por el árbol, mismo que se encuentra almacenado en la biomasa de los árboles y si la captación de Dióxido de Carbono durante la fotosíntesis excede la liberación de Dióxido de Carbono por la respiración durante el año, el árbol acumulará carbono (Nowack et al., 2007). De este modo, un árbol que tiene una acumulación neta de Carbono durante un año (crecimiento

de los árboles) también tiene una producción neta de Oxígeno (Yolasigmaz y Keles, 2009). Salisbury y Ross (1978) mencionan que la producción neta de Oxígeno de los árboles se basa en la cantidad de Oxígeno producido durante fotosíntesis menos la cantidad de Oxígeno consumido durante la respiración de las plantas:



De este modo la cantidad de Oxígeno producido se estima a partir de la captura de Carbono con base a los pesos atómicos: Producción neta de O<sub>2</sub> (kg/año) = Carbono secuestrado en la biomasa (kg/año) \* (32/12)."

Por lo tanto, si el Carbono secuestrado, para el SAR es de: 2,179,194.35 toneladas de Carbono, aplicando la fórmula anterior tenemos, que generará: 5,811,184.93 toneladas de Oxígeno.

En tanto para el predio a afectar, se tienen 48,270.74 toneladas de Carbono, aplicando la fórmula, tendremos que se dejarán de generar 124,338.02 toneladas de Oxígeno, es decir, el 2.13%, que se puede considerar como no significativo.

#### **IV.10.1.4. Amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales**

El estado de Yucatán no aparece en las estadísticas como el más expuesto a tormentas tropicales o huracanes, aunque sí la península de la cual forma parte, pues en primer lugar se encuentra Quintana Roo con un total de 13, a lo largo de la segunda mitad del siglo XX Yucatán y Campeche sólo registraron uno cada uno.

Dada la lejanía (100 km) de la zona del Proyecto, con respecto a las costas del estado y sus alrededores, los impactos de dichos fenómenos son poco significativos. Sin embargo, históricamente, entre los ciclones tropicales que mayor daño han causado en el municipio

destacan Gilberto en 1988, que ha sido el que más destrucción e inundaciones causo; Isidoro en 2002; Emily y Wilma en 2005 y Dean en el 2007, los que han estado cerca del municipio y han causado inundaciones han sido Stan en 1999 Bill en 2002, Isidoro en 2003 y Katrina en 2005.

Entonces la vegetación, no se podría señalar como responsable de algún amortiguamiento, en el caso de los fenómenos anteriormente enunciados. Es decir, se puede asegurar que la vegetación a retirarse por el Proyecto, no presta el servicio ambiental de amortiguamiento del impacto de fenómenos naturales.

#### **IV.10.1.5. Modulación o regulación climática**

El proceso de deforestación, al eliminar la cubierta protectora, aumenta la reflectividad, con lo cual se incrementa la reflexión de calor solar. En los suelos húmedos tiende a aumentar la evaporación y, por lo tanto, los suelos tienden a enfriarse. En cambio, en los suelos secos aumenta la absorción por radiación, y ello hace que tales suelos sean más calientes. Sus mayores temperaturas aumentan las tasas de mineralización, afectando en definitiva su estabilidad y estructura, viéndose reducida su resistencia, quedando así más expuestos a la erosión.

Estos fenómenos influyen directamente en el aumento de la temperatura del planeta, toda vez que el vapor de agua está considerado uno de los gases de efecto invernadero.

La cobertura vegetal del predio que será removida no es significativa con respecto a la superficie del SAR, y en cuya área se encuentra vegetación con algún grado de perturbación. A pesar de la vegetación que será removida dentro de los límites del polígono, las variables atmosféricas que determinan las condiciones climáticas de la región, como la humedad y la dirección de los vientos no se verán alteradas. Por lo que este servicio es de baja relevancia, y el grado de afectación será no significativo.

#### **IV.10.1.6. Protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida**

Todas las sociedades dependen directa o indirectamente de la biodiversidad y de los recursos biológicos; la vegetación de los matorrales brinda: la regulación de nutrientes, polinización, control biológico, hábitat y refugio de especies endémicas, producción de alimentos, combustibles, textiles, medicina y plantas ornamentales. Las amenazas principales son el pastoreo descontrolado, junto con los desmontes para la agricultura y ganadería. Debido a estas actividades ha sido posible la proliferación sólo de algunas especies, incorporándose al tipo de vegetación denominada como secundaria.

No obstante, la superficie del SAR se ve dominado por el uso para la vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia, que aporta servicios similares a los presentes dentro del polígono del Proyecto, por lo que se considera que es posible amortiguar los efectos que la pérdida causada por el CUSTF genere.

En las áreas con vegetación que se verán afectadas con la construcción de este Proyecto no se encontraron especies de flora incluidas en los listados de la NOM-059-SEMARNAT-2010, aun así, previo a la ejecución de las actividades de desmonte y despalme, será implementado el Programa de Protección de Flora, para con ello evitar la pérdida de ejemplares. Lo anterior permitirá el establecimiento de los individuos en nuevas áreas con lo que se incorporarán nuevos individuos y con ellos la probabilidad de aumentar la variabilidad genética de las zonas destinadas. Todo lo anterior hace que el impacto sobre este servicio ambiental sea positivo. Por lo tanto, la afectación a este servicio ambiental se considera de baja relevancia y el impacto como bajo.

Por lo anterior, la ejecución de este Proyecto, no interferirá en la calidad de la biodiversidad natural de la región, la cual no se encuentra dentro de algún Área Natural Protegida registrada en el SINANP (Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas).

Para concluir, las Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2016, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre de 2015, en su Componente V. (Servicios Ambientales). Concepto de Apoyo SA.1. (Servicios Ambientales) SA.1.2

(Conservación de la Biodiversidad), cumple con los criterios de ejecución por conservación de uso de suelo para el área del predio, ya que estos son:

El polígono donde se aplicará el apoyo deberá tener ecosistemas forestales en buen estado de conservación y condiciones de alto valor ambiental.

Para la región Norte-Centro según la clasificación de áreas elegibles, el polígono propuesto para el pago deberá tener una cobertura forestal arbórea igual o mayor al 50%, mientras que para la región Centro-Sur deberá contar con una cobertura forestal arbórea igual o mayor al 70%.

Incluye predios con sistemas agroforestales y aquellos predios que han sido restaurados mediante el programa de cuencas prioritarias de la CONAFOR

Especialmente el predio cumple en la cobertura vegetal, que como se explica a continuación, el principal uso de suelo y vegetación es Vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia, el cual corresponde a un 95% de la superficie del predio, por lo que se considera que el predio tiene ese porcentaje de cobertura forestal arbórea.

**Tabla IV. 66. Uso de suelo y vegetación para el área del proyecto.**

USV	Superficie (ha)	% de superficie ocupada
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia (cobertura forestal)	478.2845	95.61
Sin vegetación	17.7395	3.5
Agrícola	4.2087	0.84
<b>Total</b>	<b>500.2327</b>	<b>100</b>

#### **IV.10.1.7. Protección y recuperación de suelos**

El suelo, al formar parte de los ecosistemas, contribuye de manera sustancial a la provisión de servicios ambientales indispensables para el sustento de la humanidad. Los servicios de soporte que se obtienen del suelo se relacionan en gran parte con su propia heterogeneidad. Los agregados proveen una gran variedad de microambientes para las bacterias, protozoarios, artrópodos y nematodos que están involucrados en el reciclaje de

la materia orgánica y en la continuidad de los principales ciclos biogeoquímicos. En el suelo se fija el nitrógeno atmosférico utilizado por las plantas y también es uno de los principales reservorios de carbono en los ecosistemas terrestres. Los suelos contienen mucho más carbono que el que se encuentra contenido en la vegetación y dos veces más que el que se encuentra en la atmósfera (FAO, 2004). Este "secuestro" de carbono en el suelo reduce su liberación a la atmósfera como CO<sub>2</sub>, uno de los principales gases de efecto invernadero.

Dentro de los servicios de regulación está la capacidad de amortiguamiento al filtrar, desactivar o retener compuestos potencialmente tóxicos que pudieran llegar a las aguas subterráneas o afectar las redes tróficas de los ecosistemas terrestres y acuáticos. En el suelo se pueden degradar o desactivar estos compuestos a través de la actividad microbiana y las interacciones químicas entre las partículas de arcilla y materia orgánica. También interviene en la regulación climática por la capacidad de infiltración y evaporación de agua, y por la absorción de la radiación solar de onda corta, así como su posterior reemisión en forma de onda larga o por corrientes de convección, que producen el calentamiento de la atmósfera.

Dentro de los servicios ambientales de orden cultural que se obtienen del suelo, está el servir de sostén físico de la infraestructura terrestre utilizada o construida por las sociedades humanas, como son las estructuras de uso industrial, doméstico, recreación y demás actividades socioeconómicas. También el suelo representa el sitio de resguardo de vestigios antropológicos y arqueológicos que permiten la reconstrucción y preservación de la historia de la humanidad. Además, en el suelo se encuentran materiales de construcción como arenas, gravas y arcillas, y otros materiales como piedras y metales preciosos.

Existen también los servicios de provisión que se obtienen del suelo, son: la producción de biomasa vegetal (alimentos) para el consumo humano y animal o para la producción de

textiles; genes o información genética utilizados en el desarrollo biotecnológico, en el control de los patógenos o para promover el crecimiento vegetal.

La erosión es otro de los factores importantes a considerar en la construcción de este Proyecto, a pesar de que la remoción de la vegetación sea mínima, puede presentarse erosión, en caso del predio, según lo calculado, la erosión sería de 41.437 ton/año, por lo que esta se ubica según la FAO, como baja. Por ello se puede interpretar que el Proyecto una vez llevado a cabo, no reducirá significativamente el servicio ambiental de protección al suelo; gracias a que se implementarán medidas de mitigación.

En otro sentido: Las Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2016, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre de 2015, en su Componente III. (Restauración Forestal y Reconversión Productiva). Concepto de Apoyo RF.1 (Restauración Integral), Concepto RF.1.1 (Conservación y restauración de suelos); señala en sus criterios específicos de ejecución:

1. Las obras de suelo deben realizarse antes de las actividades de reforestación.
2. Los tipos de obras y prácticas de suelos así como las cantidades de obra mínima, se señalan en los "Criterios Técnicos para la Ejecución de los Proyectos de Conservación y Restauración de Suelos 2016", la forma en que se realizan éstas, se especifican en el "Manual de Obras y Prácticas de Protección, Restauración y Conservación de Suelos Forestales de la CONAFOR", disponibles en la página de internet de la CONAFOR.
3. Sólo cuando dentro del polígono apoyado existan cárcavas de dimensiones mayores de 50 centímetros de ancho por 50 centímetros de profundidad, se apoyará en la realización de presas, cabeceo o estabilización de taludes, exclusivamente para las actividades de RF.1.1 y RF2.1. En caso de no requerirlas por no presentar cárcavas dentro del polígono apoyado, de acuerdo a la supervisión que realice la CONAFOR, el monto destinado a estas actividades no se pagará, aunque haya sido aprobado por el Comité. Para el caso de la



actividad RF.3.1 se podrá destinar hasta un 20% de los apoyos destinado a las actividades, para la realización de obras en cárcavas.

4. Las obras o prácticas autorizadas en el Dictamen de factibilidad sólo podrán cambiar por razones de tipo técnico; lo anterior deberá justificarse y solicitarse ante la Gerencia Estatal de la CONAFOR en su entidad, previo al inicio de los trabajos y únicamente se pagarán cuando sean técnicamente viables.

En el caso del punto 3, se incumpliría, ya que no se requieren cárcavas en el predio, pues tiene una pendiente casi nula. Es por todo lo anteriormente planteado, que este servicio ambiental, es propenso a ser dimitido, en cuanto al predio se refiere.

#### **IV.10.1.8. Paisaje y recreación**

La belleza escénica es un concepto que conlleva aspectos subjetivos, formada de una amplia gama de recursos naturales, por ejemplo, los ríos, montañas, volcanes, lagos, bosques y la biodiversidad; los cuales tienen un significativo valor económico, que pocas veces es reconocido como un servicio ambiental por la población. Se han efectuado estimaciones de valoración económica relacionando la belleza escénica. Sin embargo, desde la perspectiva de la ecología del paisaje, tiene un gran interés la interpretación o la medida del paisaje en términos de los valores humanos, de los sentimientos de agrado o desagrado que nos inspira, ésta nos puede conducir a nuevos criterios que nos permitan garantizar las funciones ecológicas del paisaje de forma compatible con los valores, demandas y expectativas del público.

Algunos sistemas de baja calidad fisonómica han sido calificados como de elevado valor paisajístico, donde el valor del paisaje se explica, no tanto por la calidad de sus paisajes naturales, sino por el alto significado social. Contrastando con los sistemas de más alto valor paisajístico coincidieron con áreas montañosas de alta calidad, poco fragmentadas,

donde la estructura espacial muestra orden, legibilidad y coherencia, además de un alto valor fisonómico.

En general con el Proyecto, el paisaje sufrirá leves alteraciones, modificando algunos elementos característicos como es la disminución de vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia. Sin embargo, se considera que la proporción de la superficie que será transformada de manera permanente por el Proyecto, no es significativa en proporción a la superficie del SAR, además se implementarán medidas de mitigación para reducir al máximo los impactos negativos que alteren la calidad paisajística. El proyecto no afecta o pone en riesgo este servicio ambiental que brinda la región.

Por último; en el área del Proyecto y sus alrededores no se encuentran áreas ecoturísticas o en las que se promueva su desarrollo y que pudieran verse impactadas con la implantación del Proyecto.

#### **IV.11. Medio socioeconómico**

El nivel de desarrollo y el tipo de aprovechamiento del SAR responde a diversos factores económicos regionales que solo es posible explicarlo a una escala mucho más amplia que el mismo SAR.

Las actuales condiciones sociales y económicas que se presentan en el SAR, responden a un proceso de modernidad eliminando las técnicas agrícolas tradicionales y un cambio en los sistemas de producción impulsados por el estado durante principios y mediados del siglo XX. Otro factor de influencia fue la Revolución Verde de los 40's que consistió en incrementar y diversificar los rendimientos agrícolas por medio del cultivo de especies híbridas y la utilización de otras técnicas como fertilizantes, insecticidas y otros productos químicos.

#### **Plan Chac**

Previo a la implementación del Plan Chac, la región en estudio se dedicaba principalmente al cultivo del maíz, compuesto de poblados pequeños de familias campesinas semi-autosuficientes que hacían su milpa. El rendimiento del maíz era y sigue siendo muy bajo. Desde hace más de 20 años, una serie de cambios ecológicos empezaron a disminuir las cosechas (Eastmond, 1991). Algunos recurrieron a la migración como solución temporal o permanente ya que las alternativas de trabajo en la región eran escasas.

Aunque desde la época de la conquista otro de los principales cultivos han sido los cítricos bajo condiciones de temporal, los árboles sufren de estrés sino se riegan en la época de sequía y sus rendimientos son muy bajos, y la clave fue el desarrollo de los diferentes sistemas de riego.

Se llevaron a cabo varios planes para la implantación de un modelo citrícola, entre los que se pueden mencionar Plan Chac, el cual consistió en un proyecto de riego por bombeo que inicialmente se planteó para 5 mil hectáreas. Se perforaron pozos profundos de 60 a 90 metros de profundidad y se construyeron una red de canales. Debido a las limitaciones por el tipo de suelo, se abrieron agujeros en las rocas, denominadas pocetas, a punto de pico y barreta y a veces hasta con dinamita, esta gran meseta se rellenaba con polvo y tierra y en ella se sembraba. Este trabajo se realizó por cuenta de los campesinos y obtuvieron de regalo los arbolitos de naranjo, sin embargo una de las limitaciones fue que el agua que repartían los costosos canales no regaban sino que se absorbía por la piedra esponjosa hasta volver a la corriente subterránea (Eastmond, 1991).

El surgimiento del distrito de riego 048 Ticul surgió a una serie de problemas relacionados con los niveles de subsistencia de la población, el proceso de monocultivo, el bajo consumo interno y la industrialización fueron causas que motivaron hacia el desarrollo de la actividad agrícola mediante técnicas de riego dejando de lado la condición temporal de la agricultura.

Fueron varios los aspectos limitantes, entre ellos los afloramientos rocosos, los suelos de bajo desarrollo y baja profundidad, así como la alta capacidad de infiltración, estos fueron los aspectos técnicos que llevaron a decidir el tipo de cultivos frutícolas, así como las técnicas de riego: gravedad o aspersión.

Sin embargo, surgieron una serie de especulaciones del banco de México en torno a las proyecciones del mercado agrícola frutícola para el periodo 1970 – 1975.

El funcionamiento de los distritos de riego es el siguiente, estaban equipadas de pozos profundos, de bombas y motores eléctricos. El agua que se extrae de dichos pozos pasa a la red de canales que a su vez alimenta en las parcelas. Para la construcción de los canales se utilizó roca caliza (sah-cab) la rasante de los canales está sobre elevada debido a las condiciones especiales del suelo y la topografía.

Sin embargo, dentro de los criterios que no se tomaron en cuenta durante el seguimiento de la operación del DR-048 fue la capacitación de los usuarios. De acuerdo con (Eastmond, 1991) los usuarios vieron varios inconvenientes en el riego por aspersión, implicando que no existiera un plan de riego aplicable, aunado a lo anterior, no se hizo caso de las recomendaciones técnicas de operación de sus tuberías y mucho menos de los tiempos de riego.

Finalmente, una de las consecuencias de los planes de modernización fue la sustitución del henequén uno de los principales cultivos que se desarrollaba en aquél entonces por la fruticultura comercial.

#### **IV.11.1. Condiciones socioeconómicas actuales**

De acuerdo con el estudio de Modernización Agrícola y Movilidad Social, prácticamente en la región ya no existen campesinos tradicionales en donde Wolf (1966) y Warman (1976), los define como cultivadores por excelencia de pequeñas parcelas de tierra, auto o semi-

autosuficientes en la producción de sus alimentos y arraigados a sus tierras y sus comunidades. La mayoría de la población rural y que se dedica a la agricultura realiza actividades de pequeña escala pero estas están completamente dedicadas al mercado y ya ninguna familia es autosuficiente en alimentos.

Los mayores cambios económicos que se han presentado en el estado de Yucatán son en base a la disminución de la actividad agrícola y el aumento en la industria manufacturera.

Actualmente, el crecimiento en la industria manufacturera en la última década es producto de muchos y complejos factores internacionales, nacionales y regionales; la velocidad de dicho crecimiento está relacionada con el desempleo y subempleo generalizado en el medio rural y urbano; en general a nivel estatal el crecimiento económico se ha dado en el sector manufactura y en menor medida en el sector turístico (Macossay, 2000).

En la siguiente tabla se puede observar la estructura y composición del Producto Interno Bruto (PIB) a nivel estatal. Observándose que las actividades primarias, así como la minería son las que han disminuido en el periodo de 1993 a 1998.

**Tabla IV. 67. Producto Interno Bruto (PIB) generado a nivel estatal.**

YUCATÁN PRODUCTO INTERNO BRUTO (Miles de pesos a precios de 1993)						
Concepto	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>Total</b>	<b>15,029,646</b>	<b>15,945,716</b>	<b>14,967,752</b>	<b>15,691,594</b>	<b>16,576,074</b>	<b>17,617,186</b>
<b>G.D. 1 Agropecuaria, silvicultura y pesca</b>	<b>1,179,772</b>	<b>1,141,671</b>	<b>1,134,971</b>	<b>1,136,106</b>	<b>1,107,617</b>	<b>1,138,438</b>
G.D. 2 Minería	72,284	75,399	64,740	57,091	53,005	51,949
G.D. 3 Industria manufacturera	1,832,143	2,001,105	1,897,781	2,094,785	2,248,695	2,422,264
G.D. 4 Construcción	951,405	1,062,813	766,449	935,457	1,049,678	1,325,627
G.D. 5 Electricidad, gas y agua	189,972	217,396	223,271	226,444	242,743	251,743
G.D. 6 Comercio, restaurantes y hoteles	3,379,074	3,683,197	3,162,587	3,310,482	3,560,119	3,676,821
G.D. 7 Transporte, almacenaje y comunicaciones	1,419,377	1,538,730	1,526,913	1,641,023	1,757,735	1,920,526
G.D. 8 Servicios financieros, seguros, actividades inmobiliarias y de alquiler	2,890,807	3,050,832	3,039,636	3,047,637	3,037,530	3,253,123
G.D. 9 Servicios comunales, sociales y personales	3,530,484	3,664,859	3,542,057	3,612,217	3,846,703	3,976,401
Menos: Cargo por los servicios bancarios imputados	-415,670	-490,286	-390,653	-369,650	-327,751	-399,707

La tabla anterior refleja una clara crisis de la agricultura y la pesca yucateca, ya que año con año cada vez producen menos.

Por el contrario, la industria manufacturera va aumentando, específicamente se trata de la industria maquiladora de exportación, básicamente textil.

#### IV.11.2. Localidades Urbanas

Dentro del SAR del proyecto se localizan tres localidades urbanas; Muna, Ticul y Sacalum, las cuales se describen a continuación:

##### Muna

A nivel municipal, la población total para el año 2000 era de 12,336 habitantes. Para este año el 70.9% del total de la población se encontraban en pobreza, de los cuáles el 22.4% se hallaban en pobreza extrema (SEDESOL, 2010).

La localidad de Muna, es la cabecera municipal de Muna. La población total de la localidad para el año 2000 era de 11,469. Del total de la población el 45.49% de los adultos hablaba alguna lengua indígena.

La principal actividad a escala municipal es la agricultura y la ganadería, siendo el maíz y el frijol, así como los cítricos y las hortalizas. Otras de las actividades que se desarrollan en el municipio son el turismo y el comercio. El turismo está influenciado por la cercanía que guarda el municipio de Muna con el sitio arqueológico de Uxmal en el Municipio de Santa Elena.

## Ticul

Para el año 2010 se reporta a nivel municipal una población total de 37,685 habitantes (SEDESOL, 2010).

A nivel municipal de Ticul, el cambio en las actividades económicas muestra un comportamiento similar al estatal, en donde se ha disminuido la superficie para uso de suelo agrícola y en su lugar son las actividades secundarias y terciarias las que cuentan con un mayor porcentaje de 41.05% y 45.64% respectivamente. En la siguiente tabla se indica el comportamiento de las actividades económicas del municipio de Ticul.

**Tabla IV. 68. Actividades económicas (INEGI, 2000).**

Sector	Porcentaje
Primario (Agricultura, ganadería, caza y pesca)	12.47
Secundario (Minería, petróleo, industria manufacturera, construcción y electricidad)	41.05
Terciario (Comercio, turismo y servicios)	45.64
Otros	0.84

Dentro de las actividades secundarias que se desarrollan son la industria del vestido y del calzado, esta última es la actividad que atrae a numerosos clientes de la región peninsular. Y en la actualidad la exportación del calzado de mujer ha tenido un crecimiento notable.

### **Sacalum**

La población total a nivel municipal para el año del 2010 era de 4,589 personas. Del total de la población, el 71.5% se encontraban en pobreza, de la cual el 20.9% se hallaban en pobreza extrema (SEDESOL, 2010).

La localidad de Sacalum, es la cabecera municipal y cuenta con una población total de 3,721 habitantes, por lo que es donde se concentra la mayor cantidad de población. Las principales actividades económicas que se desarrollan son las primarias, la agricultura y la ganadería.

Datos relevantes de los indicadores de rezago social indican que en la localidad de Sacalum el 34.02% de las viviendas no disponen de drenaje, lo que representa un dato relevante en el sentido de que el manejo de los residuos domésticos representan una mayor fragilidad para el acuífero considerando que es uno de los componentes más vulnerables del ecosistema por su capacidad de infiltración del suelo y del subsuelo.

En el caso de los municipios de Ticul y de Muna, el grado de rezago social es menor, el porcentaje de viviendas sin drenaje es de 18% y 21% respectivamente.

#### **IV.11.3. Localidades indígenas**

Dentro de este apartado se identifican las localidades más próximas al proyecto con la finalidad de analizar si el proyecto interactúa con los usos y costumbres de las localidades indígenas.



De acuerdo con la cartografía del INEGI (2012), se identifica en la siguiente figura la presencia de las localidades indígenas existentes a nivel del SAR.

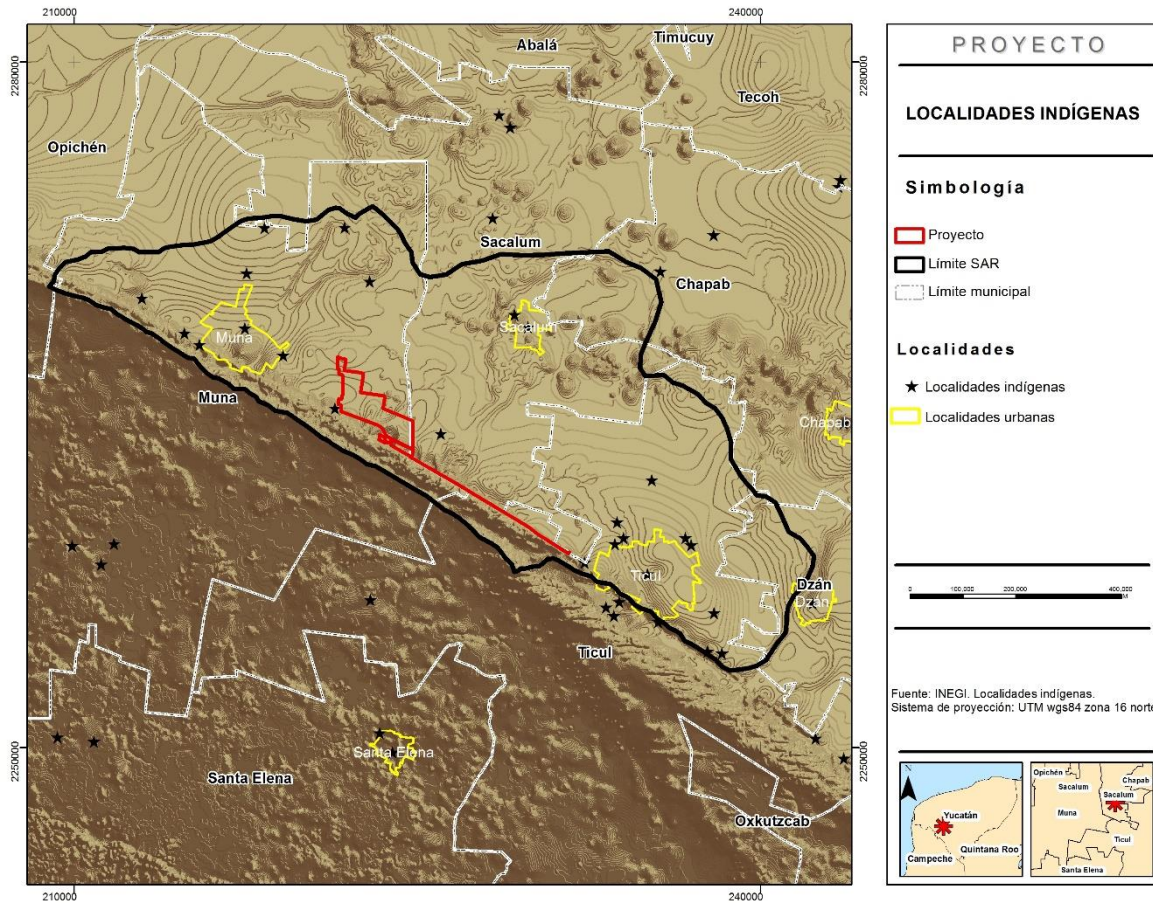


Figura IV.91. Localidades indígenas en el SAR.

Tal y como se puede observar la mayor parte de las localidades indígenas se distribuyen al interior o en las periferias de las localidades urbanas de Ticul, Muna y Sacalum; en menor medida algunas comunidades indígenas se localizan de forma aislada, a lo largo de vías o caminos existentes o cercanos a las áreas agrícolas. Cabe resaltar que al interior del predio no se localizan comunidades indígenas.

Son dos las localidades indígenas más cercanas al proyecto San José Tip - Ceh y Plan Chac (Ver siguiente figura). Las lenguas hablantes son el maya y el náhuatl.

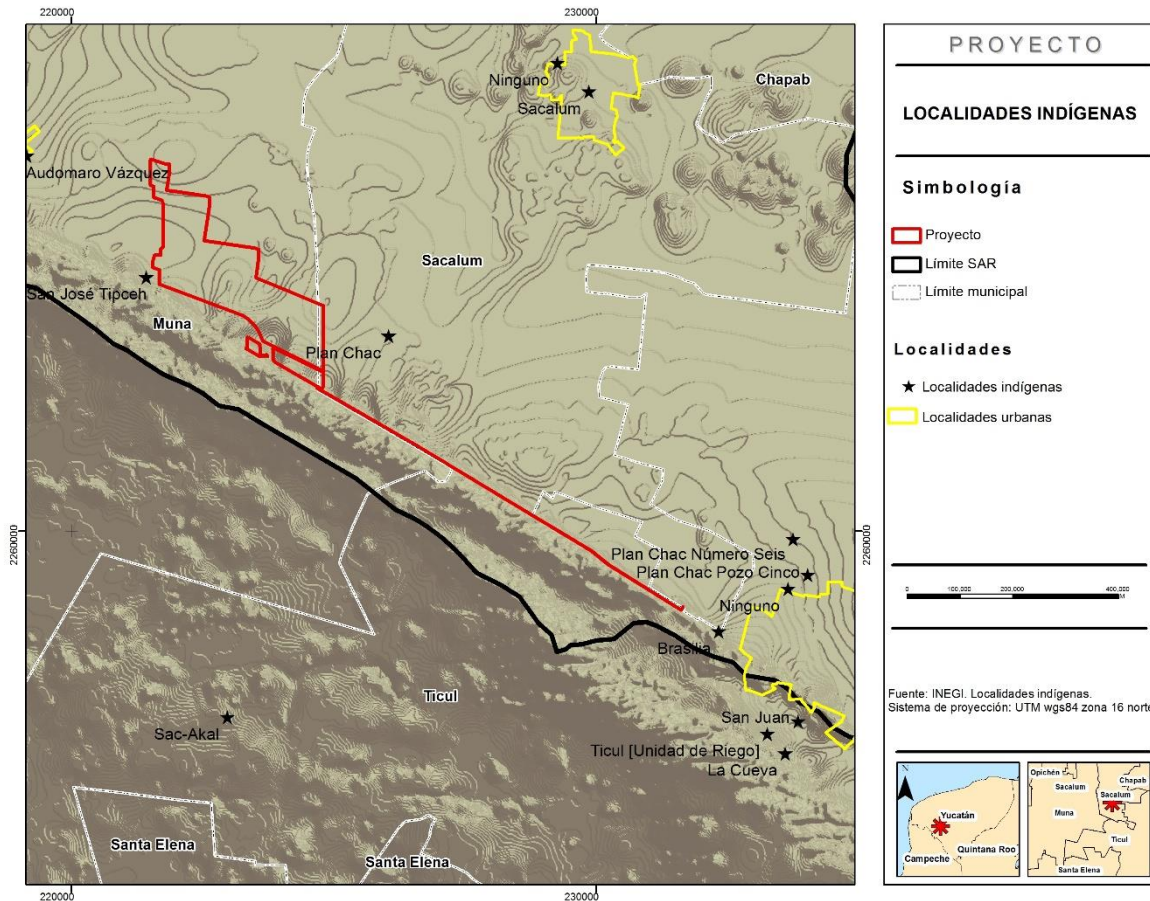


Figura IV.92. Localidades indígenas cercanas al proyecto.

La localidad de **San José Tip - Ceh** se localiza en el municipio de Muna. De acuerdo con el Censo del INEGI (2010), la población es de 513 habitantes y presenta un grado de marginación alto. De la totalidad de la población el 4.57% de los adultos habla alguna lengua indígena.

En esta localidad se presentan vestigios arqueológicos de Xmatuy, y sitios arqueológicos tales como la ex hacienda San José Tip - Ceh, así como capillas dedicadas a varios santos.



**Figura IV.93. Hacienda de San José Tip - Ceh.**

La localidad de **Plan Chac** se localiza dentro del municipio de Sacalum, cuenta con una población al 2010 de 267. Presenta un grado de marginación alto.

De la totalidad de población el 63.67% de los adultos habla alguna lengua indígena.

En la siguiente imagen es posible observar que la principal actividad económica de la localidad es la fruticultura.



**Figura IV.94. Localidad Plan Chac.**

Finalmente, el proyecto no se emplaza sobre ningún tipo de localidad ya sea de tipo urbano, rural o con presencia de grupos indígenas, por lo que el proyecto no pone en riesgo los usos y costumbres de los grupos indígenas existentes.

#### **IV.12. Línea base (Diagnóstico ambiental)**

El clima y la actividad tectónica de la península de Yucatán han sido determinantes en las condiciones ambientales actuales que se presentan en el estado y en el SAR del proyecto. Las etapas de glaciación y deshielo corresponden a los periodos de descenso y ascenso del nivel del mar, posteriormente las rocas sedimentarias marinas reflejan el levantamiento gradual de la plataforma continental, por lo que las constantes transgresiones y regresiones son las que han definido la estructura vertical y horizontal del relieve. Por lo anterior, el clima, la geología y el relieve representan los componentes más estables y que

han definido la estructura actual del sistema. La sierrita de Ticul representa una unidad del relieve que establece un límite entre el paisaje de la planicie ondulada en el SAR, y de la región de sierras y valles que se localizan hacia el municipios de Santa Elena, fuera del SAR.

Por su parte, la hidrología subterránea, la edafología, y la vegetación son componentes muy dinámicos a lo largo del tiempo, pero también son los más frágiles de todo el sistema.

El suelo representa uno de los componentes más vulnerables del ecosistema. Si bien los suelos son relevantes para el establecimiento de la vegetación, en el caso de la península de Yucatán y por ende en el SAR del proyecto, la importancia de la presencia de la vegetación es aún más relevante, para evitar la pérdida del suelo.

El proceso de formación del suelo en la península y en el SAR es amplio y complejo, en donde el desarrollo *in situ* de las partes bajas del terreno se va conformando del acarreo de material proveniente de las partes altas. A escala del SAR, la Sierrita de Ticul representa el parteaguas o límite del SAR, y su relevancia radica en el aporte de sedimentos que acarrea desde la parte alta de las laderas de la sierra hacia las planicies.

Hacia el suroeste del SAR (fuera del SAR), específicamente en la sierra de Ticul los suelos predominantes son los Litosoles y los Luvisoles.

Dentro del SAR que corresponde a un relieve de planicie, las Rendzinas son los suelos que predominan, aunque en general estos suelos se caracterizan por ser de bajo desarrollo y pedregosos, el proyecto al localizarse en una planicie ondulada, estos suelos son privilegiados con respecto al resto de la península ya que son suelos profundos, a diferencia de los suelos del norte y costa de la península que son delgados y pedregosos. Esto se debe a que el relieve en el SAR son planicies colinosas u onduladas, lo que representa un indicador de que existen montículos donde la cantidad de suelo es diferente a la contenida en las áreas más planas, esta característica en el relieve es lo que

ha permitido a nivel regional el desarrollo de la agricultura. Cabe resaltar que la textura de los suelos en el SAR es fina con ciertos niveles de concentración de arcillas lo que disminuye la capacidad de infiltración del agua hacia el subsuelo.

En este sentido los suelos delgados y poco desarrollados se localizan en las zonas más planas o con depresiones en el terreno.

En cuanto a la hidrología subterránea, se presenta un acuífero regional y libre, por lo que la zona de recarga es toda su extensión; esta característica ocasiona que el acuífero sea vulnerable a la contaminación por el paso rápido de los contaminantes de la zona continental hacia la costa (Marín y Perry, 1994).

Para el caso específico del SAR, la presencia de los suelos de rendzinas con textura fina y fase lítica, representa un indicador de que el suelo contiene más del 35% de arcillas lo que reduce la capacidad de infiltración del suelo hacia el subsuelo, sin embargo y a pesar de esta condición no se registra la presencia de cuerpos de agua superficiales ni subterráneos, indicador de que el SAR no es zona de recarga del acuífero regional.

Considerando que las zonas de fracturamiento es donde se registra la mayor recarga del acuífero, es en la Sierrita de Ticul donde se presentan las zonas de fracturamiento, por lo que se estima que es en esta zona donde se lleva a cabo el proceso de recarga del agua superficial hacia el acuífero, aunado a lo anterior, la dirección del flujo subterráneo corre de forma paralela a la Sierra de Ticul con dirección hacia la costa, lo que explica porque aun cuando en el SAR se presenta un suelo con altas concentraciones de arcilla no se presentan cuerpos de agua superficial.

Sumado a lo anterior, y considerando los resultados de la estimación del volumen de escurrimiento superficial, se obtuvo que la condición final con la presencia del proyecto supera a la condición inicial por -7,983,572.84 al año en toda la superficie del proyecto, lo cual repercute en la capacidad de infiltración del suelo, sin embargo esta diferencia es

poco apreciable ya que de acuerdo al procedimiento del cálculo de evapotranspiración, esta supera de forma considerable al volumen de precipitación anual, siendo la causa fundamental de la pérdida de infiltración, por esta razón se considera que el proyecto no afectará la capacidad de recarga del acuífero.

Con respecto a los reportes de la calidad del agua para los municipios de Ticul, Muna y Sacalum (municipios donde se localiza el SAR del proyecto) indican que se ha ido deteriorando, esto debido al manejo inadecuado e ineficiente tratamiento de aguas sanitarias e industriales que se descargaban al manto freático, así como las infiltraciones de contaminantes al acuífero provenientes de las actividades principalmente agrícolas, pero también de tipo ganaderas (agroquímicos, desechos sólidos, entre otros) (Tun *et al.*, 2011).

Con respecto a la cantidad de agua subterránea, la explotación del acuífero es indiscriminada y se realiza con diferentes objetivos; humano, industrial y agrícola. A escala del SAR, la disponibilidad del agua no es un problema (Cervantes, 2007).

Finalmente, el proyecto no se emplaza sobre ninguna localidad indígena, por lo que el proyecto no pone en riesgo los usos y costumbres de los grupos indígenas existentes.

De acuerdo con la ubicación espacial del proyecto, este se localiza fuera de las áreas de importancia para la biodiversidad, por lo que se descarta que el proyecto pueda influir o contribuir a las problemáticas de conservación de dichas regiones de importancia para la biodiversidad.

En el SAR establecido la vegetación, está representada por un total de 4 usos de suelo (agricultura, asentamientos humanos, desprovisto de vegetación y zona urbana) y tres tipos de vegetación (vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia, vegetación secundaria arbórea de selva y mediana subcaducifolia), siendo la vegetación secundaria arbórea de selva mediana

caducifolia la mejor representada del SAR, seguida del uso de suelo de agricultura. Todos los tipos de vegetación presentes en el SAR corresponden a vegetación secundaria, lo que indica que la cobertura vegetal en el área del proyecto presenta un cierto deterioro derivado de las actividades antrópicas, por lo que el área donde se pretende ubicar el proyecto, no es un lugar con vegetación natural o conservada.

La vegetación para el polígono del proyecto indica que el 95.61 % es vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia y 4.39 % es agricultura y área sin vegetación de acuerdo con lo verificado en campo y el análisis espacial realizado. Como se mencionó anteriormente, la vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia es la vegetación mejor representada en el SAR, el polígono del proyecto solo representa el 2.9% de dicha vegetación, por lo tanto no se estaría perdiendo una vegetación exclusiva, o la riqueza de especies de dicho ecosistema, el cual es el mejor representado del SAR.

En cuanto al trabajo de campo de la vegetación, se registró un total de 90 especies de flora de las cuales 31 especies están registradas exclusivamente en el polígono del proyecto, 43 están presentes tanto en el SAR y polígono del proyecto y 16 son exclusivas del SAR. Únicamente fueron registradas las clases liliopsida y magnoliopsida. Las familias mejor representadas son fabaceae con 28 especies y la euphorbiaceae con 11 especies. De acuerdo con el comportamiento vertical de la vegetación se podría decir que las especies arbóreas no pertenecen a una vegetación conservada ya que sus diámetros son muy pequeños así como su altura que caracteriza a dichas especies. La vegetación presente en el polígono del proyecto de acuerdo con los análisis empleados, presenta un mejor grado de conservación que la vegetación que se muestro en el SAR, y eso se atribuye principalmente a una mayor actividad antrópica en el SAR. Al comparar la vegetación del polígono del proyecto con la que se encuentra en el SAR, el resultado es que ambos ensambles de vegetación son muy similares, por lo que la pérdida de la cobertura forestal en el polígono del proyecto, como se mencionó anteriormente, no representa un ecosistema diferente al del SAR ya que ambos comparten las mismas especies.



De los listados obtenidos de especies de flora, ninguna especie está incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010, por lo que el desarrollo de proyecto no pone en riesgo la diversidad de especies amenazadas. Para el resto de las especies de flora se aplicarán los respectivos programas de rescate y reubicación de especies, con lo que se busca disminuir los impactos generados a la biodiversidad.

De acuerdo con el trabajo de campo de fauna, se registraron 70 especies de vertebrados terrestres, contenidas en 3 clases, 18 ordenes, 41 familias, 59 géneros. En el polígono del proyecto se registró un total de 53 especies, contenidas en 3 clases, 16 órdenes, 35 familias, 46 géneros. La clase de Aves es el grupo mejor representado, con 38 especies registradas, siendo la Chara yucateca (*Cyanocorax yucatanicus*) la más abundante. Hay 6 especies que representan a la clase Mammalia que se encuentran distribuidos en 4 órdenes, 6 familias, y 6 géneros. La clase Reptilia se encuentra representada por 9 especies contenidas en 2 órdenes, 8 familias y 8 géneros. En cuanto al SAR este incluye 43 especies contenidas en 3 clases, 14 ordenes, 31 familias, y 39 géneros, la mayoría de ellas (30 especies) pertenecen a la clase de las aves, los reptiles cuentan con 7 especies incluidas en 1 orden, 6 familias y 7 géneros, y por último la clase Mammalia registró un total de 6 especies, correspondientes a 5 ordenes, 6 familias y 6 géneros. Dentro del SAR la especie con una mayor abundancia es *Zenaida asiatica*.

Los resultados para vertebrados terrestres muestran que el polígono del proyecto tiene una baja dominancia por parte de las especies, con lo cual el índice de diversidad de Simpson es muy cercano a la unidad  $1-D=0.938$ , el índice de equitatividad de Shannon-Wiener muestra valores medios  $H'=3.343$ , y por otro lado, el índice de Margalef exhibe valores altos de diversidad  $D_{mgf}=9.282$ .

En el caso del SAR, se encontró que la dominancia es baja, toda vez que  $D=0.0737$ , por lo que el valor del índice de Simpson es cercano a la unidad  $1-D=0.926$ . El índice de Shannon-

Wiener, muestra valores medios de diversidad, resultado que se refuerza con el valor del índice de Margalef.

Por otro lado, se identificó que siete especies se encuentran bajo alguna categoría de riesgo por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (5 reptiles, 1 mamífero y 1 aves), y en donde se comparten únicamente 3 especies en el SAR y en el polígono del proyecto. De acuerdo con la bibliografía consultada 6 especies son nativas de México por lo que su distribución no se restringe al área del proyecto o al SAR y pueden estar representadas en otros estados de la república o países. *Micrurus diastema* es la única especie de fauna considerada como endémica de México, sin embargo tiene una distribución desde la vertiente del Atlántico, ocurre desde el centro y sur de Veracruz, este de Puebla, a través del este y norte de Oaxaca al Istmo de Tehuantepec, este de Chiapas y Península de Yucatán, México. La distribución vertical es prácticamente desde el nivel del mar a los 1250 m. De acuerdo con esta información esta especie no se restringe al SAR o al estado de Yucatán, por lo que su endemismo no se pone en riesgo debido al desarrollo del proyecto. Como medida de mitigación hacia las especies en NOM-059-SEMARNAT-2010, así como las que no están incluidas, se propone un programa de rescate y reubicación de especies que permita mitigar la afectación hacia la fauna en el área del proyecto, esto con el fin de salvaguardar la biodiversidad de dicho lugar.

De acuerdo con los servicios ambientales que fueron analizados en el SAR y en el polígono del proyecto de acuerdo con la ley, la remoción de la cobertura forestal implica que se pierdan aquellos bienes ambientales como la captura de carbono, generación de oxígeno, y erosión de suelo, principalmente, ya que debido a la ubicación del proyecto y al tratarse un sitio perturbado, servicios ambientales como el paisaje, la infiltración de agua o la flora y fauna, sean los menos afectados. De acuerdo con las estimaciones obtenidas de los servicios ambientales, antes mencionados (carbono, generación de oxígeno, y erosión de suelo), esto brinda alrededor del 2% de los bienes ambientales en todo el SAR por lo que

se concluye que la afectación por el desarrollo del proyecto no compromete la provisión y el mantenimiento de dichos bienes ambientales en el SAR.

Norma Oficial Mexicana	Vinculación con el Proyecto
	rescate y reubicación de especie.

De acuerdo con todo lo anterior el proyecto es congruente y da cabal cumplimiento de acuerdo a los ordenamientos jurídicos, instrumentos de planeación, Áreas Naturales Protegidas, Normas Oficiales Mexicanas, Sitios RAMSAR y demás instrumentos aplicables en la materia.

# CAPÍTULO V

IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE  
LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL  
SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL



## Contenido

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.....	4
V.1. Introducción .....	4
V.2. Identificación de impactos ambientales .....	7
V.2.1. Identificación de obras y actividades del proyecto susceptibles de producir impactos ambientales.....	8
V.2.1.1. Obras .....	8
V.2.1.2. Etapas y acciones.....	8
V.2.2. Identificación de las afectaciones producidas por las actividades y obras del proyecto.9	
V.2.2.1. Redes de interacción .....	10
V.2.3. Identificación de los componentes ambientales susceptibles de recibir impactos ambientales.....	12
V.2.3.1. Componentes y factores ambientales afectables por el proyecto .....	14
V.2.3.2. Componentes no afectados y no afectables .....	14
V.2.4. Identificación de las interacciones proyecto - ecosistema .....	15
V.2.4.1. Matrices de interacción.....	15
V.2.5. Denominación de los impactos ambientales .....	18
V.3. Evaluación de impactos ambientales.....	19
V.3.1. Determinación de la importancia.....	20
V.3.1.1. Criterios para la valoración de la importancia .....	20
V.3.1.2. Criterios para la evaluación del atributo de Intensidad .....	21
V.3.1.3. Criterios para la evaluación del atributo de Acumulación .....	22
V.3.1.4. Criterios para la evaluación del atributo de Sinergia .....	23
V.3.2. Determinación de la magnitud.....	24
V.3.3. Matriz de la Importancia y Magnitud de impactos ambientales .....	24
V.3.4. Determinación de la significancia de los impactos ambientales.....	27
V.4. Descripción y análisis de los impactos ambientales.....	29
V.4.1. Significativos.....	29
V.4.1.1. Pérdida de cobertura vegetal.....	29
V.4.1.2. Pérdida de suelo .....	31

V.4.1.3.	Afectación al hábitat .....	33
V.4.1.4.	Desplazamiento de individuos de fauna (incluyendo NOM-059-SEMARNAT-2010) .....	34
V.4.1.5.	Modificación del paisaje natural .....	35
V.4.1.6.	Disminución en la capacidad de infiltración.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
V.4.2.	No significativos .....	36
V.4.2.1.	Contaminación del suelo .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
V.4.2.2.	Alteración al confort sonoro .....	38
V.4.2.3.	Contaminación atmosférica .....	39
V.5.	Análisis de Impactos acumulativos y residuales .....	40
V.5.1.	Impactos residuales.....	40
V.5.2.	Impactos acumulativos.....	41
V.5.2.1.	Identificación de efectos acumulativos por otras obras y actividades dentro del SAR .....	41
V.5.2.2.	Identificación de impactos acumulativos del proyecto.....	42
V.6.	Conclusiones.....	44

## Figuras

Figura V.1. Diagrama de flujo del proceso metodológico.....	6
Figura V.2. Red de interacciones causas – efectos.....	11
Figura V.3. Componentes afectables, no afectados y no afectables. ....	13
Figura V.4. Identificación de relación de impactos. ....	24

## Tablas

Tabla V.1. Obras y actividades del proyecto. ....	8
Tabla V.2. Etapas y acciones del proyecto. ....	9
Tabla V.3. Componentes y factores del entorno susceptibles de recibir impactos.....	14
Tabla V.4. Matriz de identificación de interacciones.....	16
Tabla V.5. Resumen de interacciones por componente y etapas del proyecto.....	17
Tabla V.6. Impactos ambientales identificados. ....	18
Tabla V.7. Criterios para la valoración de atributos.....	21
Tabla V.8. Criterios para el atributo de Acumulación. ....	23
Tabla V.9. Criterios para el atributo de Sinergia. ....	23
Tabla V.10. Matriz de evaluación de la Importancia y Magnitud de impactos ambientales. ....	26
Tabla V.11. Evaluación de final de los impactos ambientales.....	27
Tabla V.12. Rangos de significancia de impactos.....	28
Tabla V.13. Significancia y jerarquización de los impactos ambientales. ....	28
Tabla V.14. Porcentajes de Vegetación y usos de suelo del SAR y superficies de obra.....	30
Tabla V.15. Impactos residuales.....	40
Tabla V.16. Matriz de identificación de impactos por obras y actividades anteriores. ....	42
Tabla V.17. Impactos acumulativos del proyecto. ....	43



## **V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL**

### **V.1. Introducción**

La energía solar constituye una fuente de energía limpia, y uno de los medios menos agresivos con el medio ambiente, para obtener energía, causando impactos ambientales mínimos en comparación con otros proyectos que también generan energía utilizando otras fuentes (energía eólica, hidroeléctrica, nuclear, etc.). En la generación de energía a través del recurso solar no se generan emisiones de gases invernaderos.

No obstante, los potenciales impactos ambientales que generan las planta solares son la remoción de cobertura vegetal y por lo tanto la pérdida de hábitat, debido a que necesitan grandes extensiones de superficies para la colocación de paneles, y asociada a la remoción de la vegetación y dependiendo de la localización se puede provocar una degradación del suelo.

Bajo este contexto, en el presente Capítulo se presenta la identificación, caracterización, descripción y evaluación de los impactos ambientales que pudiera generar el proyecto, tal y como lo marca la Fracción V del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del impacto Ambiental (REIA). También se toma en cuenta los servicios ambientales que pudieran ponerse en riesgo por el cambio de uso del suelo como lo marca la Fracción IX del Artículo 121 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

Para ello se desarrolla una metodología específica para estimar los efectos adversos provocados por las etapas de desarrollo del proyecto (preparación del sitio, construcción,

operación y mantenimiento), y que podrían afectar a los componentes y factores ambientales del SAR.

A continuación, en la siguiente figura, de manera esquemática, se presenta un diagrama de flujo del proceso metodológico diseñado para la evaluación de los impactos ambientales que generará el proyecto, considerando dentro de este proceso tres funciones analíticas principales:

1. Identificación
2. Evaluación y caracterización
3. Descripción y análisis

Para realizar estas funciones se considera la información derivada de los siguientes puntos:

- La descripción del proyecto: obras y actividades, etapas y acciones **(Capítulo II)**.
- El análisis de instrumentos jurídicos ambientales: normas aplicables para la protección de la flora y fauna asociada al cambio de uso de suelo, atmosfera (emisiones de ruido, gases de combustión y polvos) y áreas de importancia ambiental, **(Capítulo III)**.
- El análisis del medio: la descripción, análisis y diagnóstico de los componentes ambientales del SAR **(Capítulo IV)**.

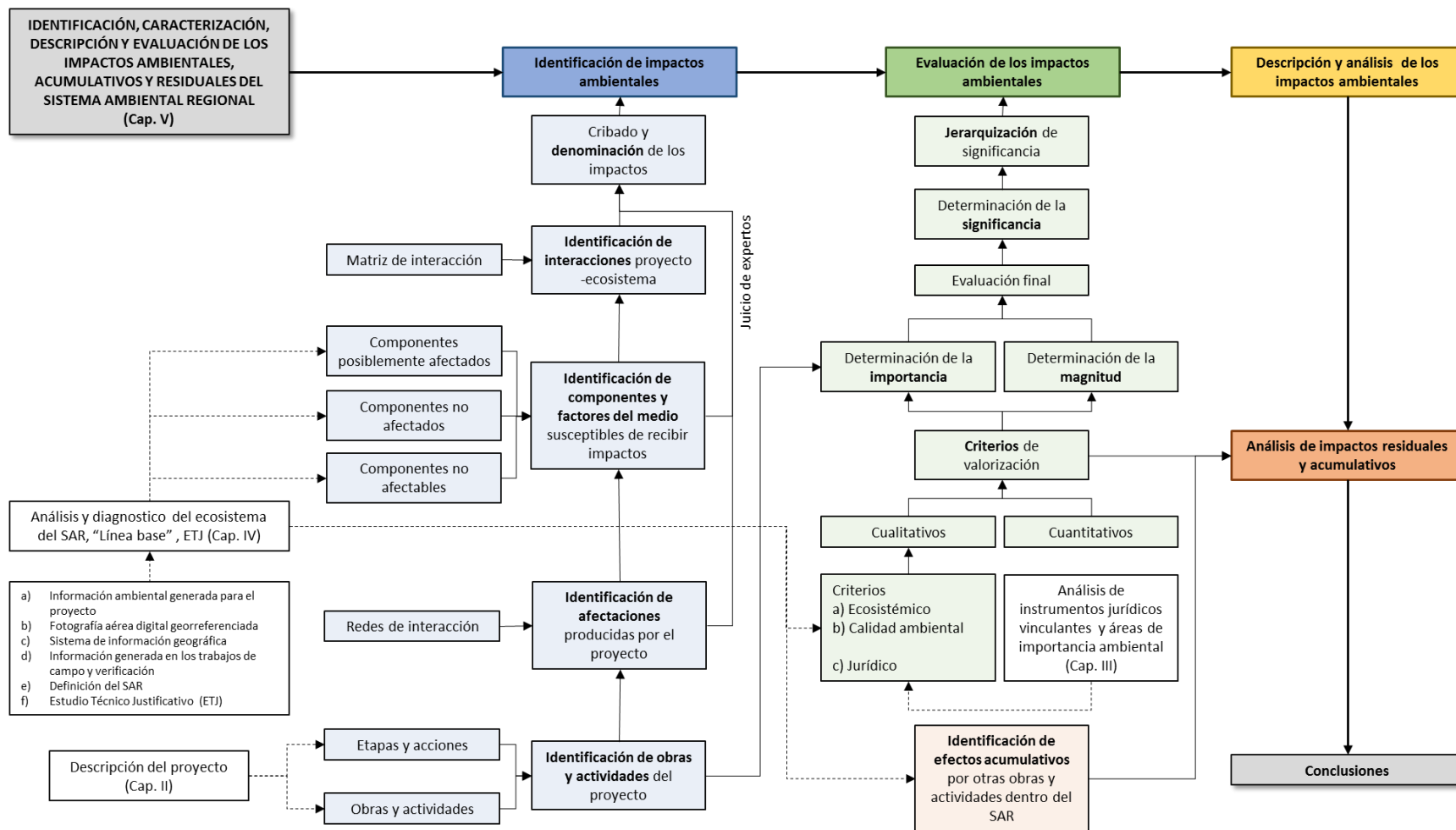


Figura V.1. Diagrama de flujo del proceso metodológico.

## V.2. Identificación de impactos ambientales

Para la identificación de impactos ambientales se llevaron a cabo una serie de pasos que consideran diferentes técnicas (sistema de información geográfica, grafos o redes de interacción causa – efecto, matrices de interacción y juicio de expertos) que son bien conocidas y reportadas en la bibliografía (en el Capítulo IX, se describen a detalle cada una de ellas).

Los pasos a seguir fueron los siguientes:

- a) **Identificación de obras y actividades del proyecto susceptibles de producir impactos ambientales:** se determinan las actividades y obras consideraras para el proyecto y que podrían afectar algún componente ambiental del ecosistema.
- b) **Identificación de las afectaciones producidas por las actividades y obras del proyecto:** por medio del método de *Redes de interacciones* realiza un primer acercamiento de las posibles afectaciones ambientales producidas por las obras y actividades del proyecto.
- c) **Identificación de los componentes ambientales susceptibles de recibir impactos ambientales:** se determinan los componentes posiblemente afectables, los componentes no afectados y los componentes no afectables, para después realizar un listado de los componentes y factores ambientales posiblemente afectables por las obras y actividades del proyecto.
- d) **Identificación de las interacciones proyecto – ecosistema:** por medio del método *Matrices de interacción* se realiza la identificación de las interacciones que tendrán las obras y actividades del proyecto, en sus diferentes etapas de desarrollo, con los componentes y factores ambientales del ecosistema posiblemente afectables.

e) **Denominación de los impactos ambientales:** a partir de los pasos anteriores y por medio de un cribado, se determinan los impactos ambientales que podría producir el proyecto en sus diferentes etapas de desarrollo.

## V.2.1. Identificación de obras y actividades del proyecto susceptibles de producir impactos ambientales

### V.2.1.1. Obras

De acuerdo a la naturaleza del proyecto<sup>1</sup>, las obras y actividades susceptibles de producir impactos ambientales son las siguientes:

Tabla V.1. Obras y actividades del proyecto.

Obras permanentes	Obras provisionales
<ul style="list-style-type: none"><li>• Paneles fotovoltaicos</li><li>• Subestación elevadora</li><li>• Línea de transmisión eléctrica</li><li>• Red de caminos internos</li><li>• Centro de operación y mantenimiento</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Áreas de oficinas (comedores, taller de trabajo, oficinas administrativas)</li><li>• Área de acopio y almacenamiento (de material y equipos).</li><li>• Zona de acopio de residuos</li></ul>
Actividades	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Generación de energía eléctrica por medio de paneles solares</li><li>• Transformación de energía continua a alterna por medio de los transformadores</li><li>• Transmisión de energía por medio de la línea de transmisión</li><li>• Generación de residuos</li><li>• Disposición de residuos</li></ul>	

### V.2.1.2. Etapas y acciones

<sup>1</sup> Para un mayor detalle acerca de las obras y actividades del proyecto, ver Capítulo II.

Se desagrega el proyecto en dos niveles: las diferentes etapas de su desarrollo y las actividades concretas de cada una de las etapas que lo conforman.

Las *Etapas* se refieren a los periodos o partes en que se divide el desarrollo del proyecto y las *acciones* se refieren al conjunto de trabajos que se hacen en cada una de estas etapas.

Conforme a lo anterior, a continuación se presenta una tabla resumida de las etapas y acciones a realizar en el proyecto<sup>2</sup>:

**Tabla V.2. Etapas y acciones del proyecto.**

<b>Etapas</b>	<b>Acciones</b>
<b>Preparación del sitio</b>	Rescate de flora y fauna
	Desmante y despirme
	Corte y Excavación,
	Relleno, compactación y nivelación de terraplén
<b>Construcción</b>	Instalación del cercado perimetral
	Construcción de la red de caminos internos
	Montaje de estructuras de soporte y paneles fotovoltaicos
	Zanjado para la red de conducción eléctrica
	Construcción de obras (subestación elevadora, el centro de operación y mantenimiento y línea de transmisión eléctrica)
<b>Operación y mantenimiento</b>	Puesta en servicio (generación y transmisión de energía eléctrica)
	Mantenimiento (manejo de residuos)

La tabla no incluye la etapa de abandono del sitio al no estar prevista para el proyecto (ver Capítulo II).

### **V.2.2. Identificación de las afectaciones producidas por las actividades y obras del proyecto.**

<sup>2</sup> Para un mayor detalle acerca de las etapas y sus actividades del proyecto, ver Capítulo II.

Después de haber determinado las obras, actividades y acciones en cada una de las etapas de desarrollo del proyecto se realizó el método de *Redes de interacción*, que permite un primer acercamiento de las posibles afectaciones ambientales a partir de las acciones que se realizarán en el proyecto.

#### **V.2.2.1. Redes de interacción**

En la Red de interacciones se colocan en recuadros con fondo color gris las acciones de cada una de las etapas del proyecto (causas), para después por medio de flechas colocar en recuadros de fondo rojo las afectaciones al ecosistema (efecto), y en recuadros de fondo verde los beneficios que podrían tener algunas acciones (ver siguiente figura).

Las flechas de línea continua representan una afectación primaria, las flechas con línea discontinua representa las afectaciones secundarias y las flechas de línea punteada representan afectaciones terciarias.

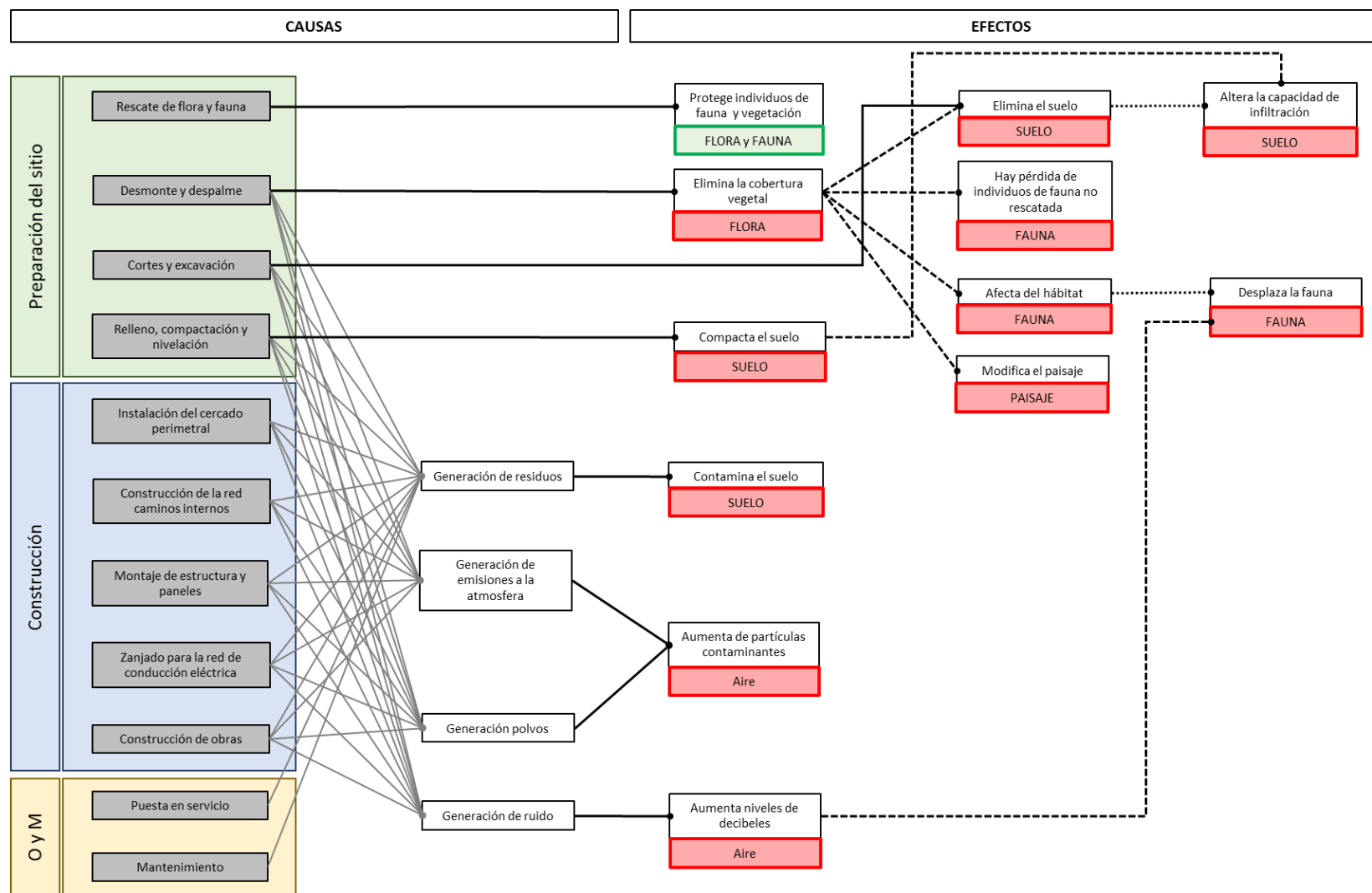


Figura V.2. Red de interacciones causas – efectos.



### **V.2.3. Identificación de los componentes ambientales susceptibles de recibir impactos ambientales**

Previamente en el Capítulo IV se han analizado y caracterizado los componentes y procesos ambientales del SAR, lo que permite identificar, en este capítulo, cuáles de éstos son afectables, los no afectados y los no afectables. Estos responden a la relación que tiene entre las actividades y obras del proyecto con los componentes ambientales dentro del SAR y el polígono del proyecto (ver Figura siguiente) identificados en la Red de interacciones (Figura V.2).

Por lo que la evaluación de impacto ambiental se enfoca en el impacto que pueda recibir solo los componentes ambientales Posiblemente afectables con cada una de las actividades y obras del proyecto.

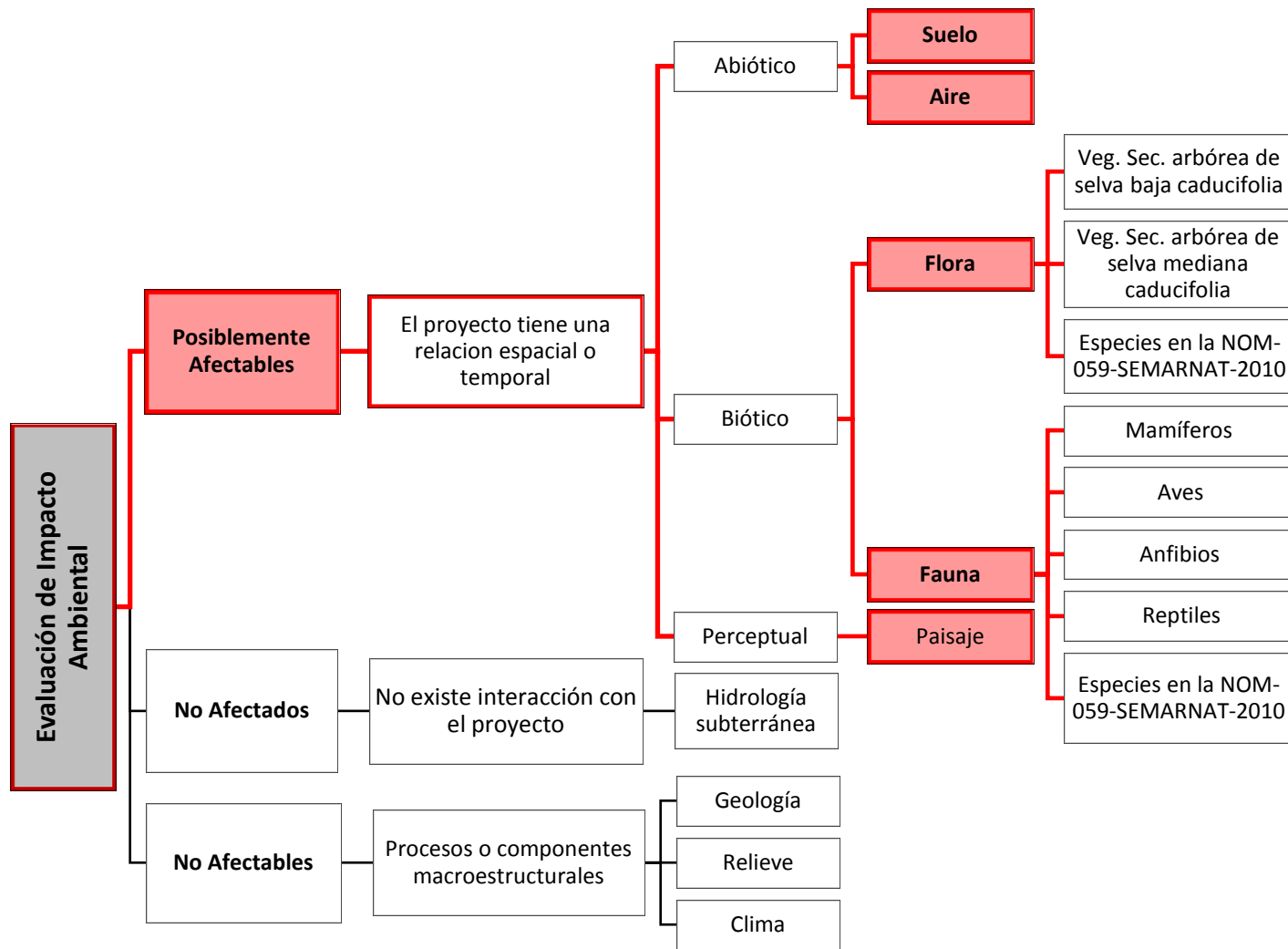


Figura V.3. Componentes afectables, no afectados y no afectables.

### V.2.3.1. Componentes y factores ambientales afectables por el proyecto

Después de obtener los componentes posiblemente afectables del SAR y del polígono del proyecto y las causas efectos presentados en la Red de interacciones (Figura V.2), se identifican los factores ambientales susceptibles de recibir alguna afectación (ver siguiente Tabla).

**Tabla V.3. Componentes y factores del entorno susceptibles de recibir impactos.**

Medio	Componente	Factor
Abiótico	Suelo	Cantidad
		Calidad
	Aire	Confort sonoro
		Calidad atmosférica
Biótico	Flora	Cobertura vegetal
	Fauna	Hábitat
		Distribución
Perceptual	Paisaje	Calidad visual

### V.2.3.2. Componentes no afectados y no afectables

#### *Componentes no afectados*

En cuanto a la hidrología subterránea, como se describe en el Capítulo IV, tanto en el SAR como en el polígono del proyecto hay suelos de tipo Litosol y Cambisol, y roca de tipo kárstico, lo que permite que se tenga una alta capacidad de infiltración. Sin embargo el acuífero, en esa zona, se encuentra a una profundidad de 60 a 90 metros. Si tomamos en cuenta que el proyecto no considera perforaciones profundas, y que los posibles contaminantes que genere (como derrames accidentales de hidrocarburos, residuos químicos o lixiviados) serán mínimos, estos solo podrían llegar a contaminar el suelo y subsuelo, pero no llegar a los niveles del manto freático. Bajo estos argumentos se puede decir que el acuífero no se verá afectado.

### *Componentes no afectables*

Como se menciona en el Capítulo IV, los componentes macro estructurales son los componentes más estables, lo que significa que tardan mucho tiempo en manifestar los cambios. Es por ello que la geología, el relieve, el clima y la hidrología lagunar son componentes que, aun y con el desarrollo del proyecto, no se verán afectados.

## **V.2.4. Identificación de las interacciones proyecto - ecosistema**

Después de haber establecido los componentes y factores posiblemente afectables por el proyecto, finalmente para complementar la identificación de interacciones se emplea la técnica de matrices, la cual permite identificar en forma gráfica y en forma de tabla, las afectaciones negativas que generará el proyecto, así como la etapa en que más se generarán, permitiendo además la cuantificación de las acciones que generarán con mayor frecuencia cada impacto identificado.

### **V.2.4.1. Matrices de interacción**

A continuación se presenta la Matriz de Identificación de interacciones (Tabla siguiente), donde se determinaron las relaciones del proyecto–ecosistema, desglosando el proyecto en etapas y acciones, y el medio en componentes y factores, y que para efectos de interpretación las interacciones negativas se identifican por colores diferentes según la etapa donde se presenten.

Tabla V.4. Matriz de identificación de interacciones.

Medio	Componente	Factor	Etapas			Construcción					Operación y mantenimiento		Interacciones por factor	Interacciones por componente	
			Preparación del sitio			Desmonte y despalme	Corte y excavación	Relleno, compactación y nivelación	Instalación del cercado	Construcción de caminos	Montaje de estructuras	Zanjado			Construcción de obras
Acciones															
Abiótico	Suelo	Cantidad	1											1	11
		Calidad	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Aire	Confort sonoro	1	1	1	1	1	1	1	1	1			8	16
		Calidad atmosférica	1	1	1	1	1	1	1	1	1			8	
Biótico	Flora	Cobertura vegetal	1											1	1
	Fauna	Hábitat	1											1	10
		Diversidad	1											1	
		Distribución	1	1	1	1	1	1	1	1	1			8	
Perceptual	Paisaje	Calidad visual	1										1	1	
<b>Total de interacciones por acciones</b>			<b>9</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>39</b>		
<b>Total de interacciones por etapa</b>			<b>17</b>			<b>20</b>					<b>2</b>				

Conforme a los resultados de la Tabla anterior, se realizó una tabla resumen donde se puede ver rápidamente la cantidad total de interacciones resultantes, clasificadas por componentes y por etapas (ver siguiente tabla).

Para el proyecto resultaron un total de 39 interacciones, divididas en 17 para la preparación del sitio, 20 en la construcción y 2 en la operación y mantenimiento.

**Tabla V.5. Resumen de interacciones por componente y etapas del proyecto.**

Medio	Etapas Componente	Preparación del sitio	Construcción	Operación y mantenimiento	Total
Abiótico	Suelo	4	5	2	11
	Aire	6	10	0	16
Biótico	Flora	1	0	0	1
	Fauna	5	5	0	10
Perceptual	Paisaje	1	0	0	1
<b>Interacciones Totales</b>		<b>17</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>39</b>

Aun y cuando el proyecto presenta una gran cantidad de interacciones (39), la mayoría (20) son interacciones que son causadas por acciones en la construcción, mientras que la minoría (2) responden a efectos de las acciones producidas por la operación y mantenimiento del proyecto, como se muestra en la Red de interacciones (ver Figura V.2). Sin embargo, en este paso solo se identificó la cantidad de interacciones, por lo que la cantidad de interacciones no representa la significancia de la afectación. Para asignar la significancia se realizará una metodología diferente la cual se encuentra explicada en el punto V.3.

### V.2.5. Denominación de los impactos ambientales

Una vez identificadas las interacciones en la *Red de interacciones* (Figura V.2) y en la *Matriz de identificación de interacciones* (Tabla V.4), se realizó un cribado para determinar los impactos ambientales que producirá el proyecto. Con lo que se obtienen 8 impactos ambientales, los cuales se enlistan en la siguiente tabla, indicando también las causas que lo producen.

**Tabla V.6. Impactos ambientales identificados.**

Componente	Factor	Impacto	Causas
Suelo	Cantidad	Pérdida de suelo	Por la eliminación de la cobertura vegetal
	Calidad	Alteración en la calidad del suelo	Por contaminación del suelo Por compactación (Disminución en la capacidad de infiltración)
Aire	Confort sonoro	Alteración al confort sonoro	Por el aumento de niveles de ruido en el ambiente ocasionado por el uso de maquinaria y equipo
	Calidad atmosférica	Contaminación atmosférica	Por emisión degases de combustión y suspensión de polvo ocasionados por el uso de maquinaria y equipos
Flora	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal (incluye las especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010)	Por el desmonte y despalme en las superficies de construcción de obras
Fauna	Hábitat	Afectación al hábitat	Por la eliminación de la cobertura vegetal
	Distribución	Desplazamiento de individuos de fauna (incluye especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010)	Por la eliminación de la cobertura vegetal Por generación de ruido
Paisaje	Calidad visual	Modificación del paisaje natural	Por la eliminación de la cobertura vegetal Por construcción de obras Por el indebido manejo de residuos

### V.3. Evaluación de impactos ambientales

De acuerdo a Gómez-Orea (2002)<sup>3</sup>, el valor de un impacto ambiental mide la gravedad de éste cuando es negativo y el "grado de bondad" cuando es positivo; en uno u otro caso, el valor se refiere a la cantidad, calidad, grado y forma en que un factor ambiental es alterado y el significado ambiental de dicha alteración. Para ello se realiza la valoración de los impactos ambientales que se obtiene por medio de los siguientes pasos que se presentan en forma general.

- a) **Determinación de la importancia.** La importancia de un impacto es una valoración, la cual expresa el alcance del efecto de una acción sobre un factor ambiental y está definida por una serie de atributos de tipo cualitativo que caracterizan dicha alteración, los cuales son los siguientes: intensidad, extensión, efecto, momento, persistencia, periodicidad, sinergia, acumulación, reversibilidad, y recuperabilidad (V Conesa Fdez. – Vítora, 2003)<sup>4</sup>.
- b) **Determinación de la magnitud.** La magnitud representa la cantidad y calidad del factor modificado, en términos relativos al marco de referencia adoptado<sup>5</sup>.
- c) **Matriz de evaluación.** A partir de la determinación de los criterios de la importancia y magnitud se realiza la matriz de evaluación de cada uno de los impactos para obtener la valoración de la importancia y magnitud.
- d) **Determinación de la significancia.** Después de evaluar la importancia y magnitud de cada impacto ambiental se determina la significancia del impacto (significativo o no significativo), para posteriormente jerarquizarlos.

---

<sup>3</sup> Evaluación de impacto ambiental, Gómez Orea. 2002.

<sup>4</sup> Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. V-Conesa Fdez. – Vítora. 2003

<sup>5</sup> Para el proyecto, se refiere al SAR.



En el Capítulo IX se indican a detalle los criterios utilizados para llevar a cabo las metodologías citadas.

### **V.3.1. Determinación de la importancia**

La importancia de un impacto es una valoración que expresa el alcance del efecto de una acción sobre un factor ambiental, la cual viene definida por una serie de atributos de tipo cualitativo (para el caso del proyecto se consideraron 10 atributos) que caracterizan dicha alteración.

Por lo que tomando como base el juicio de expertos, la información presentada en el Capítulo II y IV, y la Tabla de Impactos ambientales identificados (Tabla V.6), se genera la primera columna de Importancia de la Matriz de Importancia y Magnitud de impactos ambientales (Tabla V.10), la cual se crea a partir del modelo propuesto por V. Conesa Fdez. – Vítora (2003) y modificado para el proyecto, donde a cada uno de los impactos ambientales se le atribuye un valor del 1 al 5 en cada uno de los 10 atributos para poder aplicar un algoritmo sencillo de suma:

$$\textit{Importancia} = \text{IN} + \text{EX} + \text{EF} + \text{MO} + \text{PE} + \text{PR} + \text{SI} + \text{AC} + \text{RV} + \text{MC}$$

#### **V.3.1.1. Criterios para la valoración de la importancia**

A continuación se presentan en forma general los criterios para cada uno de los atributos seleccionados, mientras que en el Capítulo IX se describen detalladamente para que la autoridad pueda replicar los impactos ambientales identificados para el proyecto.

Los criterios que caracterizan la importancia del impacto, fueron obtenidos por la propuesta de V. Conesa Fdez. – Vítora (2003) y modificada a partir de la naturaleza del proyecto.

**Tabla V.7. Criterios para la valoración de atributos.**

Atributo	Carácter del atributo	Valor	Atributo	Carácter del atributo	Valor
INTENSIDAD (In)	Baja	1	EXTENSIÓN (EX)	Puntual	1
	Mediana	2		Parcial	2
	Alta	3		Extenso	3
	Muy Alta	4		Total	4
	Total	5		Critica	5
EFECTO (EF)	Indirecto	1	MOMENTO (MO)	Largo plazo	1
	Directo	5		Mediana plazo	3
PERSISTENCIA (PE)	Inmediato	1		PERIODICIDAD (PR)	Único
	Fugaz	2	Discontinuo		2
	Temporal	3	Periódico		4
	Pertinaz	4	Continuo		5
	Permanente	5			
SINERGIA (SI)	Sin sinergismo	1	ACUMULACIÓN (AC)	No acumulativo	1
	Sinérgico	5		Acumulativo	5
REVERSIBILIDAD (RV)	Inmediata	1	RECUPERABILIDAD (MC)	Inmediata	1
	Corto plazo	2		Corto plazo	2
	Medio plazo	3		Medio plazo	3
	Largo plazo	4		Mitigable	4
	Irreversible	5		Irrecuperable	5

### V.3.1.2. Criterios para la evaluación del atributo de Intensidad

Como se mencionó anteriormente, la intensidad es el “grado” de afectación de una acción sobre un factor ambiental, el cual se basa en una calificación subjetiva que se determina por el cambio que tendrá el factor con y sin proyecto, y que está basado en una serie de criterios tanto ambientales como jurídicos.

Los criterios que se toman en cuenta son los siguientes:

- **Criterio ecosistémico:** cuando una acción es capaz de modificar el funcionamiento de uno o más procesos del ecosistema que puedan generar un desequilibrio ecológico.
- **Criterios de calidad ambiental:** cuando el componente y/o factor se encuentran en "mal estado", basado en estudios técnicos y científicos.
- **Criterios jurídicos:** cuando el componente y/o factor ambiental afectado se encuentra reconocido por instrumentos jurídicos (como leyes, Ordenamientos ecológicos y/o en las NOM's mexicanas) y áreas de importancia ambiental (ANP, sitios RAMSAR, Regiones prioritarias).

### **V.3.1.3. Criterios para la evaluación del atributo de Acumulación**

En el Capítulo IV se realizó el análisis de los componentes y procesos abióticos y bióticos para poder concluir en el diagnóstico ambiental del SAR, esto representa la "línea base".

El análisis de los impactos ambientales debe basarse en la determinación de las desviaciones de la "línea base" originada por efectos aditivos. Para lo anterior, no es suficiente con evaluar los impactos ambientales del proyecto como si éste fuera la única fuente de cambio en el SAR, sino que también es importante identificar los cambios ocasionados en el ambiente que se están generando o que ocurrieron como resultado de fenómenos naturales u otras actividades humanas en la región, y que pueden tener un efecto aditivo o acumulativo sobre los mismos componentes ambientales con los que el proyecto va a interactuar.

Por lo que el criterio principal para conocer si se un impacto es acumulativo o no, es que el mismo tipo de impacto se haya o se esté dado como consecuencia de actividades y/o proyectos diferentes (dentro del SAR) al que se presenta a evaluación en ese DTU.

Para fines prácticos, los criterios utilizados así como el análisis de los impactos acumulativos se presentan en el punto V.5.2.

**Tabla V.8. Criterios para el atributo de Acumulación.**

Atributo	Criterio	Valor
Acumulativo	Las obras y /o actividades de proyectos anteriores ocasionaron el mismo impacto	5
No acumulativo	Las obras y /o actividades de proyectos anteriores no ocasionaron el mismo impacto	1

#### **V.3.1.4. Criterios para la evaluación del atributo de Sinergia**

La sinergia es uno de los atributos que tiene mayores repercusiones en la gestión ambiental, ya que hay impactos diferentes que pueden relacionarse produciendo sinergias, lo que refuerza efectos negativos (Gómez Orea 2013). El REIA en su fracción VIII del Artículo 3°, describe a un impacto sinérgico como aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.

Para determinar la valoración de este atributo, se realiza un diagrama de flujo, en el cual se muestra la relación que existe entre los impactos. Los resultantes con flechas rojas son valorados con el valor más alto (5), mientras los que no tiene flecha son valorados con el valor mínimo (1) (ver tabla siguiente).

**Tabla V.9. Criterios para el atributo de Sinergia.**

Atributo	Criterio	Valor
----------	----------	-------

---

Sinérgico	El impacto ocasiona otro impacto (cuadro y línea roja)	5
No Sinérgico	El impacto no ocasiona otro impacto (cuadro negro)	1

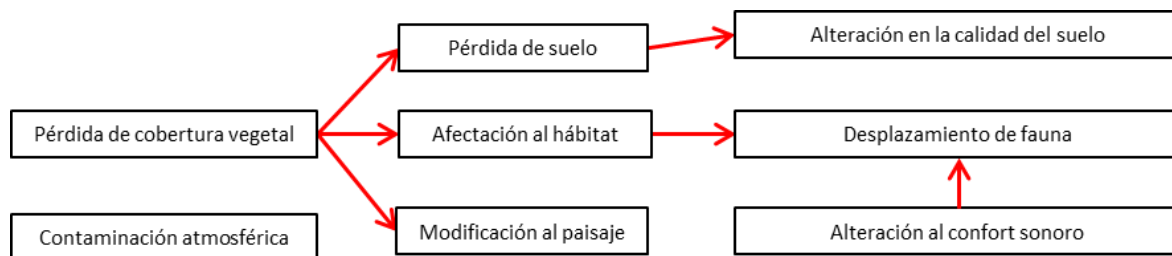


Figura V.4. Identificación de relación de impactos.

### V.3.2. Determinación de la magnitud

La **magnitud**, representa la cantidad y calidad del factor modificado, y que se expresará en términos de la extensión, intensidad y duración de la alteración al componente en relación al SAR.

Es por ello que para obtener la columna de Magnitud de la *Matriz de Importancia y Magnitud de impactos ambientales* (Tabla V.10) se realiza un algoritmo simple creado a partir del modelo propuesto por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (Roma 1995) y modificado para el proyecto utilizando los atributos, previamente evaluados, de IN (intensidad), EX (extensión) y PE (persistencia).

El algoritmo utilizado es el siguiente:

$$\text{Magnitud} = (\text{IN} \times 4) + (\text{EX} \times 4) + (\text{PE} \times 2)$$

### V.3.3. Matriz de la Importancia y Magnitud de impactos ambientales

Como resultado de la aplicación de los pasos descritos anteriormente, se obtuvo la Matriz de Importancia y Magnitud de impactos ambientales (ver siguiente tabla) misma que permite:

- a) Evaluar los impactos ambientales generados en función de la importancia y magnitud.
- b) Conocer los componentes ambientales más afectados por el proyecto.
- c) Identificar el nivel de importancia y magnitud de los impactos.

**Tabla V.10. Matriz de evaluación de la Importancia y Magnitud de impactos ambientales.**

Medio	Componente	Factor	Impacto	In	EX	EF	MO	PE	PR	SI	AC	RV	MC	Importancia	Magnitud
Abiótico	Suelo	Cantidad	Pérdida de suelos	5	2	5	5	5	1	5	5	3	5	41	38
		Calidad	Alteración en la calidad del suelo	2	2	5	5	2	2	5	5	2	2	32	20
	Aire	Confort sonoro	Alteración al confort sonoro	1	1	1	5	1	2	5	5	1	1	23	10
		Calidad atmosférica	Contaminación atmosférica	1	1	1	5	1	2	1	5	1	1	19	10
Biótico	Flora	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	5	2	5	5	5	1	5	5	3	5	41	38
	Fauna	Hábitat	Afectación al hábitat	4	2	5	5	5	1	5	5	3	5	40	34
		Distribución	Desplazamiento de individuos de fauna	4	2	5	5	4	2	5	5	2	3	37	32
Perceptual	Paisaje	Calidad visual	Modificación del paisaje natural	3	2	5	5	5	1	5	5	3	5	39	30

#### V.3.4. Determinación de la significancia de los impactos ambientales

Para conocer la significancia de los impactos ambientales, es necesario ver en conjunto la evaluación de la Importancia y de la Magnitud y no como evaluaciones únicas. Para ello se realiza la siguiente fórmula sencilla:

$$\text{Evaluación final del impacto} = \text{Importancia} + \text{Magnitud}$$

Obteniendo así los valores de la siguiente tabla:

**Tabla V.11. Evaluación de final de los impactos ambientales.**

<b>Impacto</b>	<b>Importancia</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Evaluación final del impacto</b>
Pérdida de suelos	41	38	<b>79</b>
Alteración en la calidad del suelo	32	20	<b>52</b>
Alteración al confort sonoro	23	10	<b>33</b>
Contaminación atmosférica	19	10	<b>29</b>
Pérdida de cobertura vegetal	41	38	<b>79</b>
Afectación al hábitat	40	34	<b>74</b>
Desplazamiento de individuos de fauna	37	32	<b>69</b>
Modificación del paisaje natural	39	30	<b>69</b>

Con base en la definición de impacto ambiental significativo del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental en su fracción IX del Artículo 3°, y en los criterios jurídicos y ambientales, descritos a través del Capítulo VIII, a continuación se acotan los rangos de valores finales de cada impacto ambiental para conocer la significancia de cada uno de ellos.



**Tabla V.12. Rangos de significancia de impactos.**

Significancia de impactos		Interpretación	Rangode valores finales
No significativos	Irrelevantes	Alteraciones de muy bajo impacto a componentes o procesos que no comprometen la integridad de los mismos.	Entre 20 y 40
	Moderados	Alteraciones que afectan procesos o componentes sin poner en riesgo los procesos o estructura de los ecosistemas de los que forma parte.	Entre 41 y 60
Significativos	Severos	Alteraciones que sin medidas de mitigación afecten el funcionamiento o estructura de los ecosistemas dentro del SAR.	Entre 61 y 80
	Críticos	Alteraciones que aun con medidas de mitigación afecten el funcionamiento o estructura de los ecosistemas dentro del SAR	Entre 81 y 100

A partir de la tabla anterior se puede determinar la significancia de cada impacto ambiental, y así poder jerarquizarlos y conocer cuáles son los impactos tanto de mayor como menor relevancia (ver siguiente tabla).

**Tabla V.13. Significancia y jerarquización de los impactos ambientales.**

Significancia	no.	Impacto	Evaluación final del impacto	
Significativos	1	Pérdida de cobertura vegetal	79	
	2	Pérdida de suelos	79	
	3	Afectación al hábitat	74	
	4	Desplazamiento de individuos de fauna	69	
	5	Modificación del paisaje natural	69	
No significativos	Moderados	6	Alteración en la calidad del suelo	52
	Irrelevantes	7	Alteración al confort sonoro	33
		8	Contaminación atmosférica	29

#### V.4. Descripción y análisis de los impactos ambientales

Una vez identificados los impactos ambientales y su significancia se procede a realizar la descripción y análisis de ellos. El análisis se presenta para cada impacto ambiental, describiendo los siguientes elementos:

- a) Impacto ambiental
- b) Medio, componente y factor afectado
- c) Significancia del impacto
- d) Etapas donde se producirá el impacto
- e) Descripción y justificación para dicha determinación

##### V.4.1. Impactos Significativos

##### V.4.1.1. Pérdida de cobertura vegetal

Impacto ambiental	Pérdida de cobertura vegetal			
Significancia	Medio	Componente	Factor	Etapas
<b>SIGNIFICATIVO Severo</b>	Biótico	Flora	Cobertura vegetal	Preparación del sitio

Para la instalación de paneles y la construcción de obras, es necesario la remoción de vegetación, la cual producirá la pérdida de cobertura vegetal de Vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia presente en el polígono del proyecto, que además representa el hábitat de la fauna que se encuentra ahí, por lo que se considera un impacto ambiental. Este impacto se efectúa en la etapa de preparación del sitio, a causa de la remoción de la vegetación durante el desmonte y despalme de las superficies donde se emplazará las obras y paneles. El impacto se considera residual debido a que el proyecto

no tiene en cuenta el abandono del sitio, por lo que la construcción de obras no permitirá el restablecimiento de vegetación.

En el SAR existen diferentes clasificaciones de Uso de suelo y Vegetación: 3 tipos de vegetación (de la cual predomina la vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia) y 4 usos de suelo (de la cual la actividad dominante es la agricultura). Esto quiere decir que el SAR aún mantiene características naturales, sin embargo también tiene una cierta actividad antropogénica que poco a poco está fragmentando la vegetación debido a que se llevan actividades humanas que han propiciado la pérdida de cobertura vegetal, principalmente por la remoción de vegetación a para hacer campos agrícolas y para la extracción de leña para el uso doméstico (ver Capítulo IV). Un dato importante de mencionar es que actualmente predominan los elementos de una vegetación secundaria; lo que indica que es una vegetación sucesional.

Cabe mencionar que en el polígono del proyecto se contempla la remoción de vegetación de Vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia, correspondiente a un 95.61% total del polígono del proyecto.

En la siguiente tabla se muestran los porcentajes de vegetación, tanto del SAR como el polígono del proyecto y las superficies de afectación.

**Tabla V.14. Porcentajes de Vegetación y usos de suelo del SAR y superficies de obra.**

Clases	Porcentaje total del SAR	Porcentaje en el polígono del proyecto
Con vegetación	36 %	95.61 %
Sin vegetación	64%	4.39
	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>

Hay que tomar en cuenta que de acuerdo al análisis del trabajo de campo presentado en el Capítulo IV, dentro del polígono del proyecto no se registraron especies que se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010:

La remoción de la cobertura vegetal se ha considerado que las especies vegetales registradas en el trabajo de campo (ver cap. IV), no están restringidas al SAR o al área del polígono del proyecto, además de que durante el desarrollo del proyecto se están proponiendo actividades de rescate y reubicación de las especies de flora que pudieran verse afectadas con su desarrollo.

Como se mencionó anteriormente la vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia es la vegetación mejor representada en el SAR, el polígono del proyecto solo representa el 2.9% de dicha vegetación sin embargo no se estaría perdiendo la funcionalidad, la riqueza de especies de dicho ecosistema, el cual es el mejor representado del SAR.

**Con base en estos argumentos, el impacto de Pérdida de cobertura vegetal es considerado como SIGNIFICATIVO.**

#### V.4.1.2. Pérdida de suelo

Impacto ambiental		Pérdida del suelo		
Significancia	Medio	Componente	Factor	Etapas
<b>SIGNIFICATIVO Severo</b>	Abiótico	Suelo	Cantidad	Preparación del sitio

La remoción de vegetación no solo implicará la pérdida de cobertura vegetal sino que también causará la pérdida de suelo ya que este queda expuesto, lo que represente un impacto ambiental. Este impacto se efectuará en la etapa de preparación del sitio, al

momento de realizarla remoción de la vegetación por el desmonte y despalme, y en los cortes y excavaciones.

Como es de conocimiento, en el suelo se tiene una primera capa fértil en la cual se encuentra materia orgánica generada a partir de fragmentos de vegetación y que es susceptible de perderse con la remoción de la vegetación. Por otra parte, la pérdida del suelo también es resultado de la erosión que se presenta al quedarse el suelo desnudo; es decir desde el momento en que la vegetación es removida, los efectos erosivos de tipo hídrico y eólico aumentan, ocasionando la pérdida del mismo. De igual manera puede generar la compactación y endurecimiento del suelo lo que a su vez también provocaría la afectación a la calidad del suelo y provoca la disminución de la capacidad de infiltración.

En el Capítulo IV se describe que en el polígono del proyecto se pueden encontrar suelos de tipo Rendiza, Litosol y Luvisol, los cuales cumplen con las funciones de dar soporte a la vegetación. Otra característica de estos suelos es que presentan una fase física lítica lo cual significa que tiene una capa con una base compacta lo que reducen la capacidad de infiltración.

Cabe destacar que actualmente, dentro del SAR se llevan a cabo actividades humanas que han propiciado la pérdida del suelo, principalmente a causa de la remoción de vegetación para crear zonas con vegetación en campos agrícolas y la extracción de leña para el uso doméstico.

**Con base en estos argumentos, el impacto de Pérdida de suelo es considerado como SIGNIFICATIVO.**

### V.4.1.3. Afectación al hábitat

Impacto ambiental	Afectación al hábitat			
Significancia	Medio	Componente	Factor	Etapas
<b>SIGNIFICATIVO Severo</b>	Biótico	Fauna	Hábitat	Preparación del sitio

La remoción de vegetación inherentemente afectará el hábitat ya que se modifican las condiciones y características físicas y biológicas que necesarias para la supervivencia y reproducción de las especies de fauna, por lo que se considera un impacto ambiental.

Este impacto se generará durante la etapa de preparación del sitio, como consecuencia de la remoción de vegetación en las actividades de desmonte y despalme para el desplante de los paneles solares y construcción de obras. El impacto se considera residual debido a que el proyecto no tiene en cuenta el abandono del sitio, por lo que la construcción de obras no permitirá el restableciendo de vegetación y por lo tanto tampoco del hábitat.

También hay que tomar en cuenta que el proyecto considera la remoción Vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia, sin embargo esto indica que es una vegetación sucesional que se encuentra en constante presión por la expansión de diferentes obras y actividades desarrolladas dentro del SAR (como áreas agrícolas) lo que ha ido reduciendo el hábitat para la fauna. Asimismo, en el polígono del proyecto se concluyó que presenta riqueza y diversidad misma que en el SAR.

**Con base en estos argumentos, el impacto de Afectación al hábitat es considerado como SIGNIFICATIVO.**

#### V.4.1.4. Desplazamiento de individuos de fauna (incluyendo NOM-059-SEMARNAT-2010)

Impacto ambiental	Desplazamiento de individuos de fauna			
Significancia	Medio	Componente	Factor	Etapas
<b>SIGNIFICATIVO Severo</b>	Biótico	Fauna	Distribución	Preparación del sitio Construcción

La remoción de Vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia afectará el hábitat, por lo que inherentemente desplazará a la fauna que se encuentre en el polígono del proyecto, lo que representa un impacto ambiental.

Este impacto se generará en la etapa de preparación del sitio, durante las actividades de desmonte de las superficies para las obras. Dichas actividades privan a la fauna de áreas de alimento y resguardo, por lo que se verá obligada a trasladarse a otras zonas donde encuentre las características físicas y biológicas necesarias para su supervivencia. También en la etapa de construcción, el impacto se dará por el ruido generado por el uso de la maquinaria y equipo utilizado para la construcción de obras e instalación de paneles puede ahuyentar a las especies de fauna que se encuentre en las inmediaciones del lugar donde se utilice la maquinaria y equipo. Por estas razones, ya sea en la etapa de preparación del sitio o construcción, el impacto solo será puntual.

Así como se analizó en el Capítulo IV con base en el trabajo de campo, en el polígono del proyecto se registraron especies de reptiles, aves y mamíferos. Asimismo también se encontraron nidos y madrigueras.

En cuanto a las **Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010**, se registraron 7 especies de fauna, de las cuales corresponden a 4 reptiles, 6 aves y 1 mamífero. Sin embargo, tanto las especies enlistadas en la NOM, como las que no se encuentran en ella, no son endémicas

y su distribución es amplia, lo que indica que no se restringe exclusivamente al área del proyecto o SAR

También cabe mencionar que el proyecto considera el rescate y reubicación de las todas las especies susceptibles o no susceptibles que se encuentren dentro del polígono del proyecto.

**Con base en estos argumentos, el impacto de Desplazamiento de individuos de fauna es considerado como SIGNIFICATIVO.**

#### V.4.1.5. Modificación del paisaje natural

Impacto ambiental	Modificación del paisaje natural			
Significancia	Medio	Componente	Factor	Etapas
<b>SIGNIFICATIVO Severo</b>	Perceptual	Paisaje	Calidad visual	Preparación del sitio
				Construcción
				Operación y mantenimiento

La construcción de obras e instalación de paneles, causará la modificación del paisaje natural, por lo que es considerado un impacto ambiental.

Este impacto se generará en la etapa de preparación del sitio, al momento de realizar las actividades para la remoción de vegetación de las superficies para las obras del proyecto. Aquí se notará la eliminación de texturas y colores representativos de la vegetación, para que después la introducción de elementos denote cierta artificialidad (líneas rectas, ángulos, regularidad de gomas geométricas, simétricas, etc.) para un paisaje natural, el cual se caracteriza por tener formas irregulares (ver Capítulo IV).

Aunado a lo descrito anteriormente, la superficie donde se presentará el impacto corresponde a un 95.61% del polígono del proyecto, el cual pertenece a superficies con vegetación, (siendo la remoción de vegetación la afectación principal al paisaje.) Sin



embargo, cabe mencionar que el porcentaje de remoción de vegetación representa un 2.1% con respecto a la vegetación presente en el SAR.

**Con base en estos argumentos, el impacto de Modificación el paisaje natural es considerado como SIGNIFICATIVO.**

#### V.4.2. Impactos No significativos

##### V.4.2.1. Alteración en la calidad del suelo

Impacto ambiental	Alteración en la calidad del suelo			
Significancia	Medio	Componente	Factor	Etapas
<b>NO SIGNIFICATIVO Moderado</b>	Abiótico	Suelo	Calidad	Preparación del sitio
				Construcción
				Operación y mantenimiento

La alteración a la calidad del suelo por compactación y contaminación generará la alteración de la calidad del suelo, lo que se considera un impacto ambiental.

##### **Por compactación**

Este impacto se generará en la primera etapa del proyecto, en la eliminación de la cobertura vegetal y de suelo en las actividades de desmonte y despalme, ya que se presentará la compactación de suelo que se pudiera dar en las superficies donde haya tránsito pesado de maquinaria y superficies en donde se colocarán los paneles.

Debido a la compactación del suelo y suelo desnudo, también se presentará la disminución de la capacidad de infiltración del agua de lluvia hacia el acuífero. La capacidad de infiltración se considera como la cantidad máxima de agua que puede absorber el suelo en función de la humedad, el material que lo conforma y la

compactación que pudiera tener. Por lo que el potencial que el suelo tiene de absorber agua a través de su superficie principalmente se ve reflejado en las características de este.

Así, tomando en cuenta lo descrito en el Capítulo IV, el volumen de infiltración que se tiene actualmente en el polígono del proyecto con respecto al volumen estimado de infiltración del polígono con el proyecto, se ve modificado por una cierta cantidad pero esta no afecta ya que el volumen de escurrimiento y de evo traspiración son mayores que el de precipitación.

#### **Por contaminación**

Este impacto se generará en las 3 etapas de desarrollo del proyecto, en la realización de las diferentes actividades que lo conforman, ya que inevitablemente se generarán diferentes tipos de residuos sólidos y líquidos, lo que representa que podría haber derrames accidentales de: hidrocarburos de la maquinaria o equipo utilizado, de residuos químicos, de los lixiviados de los diversos residuos sólidos, y del manejo de los sanitarios portátiles (Para un mayor detalle de los tipos de residuos generados por el proyecto ver Capítulo II y VII).

Como se describe en el Capítulo IV, el suelo en el SAR, en las zonas donde hay asentamientos humanos y campos agrícolas se ha ido contaminado por el uso de agroquímicos o por derrames de hidrocarburos utilizados para para realizar las actividades agrícolas, por lo que la contaminación que pudiera generar el proyecto se adicionaría. No obstante, con la aplicación adecuada de medidas de prevención y mitigación, el impacto puede evitarse o minimizarse.

**Con base en estos argumentos, el impacto de Alteración a la calidad del suelo es considerado como NO SIGNIFICATIVO.**

#### V.4.2.2. Alteración al confort sonoro

Impacto ambiental	Alteración al confort sonoro			
Significancia	Medio	Componente	Factor	Etapas
<b>NO SIGNIFICATIVO</b> Irrelevantes	Abiótico	Aire	Confort sonoro	Preparación del sitio Construcción

El aumento de decibles en el ambiente ocasionado por la construcción del proyecto producirá una alteración al confort sonoro, lo que representa un impacto ambiental. Este impacto se generará durante las etapas de preparación del sitio y construcción, en sus diferentes actividades, ya que será necesaria la utilización de equipo y maquinaria pesada, la cual producirá niveles de ruido que se percibirán solo en el sitio donde se encuentre operando estos equipos.

De acuerdo al Capítulo IV, en un día común, en espacios de vegetación se puede percibir un promedio de 15 a 20 dB, en zonas agrícolas de 30 a 35 dB, y en zonas suburbanas entre 35 y 45 dB, alcanzando de 80 y 120 dB por el uso de maquinaria. Por lo que tomando en cuenta estos datos y que el polígono del proyecto se encuentra en una zona de vegetación y está a 1.2 km aproximadamente del asentamiento humano más próximo, el ruido que pudiera ser generado por la maquinaria y el personal no implica un impacto relevante. Aunado a esto, las actividades y equipos se encontrarán en un espacio abierto donde será factible que el ruido pueda dispersarse.

Además, cabe mencionar que en los momentos donde se generó ruido, este solo se generará en días y horarios laborales conforme a la NOM-081-SEMARNAT-1994, por lo que solo será de manera temporal y por periodos cortos de tiempo.

**Con base en estos argumentos, el impacto de Alteración al confort sonoro es considerado como NO SIGNIFICATIVO.**

### V.4.2.3. Contaminación atmosférica

Impacto ambiental		Contaminación atmosférica		
Significancia	Medio	Componente	Factor	Etapas
<b>NO SIGNIFICATIVO</b> <b>Irrelevantes</b>	Abiótico	Aire	Calidad atmosférica	Preparación del sitio Construcción

Las emisiones de gases de combustión y la suspensión de polvos en el ambiente ocasionado por el uso de maquinaria y equipo generarán contaminación atmosférica, lo que representa un impacto ambiental. Este impacto se producirá durante las diferentes actividades de las etapas de preparación del sitio y construcción, ya que será necesaria la utilización de maquinaria pesada la cual emite gases de combustión. Específicamente durante las actividades de corte, excavación, relleno, compactación y nivelación, se generará la suspensión de partículas (polvo).

Como se describe en el Capítulo IV, los meses de mayo a octubre el SAR se ve influenciado por vientos alisios, mientras que en la temporada de invierno hay de "nortes", donde la dirección de vientos es anticiclónica lo que significa una mayor dispersión de los vientos lo que permitirá el esparcimiento de los gases de combustión y polvos.

También se toma en cuenta que las fuentes que generará el impacto son puntuales y temporales (maquinaria), ya que solo se darán durante las horas laborales, apegándose a las normas aplicables en materia de gases de combustión; NOM-041-SEMARNAT-2006, NOM-043-SEMARNAT-1993, NOM-045-SEMARNAT-2006. Además las actividades se realizarán en un período de tiempo muy corto y se ubicarán en un espacio abierto donde los gases de combustión y polvos se dispersan rápidamente.

**Con base en estos argumentos, el impacto de Contaminación atmosférica es considerado como NO SIGNIFICATIVO.**

## V.5. Análisis de Impactos acumulativos y residuales

### V.5.1. Impactos residuales

Con la aplicación de medidas de prevención y mitigación, es factible que un impacto ambiental que puede alterar el funcionamiento de cierto componente o proceso eco sistémico dentro del SAR, reduzca su significancia. Sin embargo, invariablemente, existen impactos cuyos efectos persisten aún con la aplicación de medidas, y que son denominados como residuales. Así también el REIA en su fracción X del Artículo 3°, describe a un impacto residual como el impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.

La identificación y valoración de este tipo de impactos ambientales es fundamental, ya que en última instancia representan el efecto inevitable y permanente del proyecto sobre el ambiente.

Para el caso del proyecto, la identificación de los impactos residuales se llevó a cabo en función del atributo de la Recuperabilidad (MC), y que hayan sido calificados con valor máximo (5); es decir, que los factores no podrán volver a su estado original aún con la aplicación de medidas. Derivado de lo anterior se tiene que el proyecto generará los siguientes impactos ambientales residuales:

**Tabla V.15. Impactos residuales.**

Significancia		Impacto residual	Atributo de Recuperabilidad (MC)
Significativo	Severos	Pérdida de cobertura vegetal	5
		Pérdida de suelos	5
		Afectación al hábitat	5
		Modificación del paisaje natural	5

Por la naturaleza del proyecto, los impactos residuales identificados se asocian con la remoción de vegetación, como son la pérdida de cobertura vegetal y por lo tanto la pérdida de suelo, la afectación al hábitat y la modificación del paisaje natural.

### **V.5.2. Impactos acumulativos**

El REIA en su fracción VII del Artículo 3°, describe a un impacto acumulativo como el impacto donde su efecto en el ambiente resulte la suma de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.

Por ello el análisis de los impactos ambientales debe basarse en la determinación de las desviaciones de la "línea base o cero" originada por efectos aditivos. Para lo anterior, no es suficiente con evaluar los impactos ambientales del proyecto como si éste fuera la única fuente de cambio en el SAR, sino que también es importante identificar los cambios ocasionados en el ambiente que se están generando o que ocurrieron como resultado de otras actividades humanas en la región, y que pueden tener un efecto aditivo o acumulativo sobre los mismos componentes ambientales con los que el proyecto va a interactuar.

#### **V.5.2.1. Identificación de efectos acumulativos por otras obras y actividades dentro del SAR**

Como se he mencionado con anterioridad, dentro del SAR se encuentran diferentes tipos de vegetación, que a través del tiempo se han perdido por la constante remoción de vegetación para asentamientos urbanos y campos agrícolas (a estos llamaremos obras y actividades anteriores). Las diferentes actividades que se realizan en el SAR se pueden simplificar en las siguientes obras y/o actividades:

**Asentamientos urbanos:** dentro de esta categoría se presentan todas las obras que se realizan para un centro urbano, como sería vivienda, carreteras, infraestructura y equipamiento.

**Agro sistemas:** aquí se engloba las actividades de agricultura.

Para determinar los componentes afectados previamente dentro del SAR, primeramente se realizó la siguiente matriz, en la cual se identifican los impactos ya producidos por obras y actividades existentes y los que podría causar el proyecto.

**Tabla V.16. Matriz de identificación de impactos por obras y actividades anteriores.**

Componentes	Impactos	Asentamientos urbanos	Agro sistemas	Proyecto
Suelo	Pérdida del suelo	•	•	•
	Alteración de la calidad del suelo (por contaminación y compactación)	•	•	•
Hidrología subterránea	Contaminación del agua subterránea	•	•	X
	Extracción de agua subterránea (acuífero) para abastecimiento	•	•	X
Atmósfera	Alteración al confort sonoro	•	•	•
	Contaminación atmosférica	•	•	•
Vegetación	Pérdida de la cobertura vegetal por remoción de vegetación	•	•	•
	Pérdida de individuos de flora por extracción de leña para uso domestico	•	X	X
Fauna	Afectación al hábitat	•	•	•
	Desplazamiento de individuos de fauna por remoción de vegetación	•	•	•
	Perdida de individuos de aves, mamíferos y reptiles por cacería	•	X	X
Paisaje	Modificación a la calidad visual del paisaje natural por remoción de vegetación	•	•	•

#### V.5.2.2. Identificación de impactos acumulativos del proyecto

Derivado de la Matriz de identificación de impactos por obras y actividades anteriores (Tabla V.16), se identifica que todos los impactos ambientales que pudiera generar el proyecto son acumulativos (ver siguiente tabla), por lo que en el Atributo de Acumulación (AC) de la Matriz de evaluación de la Importancia y Magnitud de impactos ambientales (Tabla V.10) se evalúa con el valor más alto (5).

**Tabla V.17. Impactos acumulativos del proyecto.**

Significancia		Impacto acumulativo	Atributo de acumulación (AC)
Significativos	Severos	Pérdida de cobertura vegetal	5
		Pérdida de suelos	5
		Afectación al hábitat	5
		Desplazamiento de individuos de fauna	5
		Modificación del paisaje natural	5
No significativos	Moderados	Alteración en la calidad del suelo	5
	Irrelevantes	Alteración al confort sonoro	5
		Contaminación atmosférica	5

Sin embargo no todos los impactos son significativos y algunos de ellos pueden aminorarse con la implementación adecuada de medidas de mitigación.

Por lo que, de acuerdo al análisis anterior, podemos concluir que los impactos ambientales acumulativos de mayor relevancia que generará el proyecto son los que tienen la valoración de Significativos.

Además, como se ha mencionado con anterioridad, los impactos de pérdida de suelo, la Afectación al hábitat, el Desplazamiento de individuos de fauna, la Modificación del paisaje natural y la Disminución en la capacidad de infiltración están sumamente asociados con el impacto de Pérdida de vegetación.



## V.6. Conclusiones

Con base en la información del Capítulo II y el Capítulo IV, la opinión de expertos y las diversas técnicas de identificación y evaluación de impacto ambiental utilizada en el presente Capítulo, se estima que **el proyecto ocasionará en lo general una serie de impactos ambientales de naturaleza negativa**. Sin embargo, considerando los resultados de los análisis, se identificaron cuáles son los impactos significativos y no significativos por etapa del proyecto que pueda afectar el estado actual del SAR.

Por lo tanto, recapitulando lo anterior, se puede concluir con lo siguiente:

1. En la etapa de construcción del proyecto será donde se generarán la mayoría de los impactos ambientales (interacciones), mientras que en la etapa de preparación de sitio y operación se reducen la cantidad de impactos generados.
2. La remoción de cobertura vegetal implica, además del impacto de **pérdida de cobertura vegetal**, la generación de diferentes impactos como son la **pérdida de suelo, la afectación al hábitat, el desplazamiento de individuos de fauna y la modificación al paisaje**. Aun y cuando estos impactos son significativos; los ecosistemas presentes en este tipo de vegetación se encuentran representados dentro y fuera del SAR, lo que también mantiene la conectividad de las especies de fauna, **por lo que el desarrollo del proyecto ni ponen en riesgo la integridad y funcionalidad eco sistémica del SAR**.
3. El impacto de **alteración a la calidad del suelo** generado por el inadecuado manejo de los diferentes tipos de residuos en las diferentes etapas del proyecto es mínimo, además junto con la aplicación de las adecuadas medidas de prevención y mitigación el impacto podrá reducirse aún más, **por lo tanto no pondrá en peligro la calidad del suelo del SAR**.

4. Los impactos de **alteración al confort sonoro** y **contaminación atmosférica** en las diferentes etapas del proyecto serán mínimos, ya que las fuentes que generarán los impactos se encontrarán en espacios abiertos lo que permite la dispersión de polvos y ruido además que solo se darán temporalmente. **Por lo que no se podría en peligro la calidad de la atmósfera ni el confort sonoro.**
  
5. **Los impactos ambientales identificados no ponen en riesgo los procesos y componentes del medio ambiente dentro del SAR.**

Adicionalmente en el Capítulo VI, se presentarán las medidas necesarias para prevenir, mitigar, controlar o compensar, según sea el caso, los impactos ambientales esperados en cada una de las etapas de desarrollo del proyecto, cuya ejecución permitirá disminuir la cantidad de impactos, que por sus atributos y naturaleza pueda provocar desequilibrios ecológicos de forma tal que se afecte la continuidad de los procesos naturales que actualmente ocurren en el SAR delimitado.

# CAPÍTULO VI

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



## Contenido

VI. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y SOCIAL QUE MOTIVE LA AUTORIZACIÓN EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE USO DE SUELO .....	2
VI.1. Biodiversidad .....	2
VI.1.1. Flora silvestre.....	3
VI.1.1.1. Degradación de la vegetación .....	6
VI.1.2. Fauna silvestre .....	8
VI.2. Suelos .....	9
VI.2.1. Erosión .....	10
VI.2.1.1. Erosión potencial con proyecto .....	11
VI.2.1.2. Estimación de la erosión potencial con proyecto en su condición final .....	12
VI.2.2. Degradación del suelo .....	14
VI.2.2.1. Degradación del suelo sin proyecto .....	16
VI.2.2.2. Degradación del suelo con proyecto y con medidas .....	16
VI.3. Calidad y captación de agua.....	18
VI.3.1.1. Hidrología subterránea .....	19
VI.3.1.2. Superficies de captación o recarga .....	19
VI.4. Que los usos alternativos sean más productivos a largo plazo .....	21
VI.5. Justificación económica .....	22
VI.6. Justificación social .....	23

## Figuras

Figura VI.1. Procesos de degradación del suelo.....	15
Figura VI.2. Relaciones entre las causas de la degradación de suelos forestales. ....	16
Figura VI.3. Valores económicos de los ecosistemas. ....	22
Figura VI.4. Porcentaje de viviendas particulares habitadas que disponen de luz eléctrica en el estado de Yucatán. ....	24

## Tablas

Tabla VI.1. Cálculo de valor A, pérdida de suelo durante la etapa de construcción del proyecto.....	11
Tabla VI.2. Cálculo de valor A, posterior a la construcción y cobertura del suelo. ....	13
Tabla VI.3. Valoración económica de los recursos biológico-forestales presentes en el área de CUSTF.....	23

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

El desarrollo del proyecto conlleva el cambio de uso de suelo de terrenos forestales, y para el particular el Artículo 117, párrafo primero, de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), establece que para autorizar el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) por excepción, se tendrán que comprobar los siguientes supuestos:

1. Que no se comprometa la biodiversidad.
2. Que no se provocará la erosión de los suelos.
3. Que no se provocará el deterioro de la calidad del agua o la disminución de su captación.
4. Que los usos alternativos del suelo que se propongan sean más productivos a largo plazo.

En razón de lo anterior, en los siguientes apartados se exponen los elementos que demuestran que el proyecto no comprometerá la biodiversidad, no provocará erosión de suelos, no disminuirá la calidad del agua o del aire, y que el uso propuesto será más productivo a largo plazo.

### **VI.1. Biodiversidad**

De acuerdo con el Artículo 117 de la LGDFS, será posible autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por excepción, siempre que se demuestre que no se compromete la biodiversidad. Al respecto, de acuerdo con la CONABIO, la biodiversidad es la variedad de la vida, e incluye varios niveles de la organización biológica, desde 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 ([http://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que\\_es.html](http://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es.html)).

Según la American Planning Association (APA), la biodiversidad no solo provee los beneficios directos de la comida, agua limpia, medicina y energía, también le asegura que su ambiente funciona en una manera que apoya la vida. Desde la perspectiva de planificación de sitios, la biodiversidad es necesaria para limitar los efectos negativos causados por la contaminación, para proteger las cuencas hidrográficas y para combatir los efectos de la erosión del suelo, al igual que para proveer una protección contra las fluctuaciones del tiempo y el clima (<https://www.planning.org/planificacion/2/6.htm>).

Cabe indicar que la Península de Yucatán cuenta con una gran diversidad de vida silvestre, tanto de fauna como de flora, las regiones cubiertas por los hábitats naturales son abundantes; sin embargo, debido a su gran potencial turístico y ecoturístico, hay áreas, como la zona costera, que ha sido sometida a un constante cambio, que ha modificado los esquemas naturales de la biodiversidad; esto no involucra menos biodiversidad pero si puede inferir en los ensambles de las comunidades tanto de flora como de fauna. No obstante, todos los ecosistemas tiene una capacidad de regresar a su punto de equilibrio, particularmente en la zona donde se pretende realizar el proyecto, considerada actualmente como una zona urbana, y en que la dinámica de la biodiversidad se ajusta a un esquema de un ecosistema urbano.

### **VI.1.1. Flora silvestre**

Tanto en el área del proyecto como en el SAR se encontró vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia (VSA/SMC), la cual se caracteriza por la presencia de especies tales como *Acacia gaumeri*, *Bauhinia unguolata*, *Bourreria pulchra*, *Bursera simaruba*,

*Caesalpinia gaumeri*, *Coccoloba barbadensis*, entre otras, las cuales ya fueron expuestas en el capítulo IV.

Como resultado del muestreo aplicado a las áreas consideradas para el proyecto y sumando los puntos establecidos en el SAR, se obtiene un listado de 90 especies que conforman la base de datos. De las especies que conforman la base de datos, 31 tuvieron registro exclusivo en el área del proyecto, 43 se hacen presentes en el polígono del proyecto y el SAR, en tanto 16 tienen registro exclusivo en el SAR.

En particular para el área del proyecto el estrato arbóreo de este tipo de vegetación se presentó en un rango que va de los 5 a los 12 m de altura, y de los 5 a los 26.74 cm de DAP, así como de una cobertura de hasta 35.73 m<sup>2</sup>. El estrato arbustivo en un rango de altura de 1 a 5.5 m, y el herbáceo de 1 a 80 cm.

Conforme al Índice de valor de importancia, las especies que adquieren mayor relevancia dentro del estrato arbóreo de VSA/SMC en el área del proyecto son: *Piscidia piscipula*, *Gymnopodium floribundum* y *Lonchocarpus xuul*, repitiéndose en el SAR dicha similitud en *Piscidia piscipula* y *Gymnopodium floribundum*, y se añade *Havardia albicans*. En cuanto al estrato arbustivo las especies mejor representadas son *Gymnopodium floribundum* (con el valor más alto), *Lonchocarpus xuul* y *Mimosa bahamensis*. Para el estrato herbáceo se tiene una dominancia de las especies *Neomillspaughia emarginata*, *Chloris sp.*, y *Gymnopodium floribundum*, las cuales concentran más del 50% del valor de importancia.

Con respecto al SAR, en el estrato arbóreo las especies mejor representadas son *Piscidia piscipula*, *Gymnopodium floribundum* y *Havardia albicans*. En el estrato arbustivo las especies mejor representadas son *Gymnopodium floribundum* (con el valor más alto), *Randia aculeata* y *Neomillspaughia emarginata*. En cuanto al estrato herbáceo dominan las especies *Gymnopodium floribundum*, *Neomillspaughia emarginata* y *Croton sp.*

Como ya fue mencionado, en el área del proyecto el tipo de vegetación corresponde a selva mediana caducifolia en su estado sucesional de vegetación secundaria arbórea, misma que se encuentra en el SAR, por lo que se realizó la comparación de esta comunidad vegetal en ambos obteniendo los siguientes resultados:

Estrato arbóreo.- La riqueza específica en este sustrato es la misma para el área del proyecto y del SAR, en ambos casos se registraron 48 especies de las cuales en ambas unidades la especie con un mayor valor en el índice de valor de importancia fue *Piscidia piscipula* seguida de *Gymnopodium floribundum*.

Estrato arbustivo.- En este estrato también se presenta una similitud muy marcada entre el área del proyecto y el SAR, aun cuando dentro de la primera se presenta una mayor riqueza específica (S=42) con respecto a la segunda (S=32): no obstante, la especie dominante en ambos casos fue *Gymnopodium floribundum*.

Estrato herbáceo.- En este estrato se presentan mayores diferencias entre el área del proyecto y el SAR, la riqueza específica es mayor en la primera (S=30) con respecto a la segunda (S=23), además de que la especie *Gymnopodium floribundum* es la especie con un mayor IVI en el caso del SAR, mientras que en el área del proyecto dicha especie es la segunda en importancia detrás de *Neomillspaughia emarginata*.

Como conclusiones se tienen que los resultados que derivan del muestreo de campo permiten referir que dentro del área del proyecto se halla una masa forestal bien establecida y que tiene grado de conservación medio, comparada con la vegetación del SAR.

Las mayores coberturas promedio se registran en el estrato arbóreo del proyecto. Se obtienen valores promedio de CX= 9.0307 m<sup>2</sup>, que contrastan con los obtenidos para el SAR en que se registran valores de CX= 7.489 m<sup>2</sup>.



Existe una equidad entre las alturas obtenidas ( $A= 7.28$  m para el área del proyecto y  $A= 7.34$ m para el SAR), y este carácter se debe principalmente a la permanencia de árboles maduros, que a pesar de poseer elementos con alturas de 14 m, el dinamismo que actualmente experimenta permite encontrar elementos de la misma especie en diferentes etapas de crecimiento, hecho que hace fluctuante la altura promedio que representa dicha condición.

Del listado florístico derivado de los trabajos de campo, no se registran especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, pero una especie es catalogada como endémica.

Es importante indicar que para la flora se implementarán actividades de rescate y reubicación previo a las actividades del cambio de uso de suelo del proyecto, con la finalidad de no comprometer la biodiversidad en este componente ambiental.

#### **VI.1.1.1. Degradación de la vegetación**

De acuerdo con Cuevas et al. (2010), el proceso de degradación de la vegetación se produce cuando se altera la cubierta vegetal original sin llegar a su total remoción, permaneciendo sólo ciertas especies o comunidades vegetales. Este proceso, si bien no tiene un impacto tan alto como la pérdida total, produce cambios que alteran la estructura de los ecosistemas y con ella los bienes y servicios que la vegetación.

##### **a) Degradación de la vegetación sin proyecto**

De acuerdo a Cuevas et al. (2010), la vegetación en el SAR está pasando por un proceso de degradación de la vegetación primaria, mientras que la vegetación secundaria no ha sufrido cambios significativos, lo cual se obtuvo a partir de un análisis espacial en SIG de la vegetación entre los años 1976 y 2009. En especial el área del proyecto representa un

macizo de vegetación integrado al resto de la vegetación dentro del SAR, que ha sufrido distintos tipos y grados de perturbación, entre ellos por fenómenos naturales como huracanes e inducidos como el efecto borde, conduciéndolo a encontrarse actualmente en un estado sucesional de vegetación secundaria, en lo que respecta a la vegetación de selva mediana caducifolia, caracterizado por presentar entre sus componentes especies pioneras representativas de vegetación secundaria, a pesar de que tener una superficie importante de vegetación caracterizada como vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, es importante considerar que una parte considerable de la superficie del área del proyecto ha sufrido modificación, derivado de las actividades agrícolas realizadas en los años anteriores, se tienen zonas con acahuales en proceso de regeneración, poca es la superficie dentro del área del proyecto que se ha mantenido sin afectación antrópica.

El efecto borde consiste en la generación de microclimas variables y de condiciones edáficas dinámicas, ambas determinadas por la transición de hábitats (en este caso con un medio urbano), se expresa esencialmente en la generación de micrositios favorables para el establecimiento vegetal, de especies persistentes (tolerantes a la luz) cerca del borde y de especies pioneras más allá de la influencia directa del borde.

#### **b) Degradación de la vegetación con proyecto (posterior al cambio de uso del suelo) sin medidas de mitigación**

Tomando en consideración el concepto de degradación de la vegetación, según Cuevas et al. (2010), en un escenario posterior al cambio de uso de suelo la vegetación enfrentaría un proceso de degradación por pérdida de una superficie de 440.575 ha cubierta por selva mediana caducifolia en su fase secundaria, misma que tardaría un periodo demasiado prolongado en recuperarse de manera natural. El mismo autor señala que a nivel nacional estos tipos de vegetación se regeneran únicamente en un 10% del total de la superficie perdida, por lo que la aplicación de medidas de mitigación y compensación cobra

relevancia al ofrecer las condiciones y facilitar el proceso de regeneración, evitando la pérdida de la biodiversidad.

### **c) Degradación de la vegetación con proyecto con medidas de mitigación y/o compensación**

Como principales medidas de mitigación y/o compensación a implementar se encuentra la ejecución del Programa de Manejo de Flora, que incluye, entre otras actividades, el rescate y reubicación de los ejemplares susceptibles de ello en las áreas verdes ajardinadas que se acondicionen como parte del diseño del proyecto.

En este contexto, la degradación de la vegetación estaría dada en términos de superficie durante el desarrollo del proyecto, mas no de manera totalitaria en términos de biodiversidad, puesto que se realizará el rescate de ejemplares de especies con alto valor de importancia para los tipos de vegetación a afectar; asimismo, al realizarse su reubicación se propiciaría el inicio de la regeneración.

#### **VI.1.2. Fauna silvestre**

Otro de los componentes de importancia, tratándose de temas de biodiversidad, es la fauna silvestre. Siguiendo el mismo esquema de dar justificación al cambio de uso de suelo, para dar cumplimiento al artículo 117 de la LGDFS, se presenta la justificación en el tema de fauna silvestre.

La riqueza específica registrada en el SAR fue de 30 especies de aves (*Zenaida asiática* fue la que presentó la mayor cantidad de registros), siete especies de reptiles (la especie más abundante fue *Ctenosaura similis* pese a su categoría de riesgo), y seis especies de mamíferos (las especie más abundantes fueron *Mazama pandora* y *Dasyopus novemcinctus*), registrándose en el polígono del proyecto 53 especies, de éstas 38 son

aves (la especie más abundante fue *Cyanocorax yucatanicus*), nueve reptiles (la especie más abundante fue *Aspidoscelis angusticeps*) y seis mamíferos (la especie más abundante fue *Mazama pandora*).

Con base a los resultados obtenidos es posible determinar que, tanto en el área del proyecto como en el SAR, la clase Aves es el grupo más conspicuo y, en consecuencia, el mejor representado con una notable abundancia de especies sobre los otros grupos.

Los valores de diversidad de vertebrados silvestres, son distintos entre el área del proyecto y el SAR. La diversidad es ligeramente mayor en el área del proyecto derivado de la intensidad de muestreo, 56.86% de los sitios de muestreo fueron realizados dentro de esta zona. De manera general, tanto el polígono del proyecto como el SAR, comparten características propias de la región, se encuentran expuestos a riesgos y presiones antropogénicas similares, sin dejar de lado las particulares de cada sitio.

De las especies registradas en el área del proyecto y el SAR, ocho se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (cinco son reptiles, un mamífero y dos son aves), ya referidas en el capítulo IV.

Debido a la continuidad entre el área del proyecto y el SAR, el ecosistema tiene cierta resiliencia para mantener las comunidades de vertebrados, y enfrentarse a las modificaciones en el cambio de uso de suelo, la afectación en el área del proyecto no alterará de manera importante la diversidad del SAR, siempre y cuando se mantengan medidas que garanticen la integridad del entorno, para lo cual se propone la reforestación y cuidado post-plantación de las especies reforestadas para ofrecer hábitat, así como el rescate y la reubicación de fauna que pudiera estar presente en el área del proyecto.

## **VI.2. Suelos**

El suelo como componente de todos los ecosistemas, presta una serie de servicios ambientales a la sociedad y vida silvestre, uno de los principales servicios es el soporte y suministro de nutrientes a las plantas, lo que se vincula con la reducción de la producción mundial de alimentos. Otras funciones que cumple el suelo es la filtración de agua para la recarga de acuíferos, es el medio donde se realizan los ciclos biogeoquímicos necesario para el reciclaje de compuestos orgánicos, además de ser el hábitat de insectos, bacterias, etc. (Cotler et al., 2007). Se reconoce la importancia de los suelos al ser el soporte de la vegetación y las características ecológicas asociadas a la misma, de tal manera que se identifica la amenaza potencial por la degradación de suelos y el efecto de este sobre los servicios ambientales que ofrece, ya mencionados con anterioridad.

El tipo de suelo que se presenta en el área del proyecto es rendzina. El uso forestal de estos suelos depende de la vegetación que presenten. Son moderadamente susceptibles a la erosión.

### **VI.2.1. Erosión**

Se entiende que la erosión es un proceso natural que forma parte del ciclo geomorfológico (erosión-transporte-sedimentación), ligado a la dinámica evolutiva de la superficie del planeta, y que existen factores naturales y antropogénicos que aceleran el proceso natural de erosión. Entre de los factores naturales que causan la erosión del suelo se encuentra el viento y el agua; por otra parte, se consideran factores antropogénicos el cambio de uso de suelo o la modificación de la cobertura vegetal, asociado al desarrollo de alguna actividad humana (como pastoreo, cortes de laderas y extracción de materiales, entre otros).

Con respecto a la estimación de la erosión potencial sin proyecto, se tiene que previo a las actividades del proyecto considerando que el suelo tiene una cobertura vegetal, se

obtiene una pérdida inicial de suelo de 10.66 ton/ año en la totalidad de la superficie del proyecto, resultado que, de acuerdo a la clasificación de la FAO-Unesco (1981), puede considerarse el volumen de suelo perdido (Ton/ha/año) nulo a ligero (menor a 30 ton/ha/año).

### VI.2.1.1. Erosión potencial con proyecto

De la superficie total del área del proyecto, y la considerada para el desplante de obras, se tiene que 12.021 ha corresponde a superficie que actualmente carece de cobertura vegetal, 3.303 ha tienen uso de suelo de agricultura de riego permanente, que cuenta con una cobertura vegetal mínima, y 440.575 ha de cobertura forestal ocupada por vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia; se conservará una superficie sin afectar de 44.332 ha.

Para la estimación de la erosión potencial con proyecto se emplearon los valores R, K, LS, C y P que se mencionaron anteriormente; sin embargo, para este caso el valor C, factor de cobertura, es de 1, aplicable a un suelo completamente desnudo, la superficie considerada como superficie de desplantes es de 455.900 ha, mientras que 44.332 ha se mantendrán en su condición actual (sin afectación), se consideraron los mismos valores de R, K, LS, C y P que en el caso anterior. En esta etapa la pérdida de suelo sin acciones de control o cobertura es de 1.797674 ton/ha/año, sumando un total de 810.7877 toneladas anuales en la superficie total del Proyecto.

**Tabla VI.1. Cálculo de valor A, pérdida de suelo durante la etapa de construcción del proyecto.**

Coertura	Tipo de suelo	R	K	LS	C	P	A	proyecto (has)	vol/proy
----------	---------------	---	---	----	---	---	---	----------------	----------

Desnudo	Rendzina	962.81017 491	0.0120736 56	0.152811145	1	1	1.7763587 88	455.90	809.8428
Vegetación	Rendzina	962.80174 9	0.0120736 6	0.15281114	0.012	1	0.0213163 1	44.33	0.9449
Totales							1.797674	500.23	810.7877

El desarrollo de cualquier proyecto involucra modificaciones a los sitios donde se efectuaran las actividades. En este sentido, aun cuando se estima que el rango de pérdida de suelo durante la fase más invasiva del proyecto (preparación del sitio), se encuentra dentro de la categoría de nulo a ligero (menor a 30 ton/ha/año), se debe de tomar en cuenta que como parte de las medidas preventivas y de mitigación se considera llevar a cabo acciones para reducir la erosión del suelo ocasionada por la remoción de vegetación dentro del área del proyecto.

#### **VI.2.1.2. Estimación de la erosión potencial con proyecto en su condición final**

Para la determinación de la erosión una vez realizadas las acciones de control de la erosión, pero considerando de forma primordial que el suelo será cubierto principalmente por material cementante compactado, se estimó el valor de la erosión con base en un factor C para una cobertura de piedra triturada a un volumen bajo de aplicación en una pendiente menor al 16%, resultando un valor de  $C=0.05$ , para un total de 455,900 ha, mientras que para las 44.332 ha que mantendrán la cobertura vegetal, se consideraron los mismos valores del escenario inicial para los factores R, K, LS, C y P.

Se realizó el cálculo de la erosión del suelo bajo un escenario donde se implementen medidas de prevención y mitigación, reduciéndose a 0.11013 toneladas anuales por

hectárea, es decir 41.437 toneladas anuales en el proyecto según se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla VI.2. Cálculo de valor A, posterior a la construcción y cobertura del suelo.**

Cobertura	Tipo de suelo	R	K	LS	C	P	A	proyecto (has)	vol/proy
Desnudo	Rendzina	962.8017 491	0.012073 656	0.152811145	0.05	1	0.088817 9	455.91	40.4921
Vegetación	Rendzina	962.8017 49	0.012073 66	0.15281114	0.012	1	0.021316 3	44.33	0.9449
Totales							0.110134 2	500.23	41.437

Como puede observarse, aun con el aumento en el valor de la pérdida de suelo promedio anual para la etapa final del proyecto, estos valores se encuentran dentro de la categoría riesgo de nulo a ligero (menor a 30 t/ha/año) en el rango de pérdida de suelo de la FAO.

Una vez que se han implementado las medidas de mitigación y el proyecto se encuentra en su etapa final, la estimación de la pérdida anual de suelo se ve reducida, con respecto a la etapa de construcción del proyecto, a su vez no aumenta considerablemente con respecto a la estimación de la pérdida de suelo dadas las condiciones actuales de los predios toda vez que la estimación de la pérdida actual es de 0.02116 ton/ha/año, mientras que en la condición final se estima una pérdida de 0.11 ton/ha/año. Estos valores se encuentran muy por debajo en el rango de las clases de riesgo en pérdida de



suelo, siendo de nulo a ligero al encontrarse dentro del rango menor a las 30 t/ha/año, como ya fue mencionado.

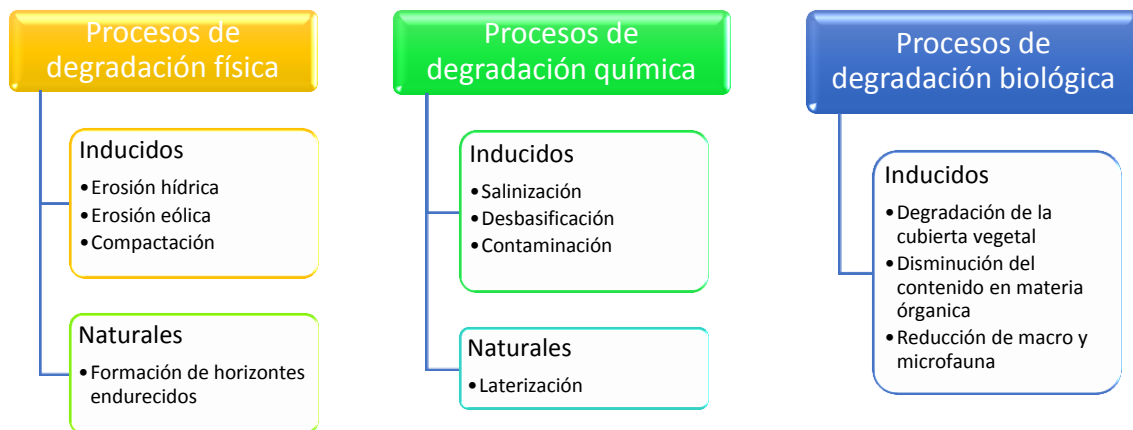
Finalmente para justificar que no se provocará la erosión de los suelos, es importante resaltar que únicamente los valores se incrementan (1.7976 ton/ha/año) durante las actividades de despalme; sin embargo, se realizarán medidas preventivas para controlar y reducir la pérdida de suelo, además de que la etapa de preparación del sitio donde se tiene el mayor efecto sobre la pérdida de suelo, es una etapa de tiempo reducido comparado con el tiempo total de ejecución y operación del proyecto. Por otra parte, posterior a las actividades de construcción, donde se contempla la operación del proyecto, la erosión se reduce considerablemente, por lo que la erosión se le considera dentro de un riesgo de pérdida de suelo nulo a ligero.

### **VI.2.2. Degradación del suelo**

De acuerdo con la FAO (<http://www.fao.org/soils-portal/degradacion-del-suelo/es/>) la degradación del suelo se define como un cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios, la degradación de suelos puede tener las siguientes consecuencias:

- Disminución de rendimiento en la producción vegetal
- Pérdida de recursos, incluido el suelo
- Mayor necesidad de insumos agrícolas
- Descenso del valor del suelo y pérdida del mismo
- Reducción de las poblaciones vegetal y animal

De acuerdo con Mataix (1999) se tienen los procesos de degradación de suelos que se observan en la siguiente figura, dentro del área del proyecto se identifica que sufrirá de un proceso de degradación física asociado a la erosión eólica y compactación durante la fase de preparación del sitio y construcción, también se tendrá un proceso de degradación biológica vinculado a la degradación de la cubierta vegetal, que ocurrirá durante el desmonte.



**Figura VI.1. Procesos de degradación del suelo.**

Mataix (1999) también habla sobre la relevancia que tiene la degradación de los suelos forestales, y nos muestra en la siguiente figura las relaciones entre las causas de la degradación de suelos forestales.

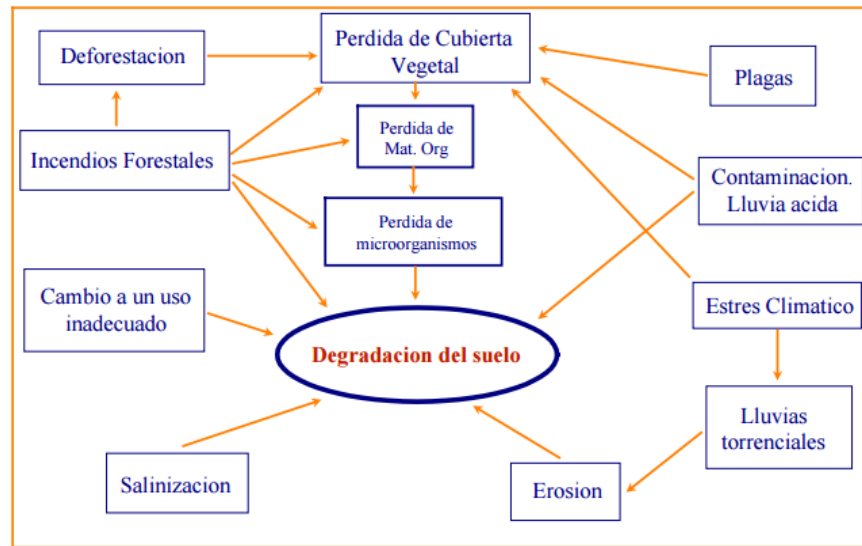


Figura VI.2. Relaciones entre las causas de la degradación de suelos forestales.

### VI.2.2.1. Degradación del suelo sin proyecto

La degradación del suelo que se prevé en el área del proyecto, sin el desarrollo de éste, es la degradación física vinculada con la erosión hídrica y eólica, ya en el apartado anterior se mencionó cuáles fueron los valores calculados para el riesgo de pérdida de suelo sin proyecto. La degradación presente se considera como un proceso natural.

### VI.2.2.2. Degradación del suelo con proyecto y con medidas

El proceso natural de degradación del suelo en el área del proyecto se ve intensificado por las diferentes actividades relacionadas al desarrollo del mismo, además de acelerar el proceso de degradación física, se tiene riesgo de presentar degradación química y biológica.

La degradación física ocasionada por la erosión del suelo tiene que ver con el incremento en la pérdida de material (los resultados del cálculo del riesgo de pérdida de suelo fueron presentados en el apartado anterior), identificándose que el riesgo de pérdida de suelo será mayor durante la fase de preparación del sitio y construcción, fase que será por un tiempo reducido y se aplicarán medidas de mitigación para reducir al máximo la pérdida de material, por otra parte al realizar el recubrimiento de la superficie del predio con material cementante, el riesgo de pérdida de suelo se ve considerablemente reducida, de tal manera que se le puede considerar como nula o ligera.

En cuanto al proceso de degradación química, se considera como posible afectación durante la fase de preparación del sitio por la presencia y actividad de maquinaria pesada que pudiera, bajo ciertas situaciones, generar contaminación del suelo por derrames accidentales de combustibles o aceites; también se considera como posible causa de contaminación del suelo el depósito de materiales pétreos, derivados del proceso constructivo, que pudieran ser depositados en lugares no autorizados, o bien el depósito de cualquier tipo de residuos, ya sean residuos sólidos urbanos, residuos peligrosos o de manejo especial. Aun cuando se considera como una posibilidad la ocurrencia de un proceso de degradación química de suelos por contaminación, lo cual se prevé como un posible impacto ambiental, su posibilidad de ocurrencia se reduce o elimina, al implementarse un Programa de Manejo de Residuos.

El proceso de degradación biológica del suelo será causado por la remoción total de la vegetación en el área del proyecto. En lo general, la remoción total de una determinada superficie puede tener fuertes consecuencias en las características del suelo, siempre que este no se destine o programe previamente para determinada actividad.

No obstante a lo anterior, aun cuando el análisis muestra que el suelo del área del proyecto sufrirá los efectos del proceso de degradación, se debe considerar que se aplicarán medidas de mitigación tendientes a reducir de manera importante estos efectos;

por otra parte, al retirar la vegetación en el predio, se desarrollará un nuevo uso que económicamente representa mayores beneficios.

Conforme a lo anterior, se considera que el impacto que tendrá el desarrollo del proyecto sobre el suelo será reducido, porque se implementarán medidas de mitigación incluidas en un Programa de Manejo de Residuos, así como actividades relacionadas con la reducción en la erosión del suelo. Aunado a lo anterior, en el área del proyecto la pendiente es muy reducida, y no se considera realizar cortes de taludes o laderas, contribuyendo la superficie plana a tener un menor efecto sobre el riesgo de pérdida de suelo.

Aun cuando la degradación es un proceso inminente, se buscará reducir su efecto con las medidas de mitigación. Por otra parte, se asegura que por las dimensiones del proyecto no se incidirá sobre ninguno de los servicios ambientales que prestan los suelos; la pérdida de cobertura vegetal se compensa con el cambio de uso de suelo una vez que se ha evaluado la viabilidad del proyecto y se llegó a la conclusión de que la productividad del sitio incrementará en términos económicos, que además traerá beneficios locales.

### **VI.3. Calidad y captación de agua**

Uno de los servicios ambientales de gran relevancia es la captura de agua, este servicio lo prestan las áreas cubiertas de vegetación arbórea a través de la absorción o retención de agua proveniente de la lluvia precipitada, que conduce a su almacenamiento en cuerpos de agua subterránea como acuíferos.

La producción eficiente de este servicio tiene efectos no solo en la mejora de la disponibilidad de agua, sino que además prolonga la vida útil de las obras de infraestructura, conserva suelos y ayuda a mitigar los riesgos de desastres por inundaciones y derrumbes. El agua de escurrimiento representa un porcentaje bajo del total de la precipitación. Esta cantidad de agua no se puede considerar como parte del

servicio ambiental, dado que es el volumen que no puede capturar el bosque. Por su parte 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 éste.

#### **VI.3.1.1. Hidrología subterránea**

En la zona donde se localiza el proyecto la permeabilidad es alta, la península de Yucatán se caracteriza por presentar cenotes y aguas subterráneas, pero son reducidos cuerpos de agua superficiales del tipo lóticos. Dentro del SAR se tienen pequeños cenotes; sin embargo, en el área del proyecto no se tienen ningún cuerpo de agua.

#### **VI.3.1.2. Superficies de captación o recarga**

Existen parámetros para el cálculo de la captación de agua dependiendo de la superficie y la vegetación que se tenga. Considerando el tipo de vegetación que predomina en el área del proyecto, se obtuvo el volumen de escurrimiento superficial en ésta resultando en 72,462.3533 m<sup>3</sup> en promedio por mes y de 5,596,343.21 m<sup>3</sup> totales al año.

El volumen de infiltración en el área del proyecto, dadas las condiciones naturales establecidas y con los datos disponibles del año 2014, es de -81,678,035 m<sup>3</sup>/año, toda vez que de acuerdo al procedimiento empleado el volumen de pérdidas por evapotranspiración supera el volumen de captación de agua por precipitación, sumando además a este efecto el volumen de escurrimiento.

Con la realización del proyecto se modificarán el volumen de infiltración toda vez que el suelo quedará desnudo en el área de infraestructura, por lo que para la fase de preparación del sitio se obtuvo un valor del volumen de escurrimiento mensual de 116,809.96 m<sup>3</sup>, lo que se reflejará en un volumen de infiltración anual de -83,287,180 m<sup>3</sup>.

Sin embargo, con el avance de la fase de construcción y con el recubrimiento de la superficie del área con pastos o con el desarrollo de áreas verdes, se espera que el volumen de escurrimiento mensual se modifique alcanzando un valor de 143,764.198 m<sup>3</sup> y anual de 8,446,466.76 m<sup>3</sup>, lo que supone un valor de infiltración total de -91,270,752.9 m<sup>3</sup> anuales.

Se considera que el proyecto no tendrá afectación sobre ningún cuerpo de agua, ya que dentro del área del proyecto no se tienen cauces de ríos o arroyos y tampoco se encuentra en una superficie de algún acuífero, de esta manera no habrá ningún cuerpo de agua modificado.

Los cálculos de infiltración de agua actuales en el área presentan valores negativos, lo que indica nula infiltración ocasionado por el balance entre evaporación y precipitación, durante la etapa de preparación del sitio, cuando se realice la remoción de la cubierta vegetal, se considera que la infiltración de agua puede disminuir; sin embargo, los valores negativos estimados nos muestran que la infiltración de agua es muy baja.

Con base en el análisis realizado se estima que el volumen de escurrimiento superficial en la condición final supera a la condición inicial por 7,983,572.84 m<sup>3</sup>/año en toda la superficie del proyecto, lo cual repercute en la capacidad de infiltración del suelo, pero esta diferencia es poco apreciable, ya que de acuerdo al procedimiento del cálculo de evapotranspiración, esta supera de forma considerable al volumen de precipitación anual, siendo la causa fundamental de la pérdida de infiltración, por esta razón se considera que el proyecto no afectará la capacidad de recarga del acuífero.

En este mismo sentido el Acuífero Península de Yucatán cuenta con una superficie de 141,523,000,000.00 m<sup>2</sup>, de los cuales el proyecto representa tan solo el 0.0035%, por lo que la afectación a la capacidad de recarga del acuífero es poco apreciable.

Por lo anterior, de acuerdo con el artículo 117 de la LGFS queda técnicamente demostrado que con el desarrollo del proyecto de cambio de uso del suelo que se solicita en el presente documento, no provocará el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación.

#### **VI.4. Que los usos alternativos sean más productivos a largo plazo**

En un estricto sentido económico, el beneficio de realizar un cambio de uso de suelo, para el desarrollo del proyecto, con la finalidad de realizar el aprovechamiento de una fuente alternativa para la generación de energía eléctrica, resulta mayor a no generar cambio en esa área.

Esto cobra sentido si se toma en cuenta que, tras la ejecución del proyecto, se ingresará a la economía del municipio el monto de inversión del proyecto, además de la generación de empleos directos e indirectos por la construcción y operación del mismo, lo que se traduciría en beneficio de la población. Los recursos forestales retirados serán compensados a partir de programas ambientales, los cuales serán tendientes a retribuir los servicios ambientales que se dejaran de percibir por las actividades del cambio de uso del suelo del proyecto. Los posibles impactos ambientales derivados de las actividades correspondientes a las diferentes etapas del proyecto serán prevenidos, mitigados o compensados mediante las medidas de prevención, mitigación o compensación propuestas y los programas establecidos (ver capítulo VII).

Con este enfoque se justifica una mayor productividad dentro de los predios del proyecto al modificar su uso de suelo, ya que actualmente estos predios se encuentran inactivos, las actividades productivas que se realizan, están muy limitadas.



## VI.5. Justificación económica

La valoración económica de los ecosistemas, servicios ambientales y biodiversidad en general, ha sido una herramienta propuesta por los economistas y los seguidores del desarrollo sustentable que ha permitido, a los estudiosos del tema y sociedad en general, darse una idea del costo de estos atributos del medio ambiente, lo que permite visualizar las consecuencias económicas de su pérdida, degradación o disminución, sin dejar de lado su valor intrínseco.

En la siguiente figura se muestra un diagrama de los valores económicos de un ecosistema.

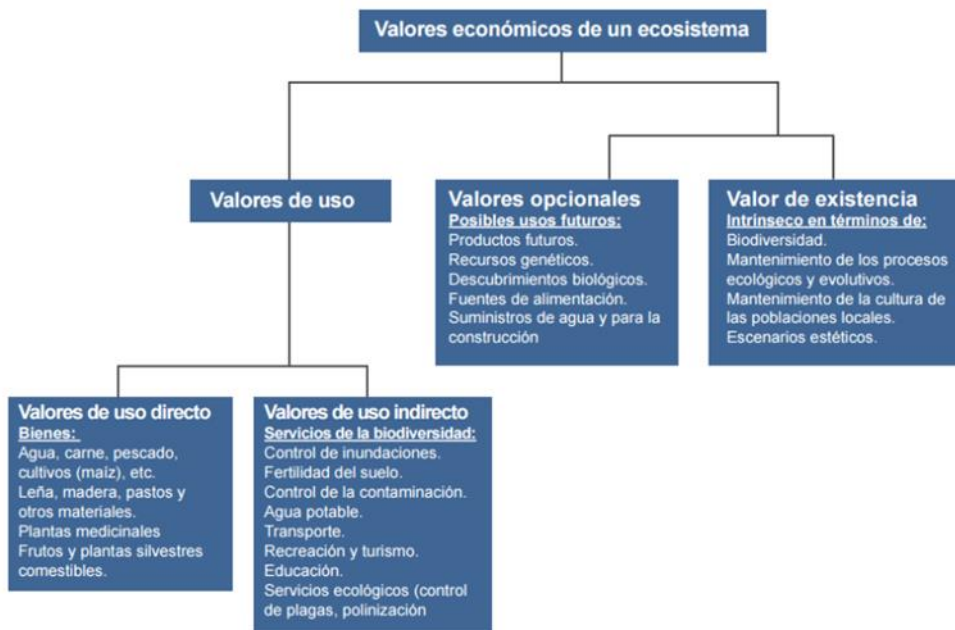


Figura VI.3. Valores económicos de los ecosistemas.

Para la cobertura vegetal considerada para el cambio de uso de suelo de terrenos forestales (CUSTF) en el área del proyecto, se presenta el resumen de la estimación de los diferentes servicios prestados en dicha área, la cual asciende a un valor de \$31,574,533.90

M.N. (treinta y un millones quinientos setenta y cuatro mil quinientos treinta y tres pesos 90/100 M.N.) como se resume en la siguiente tabla.

**Tabla VI.3. Valoración económica de los recursos biológico-forestales presentes en el área de CUSTF**

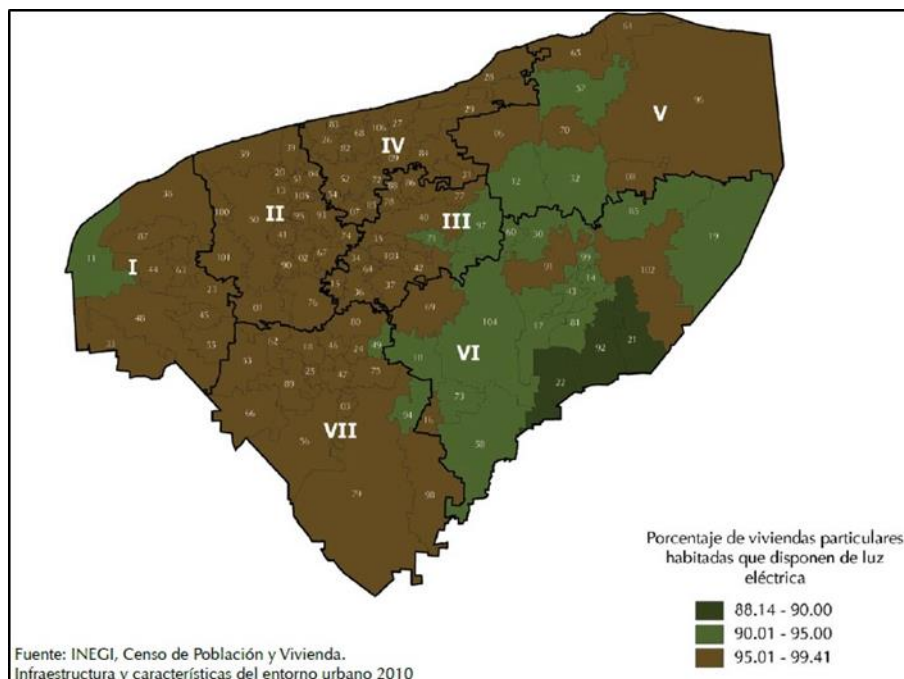
<b>Recurso biológico-forestal</b>	<b>Costo (\$)</b>
Recursos forestales maderables	\$27,119,461.9
Fauna silvestre	\$156,410
Captura de carbono	\$ 4,300,627.65
<b>Costo total de los recursos biológico-forestales=</b>	<b>\$31,574,533.90</b>

Como ha sido mencionado por diferentes autores, y como se comprobó en este ejercicio, la valoración económica de los diferentes aspectos ambientales relacionados al proyecto, no es simple; sin embargo, en esta aproximación se sacaron diferentes valores con el retiro de la cubierta vegetal del área del proyecto. El valor previamente presentado significa la pérdida económica que implicará dicha actividad; sin embargo, una vez que el proyecto se encuentre en operación se estima que retorno de la inversión supere de manera importante el valor calculado en este apartado.

No se debe dejar de lado el valor intrínseco de los recursos naturales. Como se ha plasmado en este apartado, el valor de los recursos naturales supera un costo monetario al pensar principalmente en modificación de paisajes, pérdida de ejemplares de cualquier especie y el valor incalculable de estos recursos dentro de la cultura y/o antropología humana, así como la historia natural de especies y ecosistemas.

## **VI.6. Justificación social**

A nivel nacional el uso y suministro de energía es esencial para las actividades productivas de la sociedad. Satisfacer las necesidades energéticas del país permitirá, a su vez, el crecimiento económico que se extenderá a todos los mexicanos. En el estado de Yucatán, donde se ubicará el proyecto, las habitaciones que no cuentan con energía eléctrica son del 1.72 según Conapo, 2010. De acuerdo a datos de la CFE, se cuenta con una cobertura del 94.8% de suministro eléctrico para el ambiente rural y del 99.5% en el ámbito urbano, como se muestran en la siguiente figura.



**Figura VI.4. Porcentaje de viviendas particulares habitadas que disponen de luz eléctrica en el estado de Yucatán.**

En 2011, la principal fuente generadora de electricidad a nivel nacional fue a partir de gas natural, porque este combustible tiene el menor precio por unidad energética. En este contexto, tecnologías de generación que utilicen fuentes renovables de energía deberán contribuir para enfrentar los retos en materia de diversificación y seguridad energética. A

pesar del potencial y rápido crecimiento en el uso de este tipo de energías, en el presente, su aportación al suministro energético nacional es apenas el 2% del total.

Con el suministro energético de calidad para los habitantes, empresas y demás servicios instalados en la zona donde se propone el proyecto, con punto de interconexión en la Subestación Ticul II, se espera brindar un servicio de calidad adecuada a la creciente demanda de la población de la región de Yucatán. Además, el suministro de energía sustentable permitirá una calidad ambiental satisfactoria para los habitantes de la zona.

Durante la etapa de construcción del proyecto se generarán empleos y se presentará una demanda de recursos locales, de esta manera se vería fortalecida la economía de los pobladores y habría un flujo de capital. En la etapa de operación el principal aporte será la generación de energía eléctrica y mejora en el suministro de la misma.

Con base a lo anterior se tiene que el proyecto generará energía eléctrica a partir del aprovechamiento de energía solar, promoverá el uso del espacio de manera adecuada y la generación de empleos competitivos para la región a corto, mediano y largo plazo, a través de una política de competencia entre los diferentes sectores económicos. Se considera que la construcción del proyecto no se contrapone con los planes y programas de desarrollo federal o estatal, ya que incluye el crecimiento y desarrollo sustentable de la zona, toda vez que se encuentra vinculado en cada una de sus etapas con los instrumentos de planeación y normativos previamente citados en el capítulo III.

Por otra parte, los predios propuestos para el proyecto no se localizan en ninguna ANP, y su uso de suelo no es turístico, por lo que se considera que es congruente con las políticas ambientales expuestas en los instrumentos analizados.

El proyecto considera que es prioritario el tema de protección al ambiente, por eso se considera benéfico el desarrollo sustentable mediante las celdas fotovoltaicas. Los alcances y objetivos establecidos en las diferentes etapas del proyecto son congruentes con la LGEEPA y La Ley Estatal en materia ambiental. Por lo cual dará un seguimiento

estricto durante las etapas de preparación, construcción y operación del proyecto, verificando el cumplimiento de cada una con la normatividad aplicable, al igual que para las medidas de prevención, mitigación o compensación propuestas (ver capítulo VII) con la finalidad de prevenir, eliminar, mitigar o compensar los impactos ambientales que se generarán.

Consecuentemente y acorde a los instrumentos de planeación y normativos en materia ambiental y de uso de suelo de competencia federal y a las políticas y lineamientos de desarrollo sustentable en el estado analizados, se considera que la construcción y operación del proyecto no infringe con las disposiciones establecidas; más aún, contribuye y cumple de manera positiva con muchos de los objetivos planteados.

# CAPÍTULO VII

ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS  
AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL  
REGIONAL



---

## Contenido

VII. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) .....	5
VII.1. Introducción .....	5
VII.2. Programa de Supervisión y Gestión Ambiental.....	9
VII.2.1. Supervisión y vigilancia de las acciones y/o estrategias ambientales del proyecto .	10
VII.2.2. Verificación de la observancia de las obligaciones establecidas .....	10
VII.2.3. Indicadores de cumplimiento del Programa .....	11
VII.2.4. Estrategias Adicionales.....	11
VII.3. Programa de Difusión y Educación Ambiental .....	16
VII.3.1. Objetivos .....	16
VII.3.2. Impactos que serán atendidos por el programa .....	17
VII.3.3. Estrategias (medidas específicas).....	17
VII.3.4. Acciones de educación y capacitación ambiental .....	18
VII.3.5. Indicadores de cumplimiento del programa .....	21
VII.3.6. Cronograma de actividades.....	21
VII.4. Programa de Manejo de Fauna .....	23
VII.4.1. Objetivo .....	23
VII.4.2. Impactos que serán atendidos por el programa .....	23
VII.4.3. Estrategias .....	24
VII.4.3.1. Especies sujetas a rescate y reubicación .....	24
VII.4.3.2. Acciones de rescate y reubicación .....	26
VII.4.3.3. Indicadores de desempeño y evaluación .....	32
VII.5. Programa de Manejo de Flora.....	33
VII.5.1. Objetivo .....	33
VII.5.2. Impactos que serán atendidos .....	34
VII.5.3. Estrategias de rescate y reubicación de especies .....	34
VII.5.3.1. Personal especializado .....	34
VII.5.3.2. Delimitación de área de actividades de desmonte .....	34
VII.5.3.3. Selección y habilitación del sitio de reubicación temporal (vivero).....	35
VII.5.3.4. Técnicas de extracción de la vegetación susceptible a ser rescatada.....	37
VII.5.3.5. Sitios de reubicación .....	38
VII.5.3.6. Trasplante.....	38

---

VII.5.3.7.	Cuidados posteriores al trasplante .....	41
VII.5.3.8.	Monitoreo post-trasplante.....	46
VII.5.3.9.	Indicadores de Evaluación.....	46
VII.6.	Actividades de compensación por el cambio de uso de suelo.....	47
VII.6.1.	Objetivo .....	47
VII.6.2.	Reforestación .....	48
VII.6.2.1.	Ubicación de la superficie a reforestar .....	48
VII.6.2.2.	Diseño de plantación.....	48
VII.6.2.3.	Indicadores de seguimiento .....	51
VII.7.	Estimación del costo de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso de suelo	53
VII.8.	Etapas de la restauración ecológica, aplicables al proyecto .....	58
VII.8.1.	Restauración del suelo y banco de semillas.....	58
VII.8.2.	Proximidad y calidad de la vegetación natural circundante .....	60
VII.8.3.	Selección de especies adaptadas a las condiciones de la zona a restaurar .....	61
VII.8.4.	Actividades de reforestación.....	63
VII.8.5.	Implementación de obras de captación hídrica .....	63
VII.8.6.	Actividades de mantenimiento y monitoreo .....	65
VII.8.7.	Costo estimado para las actividades de restauración por el cambio de uso de suelo propuesto .....	67
VII.9.	Programa de manejo integral de residuos .....	68
VII.9.1.	Objetivos .....	69
VII.9.2.	Impactos que serán atendidos por el programa .....	69
VII.9.3.	Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos.....	70
VII.9.3.1.	Objetivo .....	71
VII.9.3.2.	Estrategias (medidas específicas).....	71
VII.9.3.3.	Indicadores de realización o cumplimiento .....	79
VII.9.3.4.	Calendario de comprobación .....	79
VII.9.3.5.	Puntos de comprobación .....	80
VII.9.3.6.	Medidas de urgente aplicación .....	80
VII.9.4.	Subprograma de manejo de residuos peligrosos.....	80
VII.9.4.1.	Objetivos .....	81
VII.9.4.2.	Estrategias (medidas específicas).....	81
VII.9.4.3.	Indicadores de cumplimiento del programa .....	88

---



---

VII.9.4.4.	Calendario de comprobación .....	88
VII.8.4.1.	Puntos de comprobación .....	88
VII.8.4.2.	Medidas de urgente aplicación .....	89
VII.9.5.	Subprograma de manejo de residuos de manejo líquidos.....	91
VII.9.5.1.	Objetivos .....	92
VII.9.5.2.	Estrategias (medidas específicas).....	92
VII.9.5.3.	Indicadores de cumplimiento del programa .....	93
VII.9.5.4.	Calendario de comprobación .....	93
VII.9.5.5.	Puntos de comprobación .....	94
VII.9.5.6.	Medidas de urgente aplicación .....	94

## Figuras

<b>Figura VII.1. Representación gráfica para la obtención de la autorización en materia de impacto ambiental y cambio de uso de suelo.</b> .....	5
Figura VII.2. Estructura del Programa de Supervisión y Gestión Ambiental.....	7
Figura VII.3. Uso de vara para serpientes. ....	28
Figura VII.4. Método de baya de desvío y trampa tipo cilindro (Heyer <i>et al.</i> 2001).....	29
Figura VII.5. Trampa tipo Tomahawk (tomado de Gallina S. y López C., 2014). ....	30
Figura VII.6. Trampa tipo Sherman .....	30
Figura VII.7. Traslado de nidos (IDRD, sin año). ....	31
Figura VII.8. Ejemplo de un vivero para el resguardo de plantas y construcción de platabandas. ..	36
Figura VII.9. Ejemplos de la extracción por cepellón y cuidados durante el rescate.....	38
<b>Figura VII.10. Trasplante a raíz desnuda.</b> .....	39
<b>Figura VII.11. Trasplante con cepellón.</b> .....	41
Figura VII.12. Diseño de la plantación "Tres-bolillo". ....	49
Figura VII.13. Secuencia y forma de la cepa que será aperturada para la colocación de la plántula. ....	50
Figura VII.14. Secuencia de la colocación de las plántulas.....	51
Figura VII.15. Proceso de sucesión vegetal con restauración ecológica. Tomado de Martínez-Ramos y García Orth (2007). ....	57
Figura VII.16. Cambio sucesional en la frecuencia relativa de árboles con diferente diámetro a la altura del pecho (DAP). ....	57
Figura VII.17. Vegetación natural circundante, como fuente de germoplasma. ....	61
Figura VII.18. Ejemplo de la disposición de las zanjas de infiltración. ....	64
<b>Figura VII.19. Tipos de residuos que serán manejados dentro del Programa de Manejo Integral de Residuos.</b> .....	68

---

<b>Figura VII.20. Estructura del Programa de Manejo Integral de Residuos Sólidos.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura VII.21 Diferentes tipos de recipientes para residuos. ....</b>	<b>73</b>
<b>Figura VII.22. Ilustración de almacén temporal de residuos peligrosos y no peligrosos. ....</b>	<b>74</b>
<b>Figura VII.23. Ejemplo de equipo de protección. ....</b>	<b>75</b>
<b>Figura VII.24 Recolección externa de residuos sólidos. ....</b>	<b>77</b>
<b>Figura VII.25 Ejemplo de sitios de disposición final de residuos sólidos.....</b>	<b>78</b>
<b>Figura VII.26. Ejemplo de Centros de Acopio. ....</b>	<b>78</b>
<b>Figura VII.27 Identificación, separación y envasado de residuos peligrosos. ....</b>	<b>82</b>
<b>Figura VII.28. Almacén temporal de residuos peligrosos.....</b>	<b>84</b>
<b>Figura VII.29. Recolección externa de residuos peligrosos.....</b>	<b>87</b>
<b>Figura VII.30. Transporte de residuos peligrosos. ....</b>	<b>87</b>
<b>Figura VII.31. Sanitarios portátiles para el control de residuos líquidos de tipo sanitario.....</b>	<b>93</b>

## Tablas

Tabla VII.1. Atención de impactos ambientales de acuerdo a los programas ambientales propuestos. ....	8
Tabla VII. 2. Cronograma de actividades para el Programa de Difusión y Educación Ambiental. ....	22
<b>Tabla VII.3. Especies de fauna identificadas bajo protección legal. ....</b>	<b>25</b>
Tabla VII.4. Estimación del peso total de suelo orgánico en una superficie de 440.575 ha, con suelo dominante tipo rendzina.....	59
Tabla VII.5. Estimación del costo por tierra de monte (considerado el suelo orgánico, para el caso del proyecto). ....	59
Tabla VII.6. Listado de especies seleccionadas para iniciar la restauración ecológica. ....	61
Tabla VII.7. Resumen de costos por actividades de restauración para un periodo de 20 años. ....	67
Tabla VII.8. Residuos peligrosos.....	81

## VII. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR)

### VII.1. Introducción

La elaboración del presente capítulo refiere a las estrategias para la prevención y mitigación de los impactos ambientales que fueron identificados y manifestados en el capítulo V, y se basa en lo establecido en el Artículo 30 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), el cual indica que se deberán considerar las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

En consideración a lo anterior, a continuación se ejemplifica, mediante un diagrama, que en este DTU del proyecto se han incluido las medidas de mitigación y de prevención acordes a los impactos ambientales que generará el proyecto, con la finalidad de que sean evaluadas por la autoridad ambiental dentro del proceso administrativo del proyecto para la obtención de la autorización en materia de impacto ambiental.

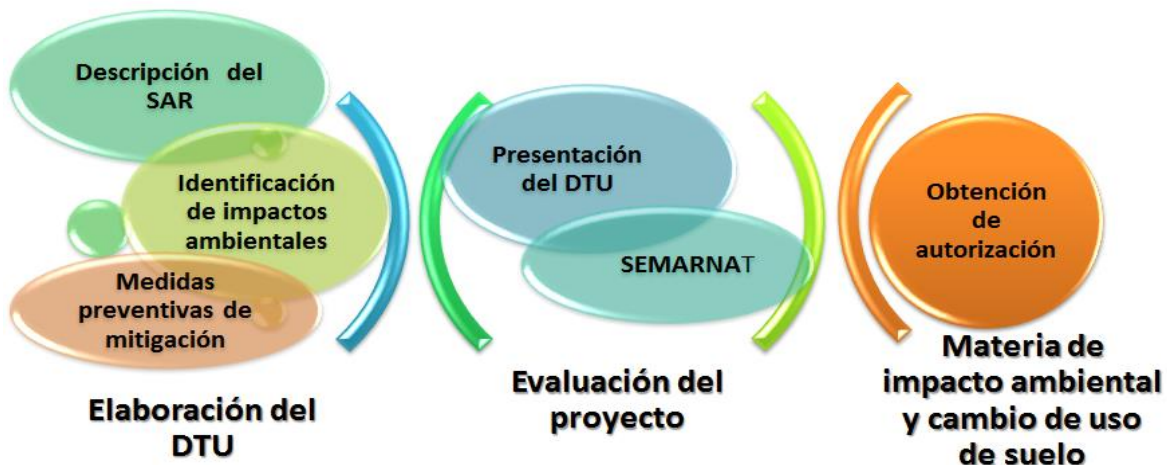


Figura VIII.1. Representación gráfica para la obtención de la autorización en materia de impacto ambiental y cambio de uso de suelo.

---

Bajo esta óptica, se asume el hecho de que, habiendo sido identificados los impactos ambientales en el capítulo correspondiente, se deben definir las medidas que permitirán prevenirlos, mitigarlos o compensarlos.

Por otra parte, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable en el tema de Cambio de Uso de Suelo de terrenos forestales en su Artículo 117 establece:

***Artículo 117.** La Secretaría sólo podrá autorizar el cambio de uso del suelo en terrenos forestales, por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos que demuestren que no se compromete la biodiversidad, ni se provocará la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación; y que los usos alternativos del suelo que se propongan sean más productivos a largo plazo. Estos estudios se deberán considerar en conjunto y no de manera aislada.*

Por lo antes expuesto, se ha diseñado el instrumento con un enfoque integral, que además de atender en conjunto las medidas requeridas para prevenir, atenuar, minimizar o disminuir los impactos adversos derivados del proyecto, permitirá visualizar la atención de los efectos negativos al ambiente bajo objetivos particulares, denominándole a dicho instrumento **Programa de Supervisión y Gestión Ambiental**.

Con la ejecución de dicho Programa se garantiza que el desarrollo del proyecto no comprometerá la biodiversidad, no provocará la erosión de los suelos ni el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación, ajustando así a lo indicado en el Artículo 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable en el tema de Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales.

De manera esquemática se presenta la estructura del Programa de Supervisión y Gestión Ambiental.



**Figura VIII.2. Estructura del Programa de Supervisión y Gestión Ambiental.**

En el Capítulo V, se identificaron y describieron los impactos ambientales que generará el proyecto, y en el presente Capítulo se proponen las medidas para atenderlos (integradas en programas), resumiéndose en la siguiente tabla los impactos ambientales previstos, y cada uno de los programas propuestos que los atenderán:

**Tabla VIII.1. Atención de impactos ambientales de acuerdo a los programas ambientales propuestos.**

Impactos ambientales	Programa de Supervisión y Gestión Ambiental	Programa de Manejo Fauna	Programa de Manejo de Flora	Actividades de compensación por el cambio de uso de suelo	Programa de Manejo Integral de Residuos	Programa de Difusión y Educación Ambiental
Pérdida de suelo						
Alteración de la calidad del suelo						
Alteración al confort sonoro						
Contaminación atmosférica						
Pérdida de cobertura vegetal						
Afectación del hábitat						
Desplazamiento de individuos de fauna						
Modificación del paisaje natural						

## **VII.2. Programa de Supervisión y Gestión Ambiental**

El Programa de Supervisión y Gestión Ambiental tiene como objetivo primordial orientar y coordinar las acciones previstas para cumplir tanto con las medidas propuestas, de manera voluntaria, en el presente capítulo, como con las que establezca la autoridad ambiental en caso de autorizar el desarrollo del proyecto, a fin de proteger y conservar los ecosistemas involucrados. Por esta razón, el logro de objetivos de todos los demás programas se verificará de manera sistemática a través del presente programa para confirmar su congruencia con el cumplimiento de los objetivos ambientales del proyecto.

Las metas principales del programa son las siguientes:

- A.** Verificar el cumplimiento de todas las obligaciones ambientales que la empresa responsable del proyecto asume en la ejecución de sus diversas etapas de desarrollo, incluyendo:
  - a) Los términos y condicionantes ambientales que la autoridad ambiental imponga en caso de autorizar el proyecto, y
  - b) La legislación y normatividad ambiental aplicable al mismo.
- B.** Verificar el cumplimiento de todas y cada una de las medidas de mitigación, prevención y/o compensación propuestas en el presente DTU, y que de manera voluntaria se han diseñado a fin de atenuar los posibles impactos ambientales adversos que pudieran generarse durante el desarrollo del proyecto.
- C.** Integrar la información y las pruebas documentales necesarias para informar periódicamente a la autoridad ambiental sobre el cumplimiento de las obligaciones ambientales y el desempeño ambiental del proyecto.

Para el cumplimiento de las metas antes referidas se establecerán las siguientes estrategias e indicadores:

- I. Supervisión y Vigilancia del correcto cumplimiento de las actividades del proyecto que se desarrollen en sus diferentes etapas que se han definido como estrategias en los programas ambientales previstos en el presente capítulo.
- II. Verificación de la observancia de la ejecución de las obligaciones ambientales establecidas en el presente DTU, así como aquellas que la autoridad ambiental imponga en caso de autorizar a favor del proyecto.
- III. Indicadores de cumplimiento del Programa.

### **VII.2.1. Supervisión y vigilancia de las acciones y/o estrategias ambientales del proyecto**

Para garantizar el cumplimiento de las obligaciones ambientales propuestas por la promovente durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, y abandono del proyecto, y las que establezca la autoridad ambiental en caso de ser autorizado el proyecto, se asignará un responsable de la supervisión ambiental que estará encargado de coordinar, de manera sistemática, el cumplimiento de cada una de las acciones establecidas como estrategias en los programas ambientales aplicables a cada etapa. El responsable también tendrá entre sus funciones identificar, en términos verificables, que no se están rebasando los impactos ambientales previstos y aplicar, en caso de ser necesario, medidas complementarias para reducirlos hasta donde sea posible.

### **VII.2.2. Verificación de la observancia de las obligaciones establecidas**

La promovente dará cumplimiento estricto a las medidas de mitigación, prevención y/o compensación que, de manera voluntaria, está proponiendo, así como a las obligaciones ambientales, que de ser autorizado el proyecto, establezca la SEMARNAT.



### **VII.2.3. Indicadores de cumplimiento del Programa**

Con la finalidad de poder medir la eficiencia del presente programa, se establecen los siguientes indicadores:

- ✓ Número de reuniones de planificación con los responsables de cada una de las etapas de proyecto. Lista de acuerdos y medidas concertadas.
- ✓ Número de inspecciones para la supervisión de las medidas ejecutadas durante cada una de las etapas del proyecto.
- ✓ Informes periódicos a las autoridades ambientales que lo requieran, o que así lo establezca la autorización que en su caso, emita la SEMARNAT.
- ✓ Reporte de las acciones cumplidas de acuerdo a lo establecido en la resolución que, en su caso, emita la SEMARNAT.
- ✓ Listas de chequeo de cumplimiento de obligaciones voluntarias por parte de los actores involucrados en las etapas e integración de la documentación oficial necesaria para comprobarlo.

### **VII.2.4. Estrategias Adicionales**

El presente apartado es con objeto de incluir todas aquellas estrategias o acciones ambientales que no requieren de un programa debidamente estructurado, y que serán necesariamente aplicadas para minimizar o atenuar los impactos ambientales identificados y evaluados en el capítulo que antecede. Lo anterior debido a que son estrategias aplicables en las primeras etapas del proyecto (preparación del sitio y construcción) que serán de poco tiempo de duración, o bien de corto plazo, y en las que

habrá emisiones de contaminación y de ruido a la atmósfera, por lo que dichas estrategias se instrumentarán principalmente en esas etapas.

#### ❖ **Emisión de gases**

En términos de legislación ambiental vigente, la observancia del cumplimiento o apego a la normatividad es un requisito para toda actividad o proyecto de desarrollo y presenta beneficios, tales como la minimización del ruido y de las emisiones contaminantes que generen los vehículos y maquinaria y que se usarán en el proceso de desarrollo del proyecto. Para controlar las emisiones de gases de combustión provenientes de la maquinaria y vehículos que operen durante las diferentes etapas del proyecto se ha establecido lo siguiente:

Se deberá dar observancia de las siguientes Normas Oficiales Mexicanas en materia de prevención de la contaminación a la atmósfera por fuentes móviles.

- ❖ NOM-041-SEMARNAT-2015. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.
- ❖ NOM-045-SEMARNAT-2006. Opacidad de humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diésel o mezclas que incluyan diésel como combustible. Esto se deberá observar en los vehículos que se utilicen en la zona del proyecto cuyo combustible sea diésel.
- Durante la construcción del proyecto se procurará realizar el transporte del equipo pesado durante las horas de poco tránsito vehicular para evitar exceso de emisiones atmosféricas, pero ello dependerá de las empresas contratistas y de sus horarios de entrega.
- Durante la construcción del proyecto, los camiones y vehículos utilizados deberán respetar los límites de velocidad para evitar accidentes de tránsito.

- Para evitar accidentes de tránsito, durante la construcción del proyecto se deberán colocar señalizaciones de tránsito a lo largo del acceso principal.

#### ❖ **Emisión de polvos**

La generación de polvo es evidente en términos estéticos y de paisaje, además de tener efectos nocivos contra la salud y la biota presente. Para mitigar la dispersión de partículas suspendidas se realizarán las siguientes medidas:

- El transporte de los materiales a utilizar deberá realizarse preferentemente en camiones cubiertos con lonas y el material humedecido para evitar su dispersión al aire.
- Es importante mantener húmeda la zona de trabajo para evitar que las partículas de polvo puedan desplazarse a otros sitios. Las actividades se basan en recorridos con carros cisterna por las áreas de trabajo dedicados a la aplicación de agua de riego sobre los caminos de acceso a las obras con la finalidad de mantener húmedo el sustrato y evitar la producción del polvo por la acción del viento. En forma similar, los residuos sólidos secos deberán humedecerse levemente antes de su disposición final.
- Durante la construcción, operación y mantenimiento del proyecto se deberán seguir las especificaciones presentes en la NOM-045-SEMARNAT-2006: Protección ambiental.- vehículos en circulación que usan diésel como combustible.- límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.
- Durante la construcción, operación y mantenimiento del proyecto se deberá asegurar el correcto almacenaje y protección de los residuos sólidos.

❖ **Generación de ruido**

Durante la operación de maquinaria, y por el uso de vehículos de transporte y equipo en general se incrementarán los niveles de ruido, por lo que la promovente llevará a cabo lo siguiente:

- Durante la construcción del proyecto se realizarán un frecuente y adecuado mantenimiento de los vehículos, equipos y maquinaria utilizada por el proyecto, de tal forma que el buen funcionamiento de éstos no genere emisiones de ruido fuera de los límites permisibles por la NOM-080-SEMARNAT-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.
- Las emisiones de ruido producidas por la maquinaria serán dispersas por el viento logrando en áreas de espacios abiertos una disminución de 10 a 30 dB en un espacio no mayor a 30 m a la redonda, por lo que no se contempla usar maquinaria que requiera la instalación de filtros de ruido, ya que el ruido difícilmente rebasará lo establecido en la Norma fuera de la periferia del predio, cumpliendo de esta manera con lo establecido en la NOM-080-SEMARNAT-1994, referente a los límites máximos permisibles de ruido provenientes del escape de vehículos automotores.
- Durante la construcción del proyecto los trabajadores de maquinaria pesada deberán emplear tapones auditivos para evitar perjudicar su sistema auditivo.
- Durante la construcción del proyecto se deberá apagar el equipo o maquinaria que no esté en funcionamiento con el fin de evitar contaminación sonora y atmosférica.

Una vez expuestas las medidas que no ameritan el desarrollo de un programa en específico por la temporalidad de los impactos ambientales, a continuación se describen los programas inicialmente referidos, con las correspondientes medidas que los integran para mantener los impactos en niveles tales que no pongan en riesgo la integridad de los ecosistemas, hecho que deberá ser demostrado durante la vida útil del proyecto mediante las acciones de monitoreo de la eficacia ambiental de cada programa.

### **VII.3. Programa de Difusión y Educación Ambiental**

La conservación del ecosistema presente en el área del proyecto depende en gran parte del grado de sensibilización, competencia, y participación de los actores involucrados. La inversión financiera y técnica no dará frutos si es que no va acompañada de un enfoque claro en la dinámica social. Es aquí donde la educación y la comunicación cumplen un papel fundamental, por lo que el presente programa considera acciones de educación y difusión de información ambiental, que constituyen los elementos de interacción con las estrategias incluidas dentro de este capítulo.

Usualmente, la falta de información, concientización y capacitación sobre el valor ecológico de los ecosistemas, los bienes y servicios ambientales que proporcionan, y sus recursos naturales asociados, deriva en usos no apropiados que ocasionan desde un mal manejo hasta un daño severo de los ecosistemas.

Con la finalidad de proteger los recursos naturales en el área del proyecto, se propone la implementación de un Programa de Difusión y Educación Ambiental, el cual será ejecutable en todas las etapas del proyecto, y será dirigido al personal operativo.

Una de las acciones consideradas dentro de este Programa de Difusión y Educación Ambiental será la impartición de pláticas de concientización ambiental, para la protección de flora y fauna, la prevención de la contaminación de suelos por generación de residuos, el orden y limpieza en las áreas de trabajo; y será dirigido a todo el personal operativo del proyecto.

#### **VII.3.1. Objetivos**

Los objetivos principales considerados en este Programa son los siguientes:

- Generar materiales de información sobre el valor ecológico, social, económico, y cultural del ecosistema y recursos naturales del área del proyecto.
- Generar materiales de información ambiental sobre el manejo y uso sostenible de los recursos de alto valor ecológico.
- Prevenir problemas de contaminación ambiental al suelo, cuerpos de agua, al aire y el ecosistema existente en la zona del proyecto.
- Capacitar al personal que participará en las diferentes etapas del proyecto sobre la aplicación y cumplimiento de la normativa e instrumentos ambientales en materia de agua, aire, residuos, ruido, etc.
- Informar al personal sobre las obligaciones ambientales que adquieren al formar parte de la fuerza laboral del proyecto.

### **VII.3.2. Impactos que serán atendidos por el programa**

El desarrollo del Programa de Educación Ambiental coadyuvará a la atención de los siguientes impactos ambientales:

- ✓ Alteración de la calidad de suelo.
- ✓ Alteración del confort sonoro.
- ✓ Contaminación atmosférica.

### **VII.3.3. Estrategias (medidas específicas)**

Las estrategias previstas para alcanzar los objetivos planteados son los siguientes:

- A.** Diseño y distribución de material de información sobre el valor del ecosistema y los recursos naturales del sitio del proyecto, y la importancia de su protección.

- B.** Diseño e impartición de pláticas de concientización ambiental dirigido al personal del proyecto, al menos una vez al mes.

#### **VII.3.4. Acciones de educación y capacitación ambiental**

##### **a) Diseño e impartición de material de información sobre ecosistemas y recursos naturales del sitio del proyecto**

Con respecto a la difusión de materiales de información, se elaborarán folletos dirigidos especialmente a los trabajadores y al personal que laborará en las diferentes etapas del proyecto. Los materiales de información deberán considerar por lo menos los siguientes aspectos:

- Dar a conocer el valor del ecosistema y recursos naturales del sitio del proyecto.
- Acciones dirigidas al personal para prevenir problemas de contaminación ambiental.
- Uso racional de los recursos naturales, como el agua y la energía, para fomentar y concientizar al personal y a los usuarios acerca de la importancia de dichos recursos.
- Fomentar y concientizar al personal y a los usuarios de la importancia de minimizar la generación de residuos.
- No cazar ninguna especie de fauna.
- Evitar acercarse a los animales silvestres.
- Evitar la colecta de especies de flora.

##### **b) Diseño e impartición de pláticas de concientización ambiental**

Dentro de la impartición de pláticas de concientización ambiental se considerarán los siguientes aspectos:

- Será dirigido a todo el personal que laborará en cada una de las etapas del proyecto.



- Una vez por mes, reforzándose por trimestre, se impartirán las pláticas acerca de las medidas de prevención, mitigación o en su caso de compensación correspondientes a cada etapa del proyecto.
- Se llevará un registro de la asistencia del personal.
- Se realizarán bitácoras de cada una de las pláticas, cuyo cumplimiento será verificado por el personal encargado del Programa de Supervisión y Gestión Ambiental.

El diseño de las pláticas serán relacionadas con los siguientes aspectos:

- a) Acciones de protección de flora y fauna existente en el predio del proyecto.
- b) Procedimiento de clasificación y manejo de los diferentes tipos de residuos que se generen en cada una de las etapas del proyecto.
- c) Importancia del uso racional de los recursos existentes.
- d) Medidas de prevención, mitigación o compensación que correspondan a cada etapa del proyecto.

### **c) Diseño y colocación de señalamientos**

**Actividad:** Previo a las etapas de preparación del sitio se colocarán señalamientos alusivos al manejo y disposición de los residuos sólidos, hidrocarburos (en caso de que se requiera), cuidado de la flora y fauna locales, así como evitar el fecalismo al aire libre. También se realizarán algunos indicativos en los que se señalen las áreas aptas para el acopio de residuos de diferentes tipos, y la rotulación de los botes para la colocación de los residuos.

**Ubicación de carteles:** Dependiendo de la información contenida en los carteles o cédulas, éstos se ubicarán en los diferentes frentes de trabajo o áreas donde se ejecuten actividades del proyecto.

**Acciones:** Los señalamientos deberán tener un enfoque prohibitivo o preventivo, para la protección de ecosistemas:

- ✓ Prohibido tirar basura.
- ✓ No dañar, ni molestar a la flora y fauna silvestre.
- ✓ No lanzar desperdicios orgánicos a las especies.
- ✓ Evitar alterar la calidad del agua de cuerpos cercanos al predio del proyecto, entre otros.

#### **d) Claves estratégicas de control de impactos ocasionados por los trabajadores**

Lo establecido en los apartados anteriores aporta los elementos indispensables para minimizar los impactos ambientales del proyecto; sin embargo, en lo referente a los trabajadores es necesario aplicar estrategias operativas y administrativas de control. A continuación se enlistan algunas medidas y/o acciones al respecto:

**Vigilancia.** La presencia de personal de vigilancia permitirá regular la supervisión de las actividades o estrategias ambientales.

**Imposición de sanciones.** El personal del proyecto será el principal contacto de los trabajadores, a medida que éstos últimos realicen conductas indeseadas en torno al cuidado del ambiente o a las disposiciones establecidas, deberán establecerse sanciones. Es conveniente que en el reglamento del proyecto se establezca una tabla de sanciones donde se definan las faltas administrativas.

**Capacitación de supervisores de obra.** Es importante mantener capacitación constante a los supervisores de obra para proporcionar formación ambiental básica que reduzca los impactos ambientales que pudieran ocasionar las actividades de los trabajadores.

### **VII.3.5. Indicadores de cumplimiento del programa**

Para el cumplimiento de las metas se establecerán estrategias e indicadores como a continuación se citan:

- I. Número y relación de señalizaciones colocadas.
- II. Manejo de información como la creación de un mural en frentes de trabajo acerca de los ecosistemas de valor ecológico; así como obligaciones y buenas prácticas ambientales, en el marco del proyecto.
- III. Relación de pláticas y/o talleres impartidos en el marco del proyecto y de los asistentes.

### **VII.3.6. Cronograma de actividades**

La implantación de señalamientos se deberá de llevar a cabo previo a la ejecución de las obras. De manera inicial se propone que la impartición de las pláticas de concientización ambiental, dirigidas al personal del proyecto, se lleven a cabo mensualmente principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, por ser las etapas donde se modifica el ambiente.

Con respecto al diseño y distribución de material sobre la protección de los ecosistemas y recursos naturales de la región, serán distribuidos durante la impartición de las pláticas de concientización ambiental.

En la siguiente tabla se muestra un cronograma preliminar para la aplicación del programa.

**Tabla VII. 2. Cronograma de actividades para el Programa de Difusión y Educación Ambiental.**

Medidas	Meses												Reporte Anual	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Diseño e impartición de material de información sobre ecosistemas y recursos naturales.														
Diseño e impartición de pláticas de concientización ambiental dirigido al personal del proyecto.														
Implantación de señalamientos prohibitivos o preventivos														

#### **VII.4. Programa de Manejo de Fauna**

Derivado de los impactos ambientales previstos por el proyecto hacia el componente de fauna, en las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto se llevarán a cabo actividades tendientes a la protección y conservación de especies de fauna (como el rescate y reubicación de individuos), las cuáles se han integrado en el presente programa. Sin embargo, es importante mencionar que dentro del desarrollo de desmonte y despalme, dichas actividades conducen al desplazamiento de la fauna existente dentro del área del proyecto o colindante al mismo, debido al movimiento de maquinaria para nivelación de terreno, así como por el ruido ocasionado por la misma y por las actividades propias del personal operativo. Para ello, las actividades de rescate y reubicación se llevarán a cabo de manera previa a cualquier actividad del proyecto.

##### **VII.4.1. Objetivo**

Realizar las mejores acciones para el rescate y la reubicación de la fauna que posiblemente se pueda ver afectada por el desarrollo del proyecto, y con ello poder prevenir, mitigar y/o compensar los impactos ambientales previstos, para recuperar las interacciones y procesos ecológicos donde las especies están relacionadas entre sí con el medio abiótico.

##### **VII.4.2. Impactos que serán atendidos por el programa**

- Afectación al hábitat.
- Desplazamiento de individuos de fauna.

### **VII.4.3. Estrategias**

En los siguientes apartados se describen las estrategias de manejo que se pretende realizar con la finalidad de cumplir con el objetivo antes señalado del Programa de Manejo de Fauna.

#### **VII.4.3.1. Especies sujetas a rescate y reubicación**

Las especies sujetas a rescate y reubicación son aquellas especies que han sido identificadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 durante los trabajos de campo y que fueron reportadas en el Capítulo IV del presente DTU (ver siguiente tabla), así mismo se considerarán aquellas especies de lento desplazamiento.

**Tabla VII.3. Especies de fauna identificadas bajo protección legal.**

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Estatus en NOM-059-SEMARNAT-2010	Ubicación	Endémica
<b>Reptilia</b>	Squamata	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana espinosa rayada	A	Área de proyecto/SAR	No
<b>Reptilia</b>	Squamata	Dipsasidae	<i>Dipsas brevifacies</i>	Culebra caracolera chata	Pr	Área de proyecto	No
<b>Reptilia</b>	Squamata	Elapidae	<i>Micrurus diastema</i>	Serpiente coralillo variable	Pr	Área del proyecto	Si
<b>Reptilia</b>	Squamata	Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa constrictor	A	Área del proyecto	No
<b>Reptilia</b>	Squamata	Geoemydidae	<i>Rhinoclemmys pulcherrima</i>	Tortuga de monte pintada	A	Área de proyecto	No
<b>Mammalia</b>	Carnivora	Procyonidae	<i>Bassariscus sumichrasti</i>	Cacomixtle tropical	Pr	SAR	No
<b>Aves</b>	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona albifrons</i>	Loro frente blanca	Pr		

#### **VII.4.3.2. Acciones de rescate y reubicación**

Las acciones de rescate de fauna se deberán llevar a cabo simultáneamente a las actividades de desmonte. Las brigadas de rescate de fauna deberán estar presentes principalmente previo al inicio de las actividades de desmonte y despilme, y del inicio de la construcción del proyecto. El equipo de trabajo del proyecto deberá de comunicar inmediatamente a la brigada de rescate sobre la presencia de fauna con la finalidad de protegerla y rescatarla.

##### **a) Capacitación del personal**

El personal que labore en el sitio del proyecto, tal y como se indicó en el Programa de Difusión y Educación Ambiental, deberá recibir asesoría y capacitación sobre no coleccionar, cazar, trampear, azuzar o dañar especies de fauna silvestre; por otro lado, se permitirá la manipulación de las mismas por personal especializado, sólo en caso indispensable para la seguridad de los mismos trabajadores.

##### **b) Delimitación del área**

Para garantizar que no existirá perturbación a los grupos de fauna durante el desarrollo del proyecto, es importante que dentro de los trabajos preliminares y como actividad número uno se delimite físicamente el polígono sujeto a afectación, colocando señalamientos que prohíban estrictamente el deterioro de una superficie mayor.

##### **c) Acciones de ahuyentamiento**

La primera medida que será adoptada con relación a la fauna dentro de las áreas donde se pretende desarrollar el proyecto será su "ahuyentamiento". El ahuyentamiento es una medida muy satisfactoria en comparación con un procedimiento de captura, registro y liberación posterior de ejemplares, que somete a los individuos a un elevado nivel de



estrés, lo cual constituye un efecto indeseable tratándose de especies silvestres, pues se compromete su supervivencia.

El ahuyentamiento de fauna mediante sonidos (sirenas, palos, etc.) realizada minutos antes del ingreso de la maquinaria a las zonas de despalme, ayudará a que los individuos de especies de rápido desplazamiento se puedan refugiar en zonas aledañas conservadas. Las especies que sean de lento desplazamiento, estén en etapas reproductivas (nidos) o se encuentren enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y sean encontradas en el predio durante la preparación del terreno, estarán sujetas a las actividades de rescate que se detallan a continuación.

#### **d) Ubicación de individuos sujetos a rescate**

Previo al inicio de cualquier actividad se realizarán recorridos para ubicar a los individuos de especies de fauna que se permanezcan en el sitio aún después de las actividades de ahuyentamiento. Durante esta actividad se anotarán las características del entorno del hábitat de los individuos localizados en caso de identificarse, tales como refugios, perchas, madrigueras, número de individuos, crías, huevos, ubicación georeferenciada del sitio, asociación vegetal, tipo de suelo, etc., el mayor número de elementos físico y ecológicos que nos permitan una mejor toma de decisiones para su reubicación si el caso fuera necesario, quedando todo bien documentado en su bitácora de campo.

#### **e) Captura de individuos**

Una vez identificados los ejemplares que serán rescatados, se procederá a su captura para su posterior liberación en sitios seguros. Para los reptiles se procederá a la captura manual directa y en el caso de especies peligrosas (serpientes) se realizará a través de pinzas o ganchos herpetológicos.

---

Los reptiles son de los animales con los que se debe tener más precaución al capturarlos y trasladarlos, debido a su fragilidad o a su capacidad de lastimar a las personas que los manejen. Es por ello que se usarán dos tipos de técnicas de captura:

- Técnicas directas: comprende la búsqueda activa de ejemplares, utilizando herramientas como guantes de carnaza, ligas, lazos, gancho herpetológico, entre otras. Estas técnicas deben de ser realizadas en las primeras horas de la mañana, ya que se sabe que en ese periodo del día, los anfibios y reptiles se encuentran en reposo.

La aplicación de estas técnicas será realizada únicamente por personal capacitado. A continuación se muestra un par de imágenes que describen la correcta captura de especímenes de serpientes.



**Figura VII.3. Uso de vara para serpientes.**

Fuente: <http://es.wikihow.com/atrapar-a-una-serpiente>

- Técnicas indirectas: este tipo de técnicas comprende trampas tipo cilindro y el método de baya de desvío, el cual consiste en colocar una baya metálica o plástica de 50 cm de ancho por varios metros de largo y enterrar cubetas de 20 litros en el

piso con hoyos para desagüe, con la finalidad de que los especímenes caigan dentro de la cubeta.

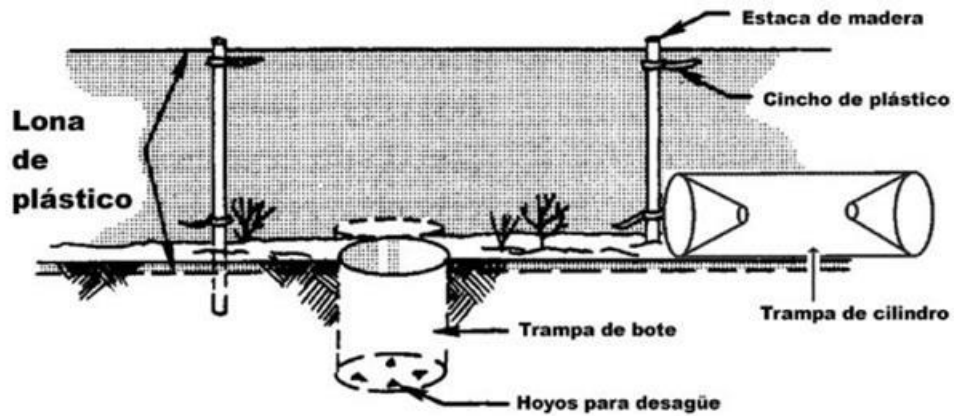


Figura VII.4. Método de baya de desvío y trampa tipo cilindro (Heyer *et al.* 2001).

Para el transporte de serpientes se usarán costales de tela de yute y en el caso de los anfibios, y otros reptiles que así lo ameriten, se usarán contenedores de plástico, con hoyos para respiración. Además, los contenedores serán humedecidos constantemente para evitar la deshidratación de los especímenes.

En el caso de las aves, se emplearán redes de niebla para su captura e identificación. Se usarán trampas Sherman para la captura de mamíferos pequeños, como marsupiales pequeños, ratones y ratas, mientras que para mamíferos de talla mediana y grande, en caso de existir, se emplearán trampas Tomahawk.

Las siguientes imágenes muestran los tipos de trampas a que se utilizarán.



**Figura VII.5. Trampa tipo Tomahawk (tomado de Gallina S. y López C., 2014).**



**Figura VII.6. Trampa tipo Sherman**

**Fuente:** <https://prezi.com/pulmf5a4olv9/factores-ambientales-asociados-con-leishmaniasis-americana-c/>

Cabe mencionar, que se intentará que el periodo de traslado, del lugar de captura al nuevo sitio, tanto para mamíferos, nidos de aves y reptiles, sea de menos de un día.

En caso de que existan nidos de aves en el área del proyecto se deberán de contemplar las siguientes acciones:

En cuanto a los nidos de aves, será en base a la experiencia del personal calificado el decidir si los nidos serán trasladados a arboles cercanos, en donde no se vean afectados por el proyecto, o conservar el árbol o lugar donde se encuentre el nido hasta que las crías sean capaces de volar.

En caso de optar por el traslado del nido se deberán de seguir las siguientes recomendaciones:

- El personal deberá de tener conocimiento de cómo trabajar de manera segura en alturas, además de tener experiencia en el manejo de aves.
- En todo momento el personal deberá usar el equipo de seguridad adecuado, tal como guantes, arnés de seguridad, casco, etc.
- Los nidos deberán de ser trasladados en cajas de cartón acondicionadas con papel periódico o con tela, tal y como se muestra en la siguiente imagen.



Figura VII.7. Traslado de nidos (IDRD, sin año).

#### **f) Liberación de individuos rescatados**

En caso de ser necesaria la captura de algún individuo, situación que se espera no se presente después de las incursiones al predio para su ahuyentamiento, los individuos se

reubicarán en las áreas con vegetación adyacentes al proyecto, en lugares resguardados por vegetación para evitar que sean depredados. Estas áreas de reubicación deben ser claramente identificados previo al inicio de la etapa de preparación del sitio, y evidentemente previo a las acciones de rescate.

#### **VII.4.3.3. Indicadores de desempeño y evaluación**

El indicador de realización cuantifica el número de rescates de fauna completados con respecto a los grupos faunísticos y a las distintas etapas de la obra. El indicador de seguimiento evalúa la eficiencia de las técnicas utilizadas para el rescate, en cuanto a la supervivencia de los individuos a las acciones de manejo y manipulación de los animales.

Entre las distintas medidas de la efectividad se encuentran:

- Número de ejemplares rescatados (por especie).
- Proporción de ejemplares capturados en relación al total de ejemplares observados o densidades estimadas por especie.
- Área cubierta por el rescate y su relación con la superficie total del proyecto.
- Proporción de capturas en los diferentes períodos de muestreo; para rescates que constan de más de un período de captura.
- Número de especies y de ejemplares endémicos, amenazados y restringidos rescatados, conforme a lo establecido en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
- Condiciones de la estructura poblacional de las especies rescatadas: proporción de ejemplares infantiles, juveniles, adultos, machos, hembras.
- Número de ejemplares muertos como consecuencia de la captura y/o estrés en las condiciones de cautiverio temporal.

## **VII.5. Programa de Manejo de Flora**

Si bien es cierto, que las actividades de desmonte y despalme dentro de la etapa de preparación del sitio desencadenan como la etapa más crítica para la vegetación, por lo tanto para minimizar la afectación hacia el componente de la vegetación se realizarán acciones de rescate y reubicación de individuos previamente al inicio de todas las actividades, aunado a que la eliminación de la cobertura vegetal se realizará de manera gradual.

Dependiendo de la especie, los individuos rescatados serán reubicados inmediatamente a sitios seguros donde se garantice su nula afectación con características similares de vegetación al sitio de rescate, o en su caso, deberán ser acumulados y resguardados en zonas previamente identificadas para este fin hasta su reubicación final. En función a la importancia ecológica de las especies presentes en el predio, así como de los tamaños de los individuos, de su abundancia y de las normas de protección establecidas para tal fin, se definieron los criterios para elegir a los individuos susceptibles a rescate:

- Individuos jóvenes y plántulas de fácil manejo y resguardo.
- Individuos cuya especie se encuentre en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

### **VII.5.1. Objetivo**

Llevar a la protección y conservación de especies de vegetación, mediante acciones de rescate y reubicación de la flora susceptible de afectación por el desarrollo del proyecto, y con ello poder prevenir, mitigar y/o compensar los impactos ambientales a dicho componente ambiental, lo cual permitirá recuperar las interacciones y procesos ecológicos donde participa la vegetación.

### **VII.5.2. Impactos que serán atendidos**

- Pérdida de cobertura vegetal.
- Afectación al hábitat.

### **VII.5.3. Estrategias de rescate y reubicación de especies**

En términos generales, las medidas de protección que contempla este Programa estarán enfocadas a extraer y trasplantar en un área predefinida, todos aquellos ejemplares susceptibles a rescate que se encuentren en las distintas áreas de intervención del proyecto.

#### **VII.5.3.1. Personal especializado**

Las actividades de rescate deberán ser coordinado por personal especializado en el manejo de especies forestales como las que se registraron en el predio. Esta persona deberá además de contar con la autorización y permisos actualizados correspondientes al manejo forestal según la autoridad competente. El responsable técnico deberá garantizar que el personal que se desempeñe en la obra, cumpla con las medidas para la conservación de la vegetación que se encuentra fuera de los límites solicitados de cambio de uso de suelo.

#### **VII.5.3.2. Delimitación de área de actividades de desmonte**

El área de desmonte deberá delimitarse previamente al inicio de la obra. Estas áreas deberán contar con señalización adecuada, vistosa y clara con el fin de afectar lo menos



posible a la vegetación del predio. A través de la delimitación del frente de obra, se sugiere mantener los desmontes al mínimo necesario que se requiera por las bases de diseño del proyecto, durante las diferentes etapas. En ningún caso se permitirá la realización de actividades de desmonte por medio de la utilización de fuego y/o agroquímicos, los cuales pudieran derivar en una afectación mayor al ecosistema.

### **VII.5.3.3. Selección y habilitación del sitio de reubicación temporal (vivero)**

Previo al rescate de la vegetación, será necesario ubicar un sitio adecuado que funcione como un vivero, el cual servirá para resguardar de manera temporal a las plantas rescatadas que así lo requieran para que puedan recuperarse del trasplante y mantenerse en buenas condiciones hasta el momento de colocarse en su lugar definitivo. Las plantas rescatadas se mantendrán en el área acondicionada como vivero hasta que culmine su periodo de adaptación, momento en el cual una parte de ellas podrá ser trasplantada a zonas aledañas conservadas o, resguardarse para mantenerse en el vivero hasta la finalización de la fase de construcción del proyecto, momento en el cual se podrán trasplantar a las áreas verdes diseñadas previamente.

El área a acondicionar como vivero puede tener las siguientes características:

- Presentar sitios con sombra de 50 a 75% así como espacios soleados.
- No ser un sitio inundable.
- Encontrarse cerca de alguna fuente de abastecimiento de agua dulce, o que sea fácil de que ésta se abastezca de pipas.
- Encontrarse libre de vegetación herbácea y arbustos pequeños.
- Encontrarse cerca de un sitio donde se pueda acopiar tierra vegetal y otros insumos.

El vivero debe contar con un área para mantener las herramientas y los insumos, así como un tinaco con capacidad suficiente de almacenamiento de agua, que será llenado con agua por medio de pipas.

En el área acondicionada como vivero los individuos pueden sembrarse en bolsas para vivero o en platabandas, según las características de la planta. El tamaño de las bolsas varía de acuerdo al tamaño de la planta y al tamaño esperado antes de estar en posibilidad de trasplantarlas nuevamente. Los ejemplares rescatados que se coloquen en plantabandas deberán estar separados de tal manera como para permitir la revisión y limpieza de malezas entre ellos. Cada plantabanda tendrá individuos o bolsas con individuos de la misma especie o de especies con requerimientos similares de luz y humedad; los pasillos deberán ser del ancho suficiente para permitir el paso de una carretilla o bien el paso de las personas para el mantenimiento. Las especies dentro del vivero se distribuirán de acuerdo con sus requerimientos de luz y humedad. Las especies que requieren menos humedad deberán regarse una vez por semana o cuando los dos centímetros superficiales de la mezcla de tierra estén secos. Las especies que requieren más riego deberán regarse dos o tres veces por semana y nunca permitir que se seque la mezcla más allá de 0.5 cm en su parte superficial.



**Figura VII.8. Ejemplo de un vivero para el resguardo de plantas y construcción de platabandas.**

Fuente: <http://viverosdecolombia.blogspot.mx/>

El trabajo de mantenimiento en el vivero consistirá en embolsar y ordenar las plantas rescatadas, regarlas, aplicarles fitohormonas para promover el crecimiento de las raíces, aplicarles fertilizante foliar para fortalecerlas, limpiar las bolsas de malezas que compiten por los nutrientes, podarlas, retirar los individuos muertos y vigilar su estado de salud en general.

#### **VII.5.3.4. Técnicas de extracción de la vegetación susceptible a ser rescatada**

Para la extracción de ejemplares grandes se recomienda utilizar la técnica denominada "Extracción con cepellón", la cual consiste en extraer los ejemplares con la mayor cantidad posible de suelo adherido a su sistema radical. Con ayuda de herramientas adecuadas primero se debe aflojar la tierra alrededor del cepellón. Como regla orientativa se recomienda que por cada centímetro de diámetro medido en la base del tronco se le deba dar 10 cm de diámetro al cepellón. Esto permitirá extraer raíces completas manteniendo las micorrizas asociadas que contribuyen a la mejor asimilación de los nutrientes y agua del suelo (ver la siguiente figura). Una vez realizada la extracción, las raíces se deben proteger con distintos materiales tales como malla gallinero, bolsas de plástico, o sacos de yute abrazando al cepellón. Conforme se vayan extrayendo los individuos, estos deberán ir colocándose en carretillas ubicadas bajo sombra; previendo que no sean cubiertos con bolsas de plástico, ya que esto ocasionaría la deshidratación de los ejemplares. Una vez en la carretilla, las plantas serán transportadas lo más pronto posible a los viveros para su recuperación y posterior reubicación.

Para los individuos más pequeños, se recomienda la técnica de "extracción completa con raíz desnuda". Mediante este método se extraerá al ejemplar completo, evitando causar daño a las plantas. Este método se utilizará en ejemplares de tallas menores o hasta un máximo de 2.5 m de altura (dependiendo de su longevidad y grado de ramificación) y para especies que resisten la exposición a la intemperie de sus raíces desnudas.



**Figura VII.9. Ejemplos de la extracción por cepellón y cuidados durante el rescate.**

Fuente: <http://aprendicesjardineriacoria.blogspot.mx/>

#### **VII.5.3.5. Sitios de reubicación**

Las áreas adyacentes bien conservadas a la superficie de afectación, se constituirán como primera opción para los sitios de reubicación definitiva de los ejemplares rescatados. Una vez definido el espacio de trasplante definitivo de cualquier ejemplar, éste será georreferenciado para su posterior informe a la autoridad correspondiente, si fuera necesario.

#### **VII.5.3.6. Trasplante**

El conocimiento de la época adecuada de trasplante es un aspecto de mucha importancia para el establecimiento exitoso de la reubicación de especies.

El trasplante debe coincidir con el momento en que la humedad del sitio es ideal. Para el caso de las zonas que presentan una marcada estación lluviosa (buena parte del territorio nacional) el trasplante se debe realizar una vez que el suelo se encuentra bien humedecido y la estación de lluvias se ha establecido, es decir una o dos semanas después de iniciarse la época de lluvias. Se reconoce que este es el más adecuado, porque la planta

---

cuenta con mayor tiempo para establecerse, antes de que el medio ambiente la someta a condiciones estresantes, como pueden ser temperaturas extremas y sequía.

El diseño del trasplante y densidad de las plántulas o individuos va a depender del tamaño de las plantas en estado adulto, la humedad y fertilidad del suelo, la temporada de crecimiento de las especies y las condiciones climáticas del sitio. Para especies arbóreas en este tipo de vegetación, el trasplante se recomienda hacer a una distancia de mínimo 3 x 3 metros entre plantas. Si la fertilidad, humedad y época del año son las adecuadas para el crecimiento de los individuos, se recomienda dejar más espacio entre plantas debido a que las plantas crecerán más vigorosas y requerirán de mayor espacio.

Cuando el trasplante es raíz desnuda lo más importante es cuidar que la planta se introduzca al hoyo de manera adecuada sin que la raíz sufra estrechez que pueda deformarla el hoyo o cepa en que se vaya a introducir la planta debe contar con las dimensiones adecuadas que permitan a las raíces conservar una posición lo más natural posible. El cuello de la planta (inicio del tallo) debe quedar por lo menos al ras del suelo, o preferentemente un poco por debajo, para prevenir un asentamiento del suelo.

La tierra fina que cubre el sistema radicular es presionada con la mano, mientras que el relleno total del hoyo es compactado mediante el pisoteo.



**Figura VII.10. Trasplante a raíz desnuda.**

Fuente: <http://www.todohuertoyjardin.es/blog/frutales-raiz-desnuda-una-buena-eleccion>

Cuando la planta tiene cepellón, lo más importante es que se logre la profundidad de trasplante correcta y que por todos lados exista buen contacto con el suelo. Por ningún motivo se debe dejar el contenedor o envase. La mala costumbre de no retirar la bolsa de polietileno, muchas veces justificada con el ahorro de tiempo, conduce a deformaciones radiculares irreversibles. Esa práctica ocasiona graves daños, apreciables sólo a largo plazo, lo cual conduce inevitablemente al fracaso de la reforestación.

Cuando la planta se trasplanta en una cepa la forma de rellenarla es la siguiente:

- Se debe sostener con una mano la planta en su posición correcta, o, cuando sea el caso, sostener en una posición recta el cepellón.
- Con la otra mano se rellena con tierra uniformemente alrededor de la planta o cepellón, cuidando que la distribución de la tierra vaya siendo homogénea, esta operación se continúa hasta que el nivel de la tierra de relleno llega un poco por encima del terreno, con la finalidad de que al compactarlo con el pie quede al mismo nivel del terreno o ligeramente más abajo.
- Para lograr un buen contacto del cepellón de la planta con el suelo, se debe compactar la tierra que rodea éste por medio del pisoteo, en donde se encuentra el cepellón no es necesario realizar esta operación, al menos que al sacarlo del envase se haya removido, en este caso se debe compactar con la mano.



**Figura VII.11. Trasplante con cepellón.**

Fuente: [http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1978\\_20.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1978_20.pdf)

#### **VII.5.3.7. Cuidados posteriores al trasplante**

Es muy común pensar que la reforestación termina al momento del trasplante. No obstante, se le deben de seguir proporcionando cuidados a la plantación, hasta que esta se encuentre bien establecida y muestre un crecimiento dentro de lo esperado.

A continuación mencionamos los aspectos que deben cuidarse una vez que se realiza la plantación.

##### **a) Deshierbe**

Debe eliminar la competencia que se establece entre las plantas introducidas y las malezas por luz, agua y nutrientes. En muchos casos esta es la causa por la que las plantas presentan crecimientos deficientes. Sin embargo, no se debe ignorar las ventajas que el crecimiento de la vegetación nativa tiene para la recuperación del terreno, por lo cual se recomienda sólo realizar el deshierbe alrededor de las plantas introducidas y dejar que en los demás sitios las malezas crezcan favoreciendo la recuperación y protección del suelo.

Esta actividad debe realizarse con continuidad por ejemplo dos veces al año por un período de 3 a 5 años. El número de deshierbes a realizar en el año dependerá de qué tan abundante sea el crecimiento de las malezas y las precipitaciones; si estas son escasas basta con un deshierbe al inicio de las lluvias y otro a mitad de la estación.

Una práctica que es muy recomendable y que, a mediano plazo, puede evitar seguir realizando los deshierbes es depositar la materia vegetal producida en esta práctica en la base de la planta, con esto se fomenta una cubierta densa que impide el crecimiento de las malezas, además, proporciona nutrientes a la planta y capta humedad. O bien, si el terreno es pedregoso conviene colocar en la base de la planta piedras que imposibiliten el crecimiento de las malezas.

### **b) Control de plagas**

En muchas ocasiones, a pesar de que en apariencia las plantas se encuentran en sitios con características adecuadas para su crecimiento, se presenta escaso crecimiento y un aspecto poco saludable de la plantación.

Una de las causas que pueden motivar este comportamiento es la presencia de plagas. Si este es el caso, su control debe de partir del diagnóstico preciso del tipo de plaga que está afectando a la planta y de acuerdo a esto se debe prescribir el tratamiento más adecuado.

Las plagas que más frecuentemente afectan a las plantas son:

#### *Insectos defoliadores*

Existe una gran variedad de estos insectos y comprende desde individuos adultos hasta larvas de algunos insectos. Sin embargo, una de las plagas que más atacan a las plantaciones son las hormigas arrieras (*Atta* sp.), las cuales en poco tiempo pueden provocar que la plantación se venga abajo. Si este es el caso, es muy conveniente mantener una supervisión continua y control de la población de hormigas. Esta se realiza



detectando todas las bocas de hormiguero e introduciendo el insecticida específico para este tipo de plaga.

#### *Nemátodos del suelo*

Es una plaga muy común y tiene efectos en el decrecimiento de las plantas, ya que ataca su sistema radicular. Esta plaga se detecta sacando una muestra del suelo que rodea el sistema radicular de la planta y estimando la cantidad de gusanos que tiene, cuando a simple vista se puede observar una buena cantidad de ellos es que la plaga se encuentra en niveles inadecuados. La forma de combatirla es por medio de sustancias químicas que se le agregan al suelo por riego.

#### *Hongos*

Cuando las condiciones de la plantación tienen mucha humedad y poca luz es frecuente que se presenten hongos. Este problema se elimina con la aplicación, mediante aspersiones, de un fungicida. Aunque también es recomendable mejorar las condiciones de iluminación del sitio por medio del desrame de los árboles.

El tipo de producto que se utilice para el control de plagas debe ser determinado en cada caso particular. Se recomienda buscar la asesoría pertinente para diagnosticar la plaga, así como para prescribir su control.

### **c) Aplicación de insumos (elementos nutritivos)**

Otra causa que puede afectar el crecimiento y aspecto saludable de la planta es la falta de elementos nutritivos en el suelo. Lo más común es encontrarlo deficiente en nitrógeno y fósforo. La forma de diagnosticar el tipo de deficiencia es por medio del aspecto de las plantas. Por ejemplo, si presenta amarillamiento en las hojas (clorosis) es síntoma de deficiencia en nitrógeno.

Si de antemano se sabe que el suelo tiene deficiencias es conveniente aplicar los insumos que lo reviertan y no esperar hasta que la planta muestre los síntomas, pues esto va en

perjuicio del establecimiento y crecimiento adecuado de la planta. Muchas veces estas deficiencias se presentan tiempo después del trasplante, debido a que la planta ha tomado todos los elementos nutritivos del suelo y no está habiendo un buen reciclamiento. Cuando esto ocurre, es necesario proporcionarle los elementos nutritivos necesarios para su crecimiento, por medio de fertilizaciones periódicas. No se puede recomendar una dosis ni un producto en particular, ya que esto depende de las condiciones particulares de cada caso. Aunque por lo general se utilizan insumos que contengan nitrógeno y fósforo.

#### **d) Riesgos auxiliares**

En muchos casos la humedad que reciben las plantas es deficiente, lo puede deberse a los siguientes factores: la preparación del terreno no es la adecuada; el trasplante no se realizó en el momento adecuado, o la reforestación se realizó en un año muy seco.

Cualquiera que sea el motivo, es conveniente realizar riegos auxiliares que permitan a la planta establecerse y evitar perder la plantación. Aunque en la mayoría de los casos el riego sale de las posibilidades, ya sea porque la disponibilidad de agua es crítica en el sitio, o porque el costo energético y económico sería muy grande. Este aspecto es una de las principales causas que evitan el éxito de la reforestación.

Cuando se cuenta con la posibilidad de riego, este debe hacerse cuidando eficientizar el uso del agua. Para esto se recomienda realizarlo a las horas de menor insolación, muy temprano o por la tarde, y buscando el método que cause el menor dispendio de agua. Si el terreno no es muy poroso, se puede distribuir el líquido por canales rústicos y en caso contrario, se tendrá que realizar con manguera o manualmente, utilizando cubetas o regaderas.

La necesidad de riego depende del grado de arraigo que se haya conseguido en las plantas y si éstas presentan una etapa de descanso vegetativo. Es decir, si las plantas que se utilizaron en la reforestación se trasplantaron en la época adecuada y además presentan una etapa en la que se encuentran desprovistas de hojas, el riego no es necesario.

Por el contrario, si hubo muy poco tiempo entre el trasplante y la finalización de la temporada de lluvias y/o las especies introducidas requieren de humedad continua y en el sitio se presenta una temporada seca muy marcada, sólo se podrá asegurar su sobrevivencia y establecimiento por medio del riego. Es aquí donde resaltan dos aspectos que se deben tomar con mucho cuidado; la elección de plantas y la época de trasplante.

#### **e) Poda**

Se recomienda en el caso de que se quiera dirigir el crecimiento de las especies hacia un fin productivo específico o cuando se pretenda equilibrar el desarrollo de la parte aérea (tallo, ramas y hojas) con el desarrollo de la raíz.

Esta práctica además puede tener efectos benéficos en el crecimiento de las plantas. Se ha demostrado que una poda efectuada adecuadamente, puede promover un desarrollo vigoroso de las ramas y el follaje. La manera de efectuar la poda depende de los objetivos que se persigan, de tal forma que si se quiere plantas chaparras con buena producción de ramas y hojas, la poda debe de efectuarse en las ramas que tengan un crecimiento más vertical. Si por el contrario, se quiere favorecer un crecimiento en el sentido vertical y con fustes rectos, la poda se debe realizar en las ramas laterales que puedan deformar dicho crecimiento.

La época de realizar la poda generalmente es en la etapa de descanso vegetativo de la planta, seleccionando aquellas ramas que interfieran en la forma de crecimiento deseado. No se debe exagerar la poda, además de tener cuidado en dejar siempre ramas que garanticen la adecuada actividad fotosintética de la planta en la estación de crecimiento. Asimismo, no se recomienda podar cercano a la base del tronco principal de la planta, ya que esto puede repercutir negativamente en la sobrevivencia de la planta. Sobra decir que

la poda se debe efectuar hasta que la planta ha crecido por lo menos 2m y presenta una constitución básicamente leñosa.

#### **VII.5.3.8. Monitoreo post-trasplante**

El monitoreo de los individuos trasplantados a sus sitios definitivos se deberá realizar de acuerdo al siguiente plan de monitoreo:

- ❖ Monitoreo 1 a los 30 días del trasplante.
- ❖ Monitoreo 2 a los 6 meses del trasplante.
- ❖ Monitoreo 3 a los 12 meses del trasplante.

Se deberá registrar en una bitácora:

- ✓ Número de individuos trasplantados por especie.
- ✓ Tasa de sobrevivencia por especie.
- ✓ Tasa de mortalidad por especie.
- ✓ Posibles causas de mortalidad.
- ✓ Coloración de las hojas.
- ✓ Estado fenológico.
- ✓ Tasa de crecimiento de los individuos.
- ✓ Indicadores de depredación u otras enfermedades.

#### **VII.5.3.9. Indicadores de Evaluación**

La evaluación y monitoreo de los individuos rescatados se realizarán para los individuos trasplantados de manera inmediata a las zonas de trasplante, mismo que se realizará cada dos meses, al menos durante los primeros seis meses después de realizado el trasplante. Cada área de trasplante tendrá que ser identificada con estacas marcadas,

georreferenciación y, en caso de ser necesario, deberán ser protegidas con cercas o mallas durante el tiempo de establecimiento de las plantas, con el fin de evitar perturbaciones que afecten su éxito. Para la realización del monitoreo, se llevará una bitácora en la que se registrarán los siguientes parámetros:

- a) Número de individuos rescatados por especie.
- b) Tasa de sobrevivencia.
- c) Tasa de mortalidad.
- d) Tasa de crecimiento de los individuos.

#### **VII.6. Actividades de compensación por el cambio de uso de suelo**

La compensación ambiental por cambio de uso del suelo en terrenos forestales, tiene como propósito llevar a cabo acciones de restauración de suelos, reforestación y mantenimiento de los ecosistemas forestales deteriorados, para que una vez lograda su rehabilitación, se compensen los servicios ambientales que prestaban los ecosistemas que fueron afectados por el cambio de uso del suelo; entre ellos, la restauración del ciclo hidrológico y los ciclos biogeoquímicos, la captura de carbono, la recuperación paulatina de la biodiversidad, la producción de oxígeno, entre otros.

A continuación se proponen las estrategias ambientales como acciones compensación por el cambio de uso de suelo de áreas forestales.

##### **VII.6.1. Objetivo**

Como objetivo general se pretende compensar la afectación por el cambio de uso de suelo con la reforestación de especies nativas de modo tal, que se cubra un porcentaje de sobrevivencia del 75% a un 80% de especies reforestadas a fin de que las actividades de

compensación propuestas, una vez ejecutadas, sean satisfactorias y ambientalmente sustenten el desarrollo del proyecto.

## **VII.6.2. Reforestación**

### **VII.6.2.1. Ubicación de la superficie a reforestar**

#### **Selección de sitios**

Los sitios específicos de reforestación se definirán en función de sus condiciones ambientales de deterioro con base a los factores físicos, bióticos, lo cual será verificado en campo previo a la reforestación y considerando la facilidad de acceso. Las coordenadas de ubicación se presentarán una vez definidos los sitios específicos, y esto también podrá depender de lo que establezca la autoridad competente en la materia

### **VII.6.2.2. Diseño de plantación**

El diseño de la plantación inicialmente propuesto sería el de "tres-bolillo" (ver siguiente figura), intercalando ejemplares de distintas especies, el distanciamiento que se maneja en el acuerdo mediante el cual se emiten los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la metodología para su estimación, para ecosistemas tropicales es de 4 m y una densidad de plantación de 625 árboles por hectárea; por lo que se estima que para cubrir la totalidad de la superficie de CUST (440.575 ha), se requieren 275,359.37 plantas.

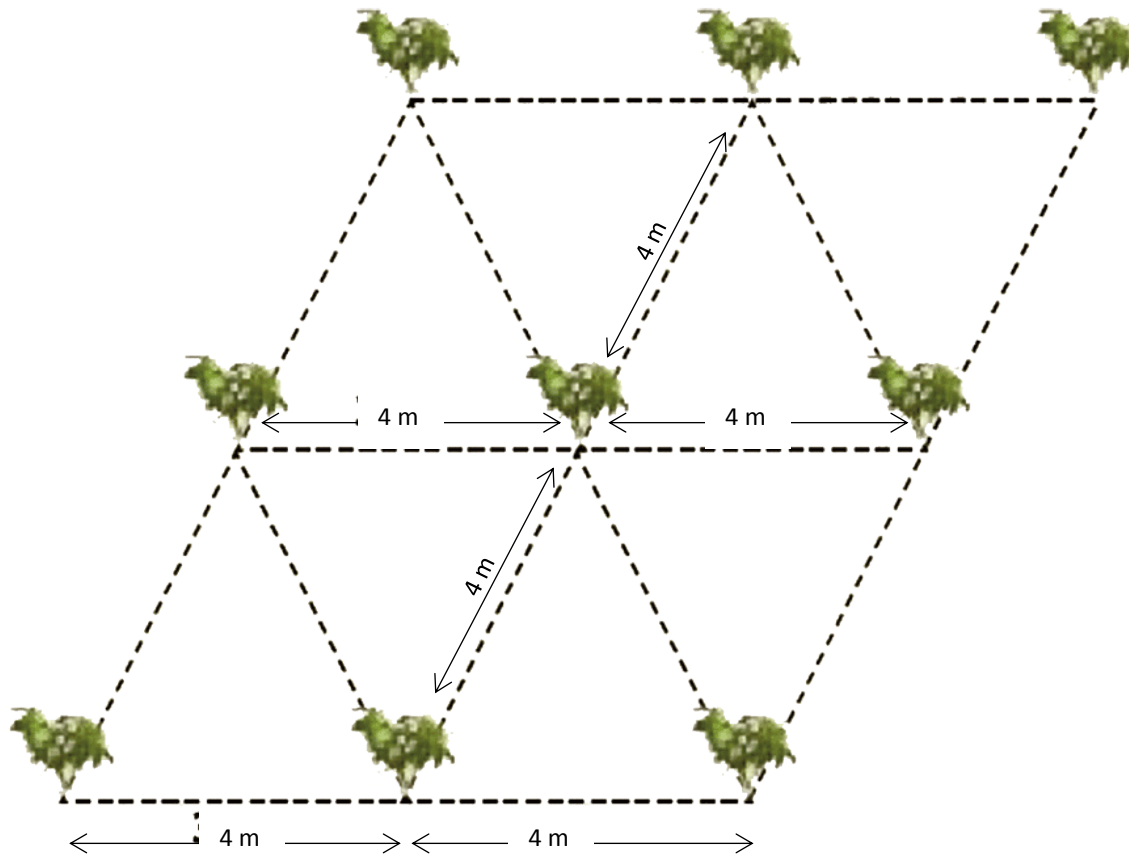


Figura VII.12. Diseño de la plantación "Tres-bolillo".

✓ **Plantación**

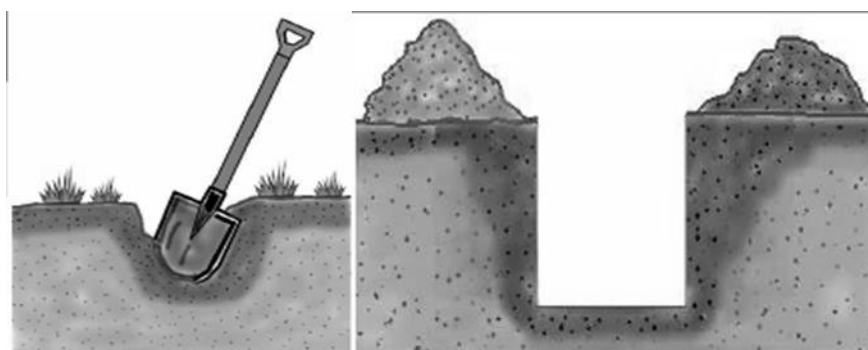
Esta etapa incluye las actividades de traslado de la planta desde el sitio de adquisición al sitio de plantación, la apertura de cepas y colocación de la planta:

***Estibado y transporte de la planta***

Para el transporte de las plántulas se deberá contar con vehículos tipo Pick Up con plataforma amplia, y evitar con esto el amontonamiento de las plantas, para el caso de redilas de tres toneladas estas deberán estar acondicionadas con plataformas espaciadas.

### ***Apertura de cepas***

La cepa es el hoyo donde se planta un árbol. El tamaño de la cepa debe ser mayor que el tamaño del cepellón, al menos el doble del diámetro y un 50 % más de hondo. Se abre más el diámetro para remover el suelo y mejorar su estructura y se profundiza menos porque más del 80 % del sistema radicular es horizontal, casi superficial. Las raíces crecen más rápido en un suelo flojo y muy lento en un suelo rocoso, tepetatoso o compactado, que a veces parece otra maceta enterrada. Antes de bajar el árbol a la cepa, se debe inspeccionar sus heridas, ramas quebradas, raíces rotas y podarlas, quitando los desgarres.



**Figura VII.13. Secuencia y forma de la cepa que será aperturada para la colocación de la plántula.**

### ***Colocación de la planta***

Primeramente, se agregará tierra suelta dentro de la cepa hasta calcular que el cepellón colocado quede con el cuello radicular del árbol al nivel del piso. Se evitará sofocar las raíces si el árbol queda muy abajo, pero si queda muy arriba las raíces se pueden morir o deshidratar, manteniendo el árbol en estrés permanente; el cuello radicular debe estar en un rango de 5 a 10 cm arriba, porque el suelo suelto bajará con el agua hasta quedar al nivel del piso. Ya colocado y nivelado verticalmente el tallo, se agregará la tierra suelta todo alrededor sin compactarla y riego simultáneamente si es posible para que no queden bolsas de aire.



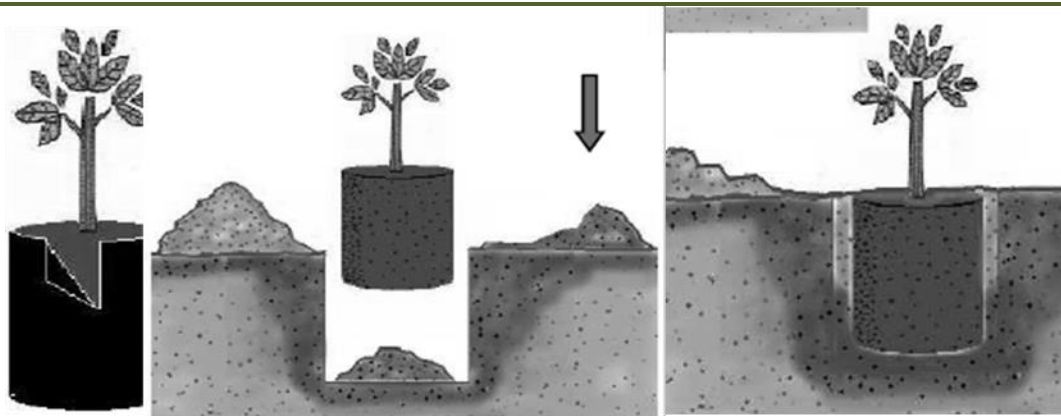


Figura VII.14. Secuencia de la colocación de las plántulas.

✓ **Época de plantación**

En la medida de lo posible la plantación se llevaría a cabo en la etapa de inicio de la temporada de lluvias, la cual sería durante los meses de junio a septiembre, esto con la finalidad de facilitar que las plantas se adapten a su nuevo medio y con ello reducir la mortandad por estrés.

**VII.6.2.3. Indicadores de seguimiento**

Los indicadores de seguimiento determinados deberán aportar evidencia clara sobre la evolución de las especies en el sitio, de conformidad con los hábitos de crecimiento de las especies seleccionadas en el Programa, motivo por el cual han sido seleccionados los siguientes parámetros de evaluación y/o umbrales de alarma:

*Sobrevivencia de las especies.*

Se deberá mantener una sobrevivencia no menor al 80% de los individuos, en la misma proporción de la mezcla de especies que sea definida durante la ejecución del Programa. Para lo anterior, se considera realizar una evaluación periódica de los índices de sobrevivencia (cada seis meses por lo menos en 3 años), integrando la información en una

bitácora de reporte para mantener el registro correspondiente y realizar reportes para informar, en su caso, a las autoridades sobre el éxito obtenido.

*Estado físico de los árboles.*

Durante la evaluación de los índices de sobrevivencia de las especies, deberá efectuarse también una valoración del estado físico o fitosanitario de los ejemplares transplantados, con la finalidad de identificar la presencia de plagas. En caso de confirmar lo anterior, se realizará un diagnóstico preciso del tipo o tipos de plaga presentes para definir las prácticas de control más adecuadas al tipo de especies utilizadas. Dicha valoración se realizará cada medio año, integrando la información en la misma bitácora que se utilizará para registrar la sobrevivencia y que podrá servir para informar, en su caso, a la Autoridad que solicite el cumplimiento de los objetivos del Programa.

*Uso del área reforestada por la fauna silvestre.*

Además de vigilar el adecuado establecimiento de las especies en el sitio, se contemplará efectuar monitoreos de las especies de fauna silvestre que utilicen el lugar como zona de refugio o alimentación (detección de signos que denoten la migración y presencia de especies en la superficie reforestada, o por ejemplo, la observación de madrigueras que impliquen que la vegetación comienza a resultar atrayente para los animales silvestres). Para cumplir con lo anterior, se contará con un especialista de campo que será el responsable de coordinar las acciones de cuidado posteriores a la plantación, mismo que entre otros aspectos definirá por ejemplo las mejores técnicas de control de plagas y enfermedades, etc.

## **VII.7. Estimación del costo de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso de suelo**

En este apartado se describe el procedimiento y los costos requeridos para lograr la restauración del predio en el supuesto en que ya se hubiere efectuado el cambio de uso de suelo, hasta igualar las condiciones que presenta actualmente en cuestión de estructura y funcionalidad. Para lograr esto es necesaria la restauración forestal o ecológica, para lo cual en primer lugar se indican las bases teóricas del proceso y posteriormente la forma en que sería aplicable al proyecto.

De acuerdo con el Artículo 7, fracción XXXV de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, la restauración forestal se define como: el conjunto de actividades tendentes 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.

De igual manera la restauración ecológica supone, entre otras cosas, la mejor restitución posible de los ciclos biogeoquímicos y de otros rasgos críticos de un ecosistema dado. Sin embargo, la complejidad intrínseca de los sistemas ecológicos y su importancia para la continuidad de la evolución de las especies hacen necesario que la restauración se emprenda: a) con especies oriundas del lugar y b) intentando reconstruir la estructura que guardaban los componentes originales del ecosistema, antes del evento de disturbio humano responsable del daño.

La Society for Ecological Restoration, International Science y el Policy Working Group (2004) consideran que la restauración ecológica es el proceso de ayudar a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido. De acuerdo con Barraza (en Sánchez et al, 2005), la acción de la restauración ecológica consiste en rehabilitar aquellos ambientes que se encuentran degradados y restablecerlos a sus condiciones naturales

originales o, si esto no es posible, crear otras que sean similares al hábitat afectado y que compensen aceptablemente los daños causados. Señala que existen cuatro enfoques en la restauración de comunidades biológicas y de los ecosistemas:

1. Ausencia de acción. Es cuando se deja que el ecosistema se recupere por sí mismo, conocido también como restauración pasiva. Un ejemplo son los campos de cultivo abandonados, que después de algunas décadas se convierten en acahuales y, con un poco de suerte, en bosques.
2. Rehabilitación. Es cuando se reemplaza un ecosistema degradado por otro que tenga un cierto tipo de productividad, utilizando pocas o muchas especies. Un ejemplo es el reemplazo de un área de bosque degradado por un pastizal productivo.
3. Restauración parcial. Consiste en restaurar por lo menos algunas de las especies dominantes originales y ciertas funciones del ecosistema. Por ejemplo, la plantación de árboles nativos en un bosque degradado.
4. Restauración completa. Consiste en restaurar el área con su composición de especies, estructura y funciones originales por medio de un programa activo de modificación del sitio y de reintroducción de las especies.

Como un proceso integral, la restauración ecológica implica recuperar la estructura, funcionalidad y autosuficiencia semejantes a las presentadas originalmente en un ecosistema que ha sido degradado.

Valladares *et al.* (2011), señalan que la restauración puede considerarse como un esfuerzo de manipulación consciente de los filtros ecológicos con el objetivo de acelerar o dirigir el proceso de colonización vegetal. Por lo tanto, la identificación de los filtros ecológicos más limitantes para el establecimiento de la vegetación como paso previo a la toma de decisiones en un proyecto determinado, es sumamente importante para el éxito de cualquier restauración. En seguida se explican los procesos ecológicos más relevantes para lograrlo.

## **1. La colonización y la sucesión**

Cuando una zona queda desprovista de vegetación, se pone en marcha el proceso de sucesión vegetal, que comienza por la fase de colonización, así, la colonización de una zona sin vegetación depende, en primer lugar, de la llegada de semillas por dispersión desde las zonas circundantes a través de distintos vectores como el viento, el agua o los animales.

Tras la fase de colonización, las interacciones entre plantas, tanto a través de la facilitación de una especie por otra que le ayuda a establecerse (interacción positiva) o a través de la exclusión de una especie por la presencia de especies competidoras (interacción negativa), implican cambios graduales en la composición florística de las comunidades. En definitiva, la colonización de una zona dada –y la comunidad de plantas resultante– depende de tres grandes grupos de factores: a) la disponibilidad de semillas, b) las condiciones del medio y c) las interacciones planta-planta, conocidos a su vez como los tres grandes ‘filtros ecológicos’ que determinan el ensamblaje de las especies.

## **2. Filtros ecológicos que determinan la colonización y el ensamblaje de las comunidades**

De acuerdo con la teoría de ensamblaje de las especies (assembly rules, en inglés), solo aquellas pertenecientes al conjunto o pool de especies locales capaces de atravesar una serie de filtros podrán establecerse con éxito en una zona determinada. La selección de las especies se hace en función de sus rasgos morfológicos y funcionales que definen su capacidad para alcanzar la zona por dispersión (filtro de la dispersión), para adaptarse a las condiciones del medio (filtro de los factores abióticos) y para competir con las demás plantas establecidas.

La intervención activa sobre los filtros es necesaria cuando los procesos de colonización transcurren demasiado lentamente para poder alcanzar en un plazo aceptable los

objetivos de la restauración o cuando el sistema ha sobrepasado un umbral de irreversibilidad (Halle y Fattorini 2004). Este último determina la capacidad del sistema para recuperarse por sí mismo. La perturbación sufrida por los ecosistemas durante las obras es tal que, en la mayoría de los casos, se supera el umbral de irreversibilidad.

Además del conocimiento de estos procesos, los autores antes citados sugieren que antes de tomar cualquier decisión en un proyecto de restauración, y siempre que sea posible, conviene llevar a cabo un estudio de las variables ambientales que condicionan la zona a restaurar (clima, suelo, topografía, flora, proximidad de la vegetación natural). Esta prospección permitirá orientar la elección de las medidas más adecuadas y garantizar su viabilidad y rentabilidad en términos de coste/ beneficio. No obstante, no siempre es necesario intervenir, ya que en ocasiones la colonización natural es suficiente para proporcionar una cobertura vegetal eficaz en el control de la erosión y la estabilización del suelo.

Dadas las condiciones en el supuesto de que ya se hubiere efectuado el cambio de uso de suelo, es decir la remoción total de la vegetación y de suelo fértil, sería necesaria la intervención humana con el proceso de restauración, ya que la colonización natural sería bastante lenta al carecer de suelo orgánico (ver siguiente figura).

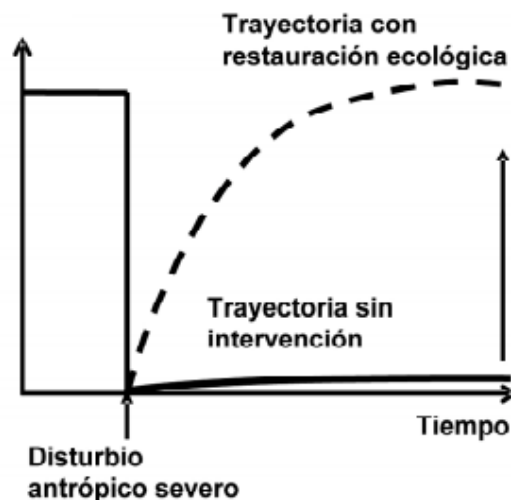


Figura VII.15. Proceso de sucesión vegetal con restauración ecológica. Tomado de Martínez-Ramos y García Orth (2007).

Martínez-Ramos y García-Orth (2007), mencionan diferentes casos de restauración, en los que los periodos de recuperación natural han sido bastante largos, para alcanzar la madurez de las selvas; presenta una comparación de casos, tomando en cuenta la frecuencia de individuos con cierta formación de biomasa basada en el área basal; de esta manera, menciona que en áreas degradadas con un periodo de recuperación de 20 años, es frecuente encontrar individuos con diámetros de 15 a 25 cm y en menor frecuencia de 35 a 45 cm; en áreas de 40 años, además de individuos con estas medidas ya es posible localizar algunos con diámetros mayores a 65 cm; en este sentido, con el paso del tiempo aumenta la frecuencia de individuos con diámetros mayores. En la siguiente figura se muestra el cambio sucesional en la frecuencia relativa de árboles.

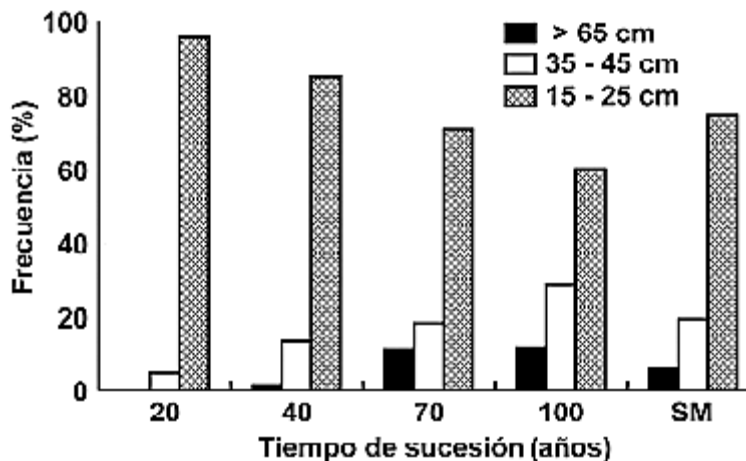


Figura VII.16. Cambio sucesional en la frecuencia relativa de árboles con diferente diámetro a la altura del pecho (DAP).

Para el desarrollo de este apartado se consideraron actividades y costos para un plazo de 20 años en los que sería imprescindible la intervención humana en la restauración, periodo en el que se considera que la comunidad alcanzaría cierta fortaleza y estabilidad

para que posteriormente continuara la sucesión de manera natural hasta alcanzar las condiciones presentadas antes del evento de disturbio (CUS).

## **VII.8. Etapas de la restauración ecológica, aplicables al proyecto**

Tomando en cuenta lo antes expuesto, se realizaría el proceso en busca de una restauración completa siguiendo las etapas que se enuncian a continuación, de acuerdo con la metodología de Valladares *et al.* (2011), la cual fue diseñada para su aplicación en taludes de carreteras, por lo que se hacen las adaptaciones correspondientes para que tenga aplicación al proyecto que nos ocupa.

### **VII.8.1. Restauración del suelo y banco de semillas**

Se consideró esta etapa como la primera, dado que al efectuarse el CUSTF quedarían horizontes de suelo estéril, resulta necesaria la adición de material orgánico, para acelerar la recuperación de su capacidad productiva.

Las limitaciones abióticas pueden ser suplidas mediante distintas técnicas de restauración que consisten en la aplicación de fertilizantes (Petersen *et al.* 2004), enmiendas orgánicas (de Ona y Osorio 2006) o tierra vegetal (Balaguer 2002). Entre las diferentes medidas existentes, la adición de tierra vegetal presenta la ventaja añadida de ser capaz de contrarrestar al mismo tiempo el filtro de la dispersión. En efecto, la tierra vegetal cumple la doble función de: a) mitigar las malas condiciones abióticas del suelo, por su mayor contenido en materia orgánica y microorganismos, y b) aportar semillas mediante el banco natural de semillas contenido en el suelo.

El beneficio a largo plazo del aporte de tierra vegetal ha sido evidenciado por Wali (1999), al observar, 45 años después del tratamiento, un grado de evolución de la vegetación



varias décadas más avanzado en áreas tratadas con tierra vegetal que en aquellos no tratados.

En este sentido, se consideró la compra y adición de tierra de monte para una superficie de 440.575 ha; para lo cual se requerirían 1,652,158.87 ton; dato que se obtuvo considerando un peso medio por m<sup>3</sup> de 1.5 toneladas, según diferentes referencias; tomando en cuenta que el tipo de suelo dominante en el área del proyecto es rendzina, mismo que tiene una pequeña capa orgánica, con lo que se obtuvo el volumen de suelo orgánico para una superficie de 440.575 ha, ver siguiente tabla.

**Tabla VII.4. Estimación del peso total de suelo orgánico en una superficie de 440.575 ha, con suelo dominante tipo rendzina.**

Superficie (ha)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Profundidad suelo (m)	Volumen suelo (m <sup>3</sup> )	Peso ton/m <sup>3</sup>	Peso total (ton)
440.575	4,405,75.0	0.25	1,101,439.25	1.5	1,652,158.87

Para obtener un costo medio de tierra de monte (en este estudio considerado como el suelo orgánico) se consideró el valor de la producción total de tierra de monte a nivel nacional y su costo total anual, según datos del Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2014, dentro del estado de Yucatán no se presentó producción de este producto no maderable.

La producción total anual a nivel nacional corresponde a 81,703.0 ton y su costo total de es de \$36,512,915.00,. Dentro del mismo anuario en mención, se reporta que el precio promedio entre los años 2010-2014 de tierra de monte fue de \$ 467.65; por otro lado, durante el año 2014 se tuvo un costo por tonelada de tierra de monte de \$ 446.90 M.N.

De acuerdo con lo anterior, la compra de 1,652,158.87 toneladas de tierra de monte que se requieren para una superficie de 440.5757 ha, tendría un valor económico total de **\$77,236,545.56 M.N** (ver siguiente tabla Tabla VII.5.).

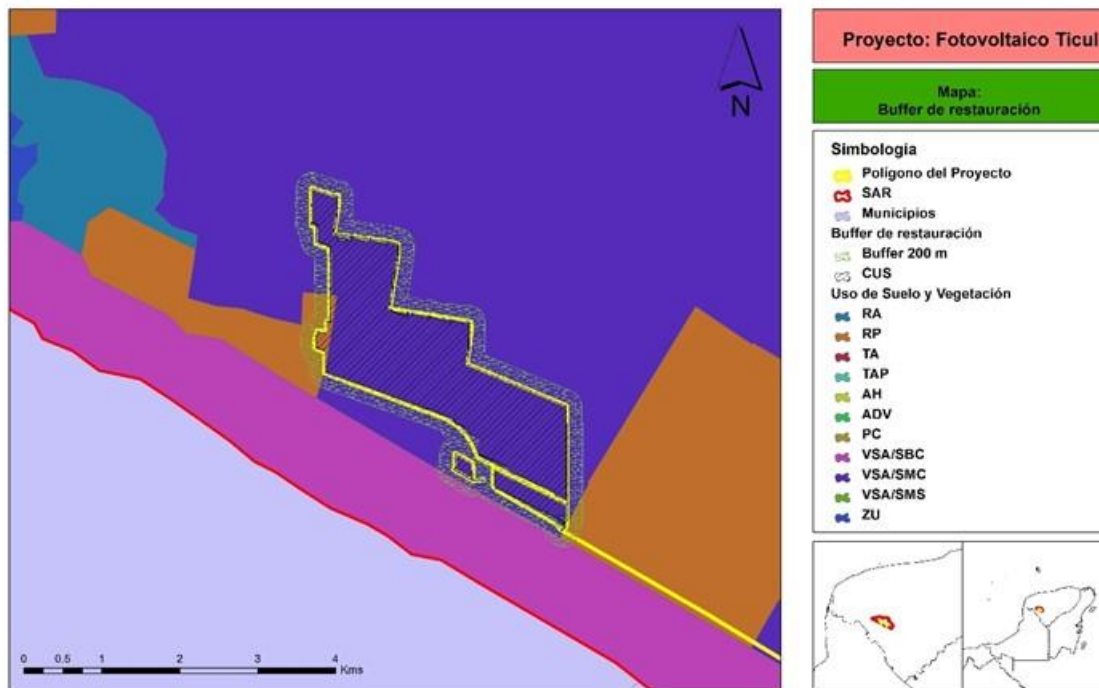
**Tabla VII.5. Estimación del costo por tierra de monte (considerado el suelo orgánico, para el caso del proyecto).**

Superficie (ha)	Peso total (ton)	Costo (\$/ton)	Costo total
440.575	1,652,158.87	\$467.65	\$77,236,545.56

### VII.8.2. Proximidad y calidad de la vegetación natural circundante

La presencia de áreas de vegetación natural en la proximidad del predio que actúan como fuentes de semillas puede ayudar a paliar los efectos del filtro de la dispersión, puesto que favorece la entrada espontánea de especies desde la vegetación circundante y acelera los procesos de colonización en los polígonos, cuanto más próximos estén estos de la matriz de vegetación circundante, mayor será la llegada y disponibilidad de semillas en el área a restaurar.

La cercanía de manchas vegetales constituye uno de los motores principales para guiar la sucesión de las comunidades. En este sentido, la estrategia sería buscar conservar las zonas aledañas a las de CUSTF que aún presenten vegetación natural en un buffer de 200 m, lo cual equivale a una superficie total de 322.738 ha.



**Figura VII.17. Vegetación natural circundante, como fuente de germoplasma.**

De acuerdo a un costo promedio de actividades de conservación que incluye la ejecución de planes de protección que la zona requiera, como apertura de brechas cortafuego con un costo de referencia de \$318.30/ha y cercado con costo de \$1,309.69 /ha, considerando la implementación de actividades de monitoreo y vigilancia en eventos periódicos 2 veces al año, de \$200.00 por ha cada uno; el costo por conservar una hectárea con vegetación costaría \$2,027.99.

De acuerdo a lo anterior, la conservación de una superficie de 322.738 ha con vegetación tendría un costo equivalente de **\$ 654,509.43 M.N.**

**VII.8.3. Selección de especies adaptadas a las condiciones de la zona a restaurar**

Como alternativa, se ha propuesto el uso de especies locales tras comprobarse en distintos ambientes mediante siembras experimentales que se establecen mejor que las especies comerciales. Desde el punto de vista de la restauración del capital natural, en forma de bienes y servicios, el uso de especies locales es altamente recomendable por sus ventajas ecológicas y geomorfológicas, tales como la preservación de la integridad genética, la conservación de la diversidad local, la compatibilidad con otras especies locales y el control eficiente de la erosión.

Con estos criterios se seleccionaron las especies que se enlistan en la siguiente tabla, mismas que fueron registradas durante los muestreos en campo.

**Tabla VII.6. Listado de especies seleccionadas para iniciar la restauración ecológica.**

Clase	Familia	Nombre científico	Nombre común
MAGNOLIOPSIDA	FABACEAE	<i>Acacia gaumeri</i> Blake.	Kitim-che
		<i>Albizia tomentosa</i> (Micheli) Standl.	
		<i>Bauhinia divaricata</i> L.	Ts' ulub took'

Clase	Familia	Nombre científico	Nombre común
		<i>Bauhinia unguolata</i> L.	Chak ts' ulub took'
		<i>Caesalpinia yucatanensis</i> Greenm.	Taa k'in che'
		<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose. var. <i>leucospermum</i> (Brandegees) Barneby & Grimes.	Ya' ax eek'
		<i>Diphysa carthagenensis</i> Jacq.	Ts'u'ts'uk
		<i>Havardia albicans</i> (Kunth) Britton & Rose.	Chukum
		<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit. ssp. <i>leucocephala</i>	Waaxim
		<i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth.	k'anasín
		<i>Lonchocarpus xuul</i> Lundell.	Xu'ul
		<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth.	Tzalam
		<i>Mimosa bahamensis</i> Benth.	Tzacatzim
		<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	Jabin
		<i>Vachellia cornigera</i> (L.) Seigler & Ebinger.	Cornezuelo
		<i>Vachellia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Seigler & Ebinger ssp. <i>pennatula</i>	Chimay
	SIMAROUBACEAE	<i>Alvaradoa amorphoides</i> Liebm.	Chac-choben
	BORAGINACEAE	<i>Bourreria pulchra</i> Millsp. ex Greenman	Bakal che'
		<i>Ehretia tinifolia</i> L.	Beek
	MALPIGHIACEAE	<i>Bunchosia swartziana</i> Griseb.	"Sip che'
	BURSERACEAE	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Chaca
	POLYGONACEAE	<i>Coccoloba barbadensis</i> Jacq.	Boob Ch'iich'
		<i>Gymnopodium floribundum</i> Rolfe.	Tzitzilche
		<i>Neomillspaughia emarginata</i> (Gross) S.F.Blake.	Tza-itza
	CAPPARACEAE	<i>Crateva tapia</i> L.	
	EUPHORBIACEAE	<i>Croton arboreus</i> Millsp.	P'e 'esk' uuch
		<i>Jatropha gaueri</i> Greenm.	Pomol che'
	EBENACEAE	<i>Diospyros yatesiana</i> Standl.	Sac siliil
	RUBIACEAE	<i>Guettarda elliptica</i> Sw.	Kakalche
	MALVACEAE	<i>Helicteres baruensis</i> Jacq.	Sutup
	RHAMNACEAE	<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Roemer & Schultes) Zucc.	Lu'um'che
	BIGNONIACEAE	<i>Parmentiera millspaughiana</i> L.O. Williams	Kat ku'uk
	MYRTACEAE	<i>Psidium sartorianum</i> (O.Berg) Nied.	
	RUBIACEAE	<i>Randia aculeata</i> L.	Puuts' che
	SAPINDACEAE	<i>Thouinia paucidentata</i> Radlk.	k'an chuunup
	SALICACEAE	<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton & Millspaugh.	Ta'may

De acuerdo a los datos de rendimientos y costos para el tipo de ecosistema se considera un costo por producción de planta de \$1,925.00 por hectárea, con una cantidad mínima de 625 individuos por hectárea; la estimación en cuanto a la superficie a restaurar, se incluye en los costos de las actividades de reforestación.

#### **VII.8.4. Actividades de reforestación**

Las actividades de reforestación han sido descritas en el apartado **VII.6.2 Reforestación**, en dicho apartado se describen todas las actividades necesarias para el establecimiento de una plantación como parte de la reintroducción de ejemplares para guiar la sucesión vegetal en el polígono afectado.

El costo de las actividades implicadas en el establecimiento de una plantación se consideró según el acuerdo mediante el cual se emiten los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la metodología para su estimación; el cual indica que para ecosistemas tropicales es de \$18,363.30 M.N.; por lo el costo total para la superficie de CUS (440.575 ha) sería de **\$8,090,410.89 M.N.**

#### **VII.8.5. Implementación de obras de captación hídrica**

La reforestación es una práctica vegetativa importante para la protección, conservación y restauración de suelos, así como para mejorar la captación hídrica, pero debe ser acompañada de diferentes prácticas mecánicas que aumenten la supervivencia, mejoren su desarrollo y con ello contribuyan a disminuir la degradación del suelo y aumentar la capacidad de infiltración del suelo (CONAFOR, 2004), se considera la siguiente:

**Zanjas de infiltración:** Las zanjas de infiltración son canales sin desnivel construidos en laderas, los cuales tienen por objetivo captar el agua que escurre, evitando procesos erosivos de manto, permitiendo la infiltración del agua en el suelo; es ideal sobre todo en



## **VII.8.6. Actividades de mantenimiento y monitoreo**

### ✓ **Vigilancia**

Es importante considerar la vigilancia continua del polígono a restaurar, esto con la finalidad de evitar el saqueo o maltrato de plantas, disposición inadecuada de residuos de todo tipo, proveniente de los asentamientos urbanos cercanos.

En esta actividad debe considerarse la colocación de letreros alusivos al cuidado de la vegetación y fauna, manejo adecuado de residuos, así como restricción al paso de personal no autorizado.

### ✓ **Monitoreo fitosanitario**

Posterior a la plantación, y como parte de las actividades de mantenimiento, si se presentan problemas de malezas como sucede frecuentemente, se realizará un deshierbe manual y/o con ayuda de medios mecánicos como machetes, para evitar la competencia de nutrientes entre los ejemplares de interés y estos organismos, pero únicamente en el cajete de la planta de interés, el resto debe mantenerse como parte de la cobertura vegetal para protección de suelos y pioneras de la sucesión ecológica.

La FAO (2000), señala que la cobertura del suelo tiene una acción protectora por la interceptación y absorción del impacto directo de la gota de lluvia, previniendo así el sellado de la superficie y preservando la estructura del suelo inmediatamente por debajo de la misma. De esa manera, la infiltración de agua puede ser mantenida a lo largo de la lluvia. Por lo tanto, aumentando la cobertura del suelo se reducen la desagregación y movimiento del suelo por la salpicadura de la lluvia, el promedio de la velocidad y la capacidad de transporte del flujo superficial.

Así mismo, es conveniente el monitoreo del estado sanitario que guardan los ejemplares, esto con la finalidad de detectar de manera oportuna la presencia de plagas, así con mantener actualizada la situación fitosanitaria para facilitar una respuesta inmediata a los problemas que se presenten.

La actividad de monitoreo y limpieza de malezas se realiza como mínimo una vez por mes, durante los primeros 3 años de la plantación.

✓ **Reposición de planta**

Se debe tener en cuenta que, en caso de mortandad de las plantas, lo cual se estima sea menor al 20%, deberán reponerse, con la finalidad de conservar la cantidad propuesta en un inicio, esta actividad se recomienda por lo menos una vez al mes, durante los primeros 2 años posteriores a la plantación.

✓ **Mantenimiento de las obras de captación hídrica y de cajetes**

Es conveniente el mantenimiento periódico de las zanjas, para evitar su azolve, así como de los cajetes de las plantas para eliminar malezas que estén compitiendo por los nutrientes, este mantenimiento se recomienda por lo menos una vez al mes, durante los primeros 2 años posteriores a la plantación.

✓ **Mejoramiento de hábitat para la fauna silvestre**

Es conveniente el mejoramiento de hábitat para atraer a la fauna silvestre y con ello favorecer la dispersión de semillas de algunas especies que requieren ser trasladadas por animales, desde las áreas circundantes con vegetación natural hasta el polígono en proceso de restauración; así como para favorecer otros procesos tales como la descomposición de materia orgánica y su incorporación al suelo.

Este mejoramiento puede incluir, desarrollo de bebederos artificiales y creación de refugios, tales como rocas y troncos de árboles muertos.

De manera general, en base a datos de rendimientos y costos de actividades de mantenimiento usual, se estima un costo de \$5,863.98 por cada hectárea, lo que incluye la producción de la planta para replante con un costo por ha de \$770.00, su transporte de \$85.00/ha, su reforestación de \$902.50/ha, y el trabajo de deshierbe periódico de



\$4,046.48/ha. Lo que daría un costo total de **\$ 2,583,522.98 M.N.** para la superficie del cambio de uso de suelo.

### VII.8.7. Costo estimado para las actividades de restauración por el cambio de uso de suelo propuesto

En las siguientes tablas se muestran los costos estimados para el desarrollo de la plantación considerando las actividades y conceptos antes descritos:

**Tabla VII.7. Resumen de costos por actividades de restauración para un periodo de 20 años.**

Etapa	Actividades	Costo por año	Costo por 20 años
Restauración del suelo y banco de semillas	Compra y adición de tierra de monte para 440.575 ha.	\$ 77,236,545.56	\$1,544,730,911.20
Proximidad y calidad de la vegetación natural circundante	Implementación de programas de conservación y protección de la vegetación en 322.738 ha.	\$ 654,509.43	\$13,090,188.60
Selección de especies adaptadas a las condiciones de la zona a restaurar	Uso de especies locales	el costo se incluye en las actividades de reforestación	
Actividades de reforestación	Establecimiento de una plantación para guiar la sucesión vegetal en 440.575 ha	\$ 8,090,410.89	\$161,808,217.80
Implementación de obras de captación hídrica	Construcción de zanjas	\$ 3,645,780.15	\$72,915,603.00
Actividades de mantenimiento y monitoreo	Producción, transporte, reforestación y deshierbe	\$ 2,583,522.98	\$51,670,459.60
<b>Totales</b>		\$92,210,769.01	\$1,844,215,380.20

Se estimó el costo total por actividades de restauración ecológica de una superficie de 440.575 hectáreas con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, y selva mediana caducifolia, por un monto de **\$1,844,215,380.20 M.N.**, para un periodo de 20 años.

## VII.9. Programa de manejo integral de residuos

Hoy en día el desarrollo de actividades antropogénicas dentro de un ámbito natural, el manejo inadecuado de residuos desencadena complicaciones o problemáticas en torno a contaminación tanto en el aire, como en el suelo y agua.

Durante el desarrollo del proyecto se asume que serán generados residuos líquidos, sólidos, peligrosos y no peligrosos en las diferentes etapas del proyecto, así como residuos especiales en la etapa de construcción. En la siguiente figura de manera esquemática se ilustra el manejo de residuos previstos para el Programa de Manejo Integral de Residuos. Con la finalidad de disminuir al máximo los riesgos de contaminación al medio ambiente, se ha considerado proponer el presente Programa de Manejo Integral de Residuos.



Figura VII.19. Tipos de residuos que serán manejados dentro del Programa de Manejo Integral de Residuos.

### **VII.9.1. Objetivos**

- ✓ Manejar adecuadamente los residuos de conformidad con la legislación ambiental aplicable en materia.
- ✓ Minimizar el impacto ambiental derivado del inadecuado manejo de los diferentes tipos de residuos.
- ✓ Minimizar la generación de residuos dentro de las diferentes etapas del proyecto.

### **VII.9.2. Impactos que serán atendidos por el programa**

De conformidad con la identificación y evaluación de impactos ambientales presentados en el capítulo correspondiente, el programa propuesto atenderá el impacto ambiental correspondiente a la contaminación de suelo.

Evidentemente el inadecuado manejo de residuos propiciaría la contaminación del suelo por la infiltración de residuos líquidos o en su caso por la formación de lixiviados de residuos sólidos dispuestos en el suelo a intemperie.

El presente programa atenderá los impactos antes mencionados, para ello se estructuró bajo tres subprogramas, con la finalidad de un mejor manejo por separado de cada uno de los diferentes grupos de residuos que se generen durante el desarrollo del proyecto.

A continuación, se representa de manera esquemática los subprogramas propuestos que conforman el programa en comento.



Figura VII.20. Estructura del Programa de Manejo Integral de Residuos Sólidos.

### VII.9.3. Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) señala que los residuos sólidos urbanos *son 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 por esta Ley como residuos de otra índole;* con base en lo anterior, durante las etapas de preparación del sitio y construcción, la generación de residuos sólidos urbanos se presentará principalmente por los trabajadores de la obra al ingerir sus alimentos, entre otros que puedan ser reciclables como son plásticos, papel, cartón, vidrio e inclusiva aluminio con son las latas de refresco, así como por las actividades propias de la obra.

La LGPGIR señala que los 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; por lo que particularmente para el proyecto, estos se refieren a los residuos de obra que se espera sean generados durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto.

#### **VII.9.3.1. Objetivo**

Ofrecer una serie de acciones para tener un control y un manejo adecuado de los residuos sólidos, así como los residuos de manejo especial, que genere el proyecto durante sus diferentes etapas.

#### **VII.9.3.2. Estrategias (medidas específicas)**

##### **➤ Identificación de los residuos**

De acuerdo con Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, un residuo sólido es aquel material, productos o subproductos que sin ser considerados como peligrosos, se descarta o desecha, puede ser reutilizado o requiere sujetarse a métodos de tratamiento o disposición final.

Los Residuos sólidos pueden ser:

- **Orgánicos.** Son biodegradables (se descomponen naturalmente), tienen la propiedad de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otra materia orgánica (por ejemplo: restos de comida, frutas y verduras, cáscaras, carne, huevos, etc.).

- **Inorgánicos.** Por sus características químicas sufren una descomposición muy lenta. Muchos de ellos son de origen natural pero no son biodegradables, tales como los materiales que se eliminan de los productos que se consumen y sus envases, embalajes o empaques y los provenientes de cualquier otra actividad que genere residuos sólidos con características domiciliarias.
- **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, como es el caso de los residuos de la demolición, mantenimiento y construcción civil en general.

Los residuos sólidos urbanos generados por los trabajadores durante la etapa de preparación del sitio y construcción del proyecto consistirán en papel, envolturas y empaques, botellas y bolsas de plásticos, así como una muy pequeña cantidad de materia orgánica conjunto la generación de residuos oscila entre 1.0 a 1.5 Kg./persona/día.

Ahora bien, durante la etapa de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto, se prevé que los residuos sólidos. Estos residuos sólidos urbanos (RSU) generados por el personal que laborará en el frente de trabajo (residuos orgánicos e inorgánicos de los alimentos de trabajadores).

Los residuos de manejo especial que se espera generar el proyecto serán vegetal producto del desmonte, el cual será empleado en el mismo sitio como mejorador se suelo y en caso de exceder la cantidad requerida será dispuesta o donada para que se incorpore la materia orgánica al suelo, previa autorización de la autoridad municipal.

➤ **Envasado y almacenamiento**

Posterior a la identificación de los diversos residuos que sean generados en las diferentes áreas del proyecto, en sus diferentes etapas de desarrollo, se procederá al envasado de

---

los residuos, en bolsas de plástico, y serán colocados en recipientes adecuados y debidamente tapados para tal fin.

Para el manejo de los residuos generados como resultado del consumo de alimentos, se contará con contenedores debidamente rotulados para la separación de los residuos orgánicos e inorgánicos, considerando a estos de la siguiente manera:

- Orgánicos: Desechos de comida y de materias primas para la preparación de la misma.
- Inorgánicos: Vidrio, plástico, aluminio y cartón.

Los contenedores contarán con una tapa, a fin de evitar la emisión de malos olores y la presencia de fauna nociva (primordialmente roedores y moscas).



**Figura VII.21 Diferentes tipos de recipientes para residuos.**

Fuente: [http://www.bvsde.paho.org/cursoa\\_reas/e/modulo2.html](http://www.bvsde.paho.org/cursoa_reas/e/modulo2.html)

Se habilitarán zonas cercadas destinadas al almacenamiento de residuos sólidos no peligrosos y escombros que se generen en la fase de preparación del sitio y construcción, tales como fierro, madera no contaminada y otros.

Las áreas de almacenamiento de residuos deberán tener las siguientes características:

- a) Estar separadas de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados;

- b)** Estar ubicadas en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones;
- e)** Contar con pasillos que permitan el tránsito de equipos mecánicos, eléctricos o manuales, así como el movimiento de grupos de seguridad y bomberos, en casos de emergencia;
- f)** Contar con sistemas de extinción de incendios y equipos de seguridad para atención de emergencias, acordes con el tipo y la cantidad de los residuos peligrosos almacenados;
- g)** Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos almacenados; en lugares y formas visibles.
- h)** El almacenamiento debe realizarse en recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios, y
- i)** La altura máxima de las estibas será de tres tambores en forma vertical.

En el caso de los residuos no peligrosos, podrán ser almacenados dentro del mismo almacén temporal de residuos peligrosos con la estricta separación y envasado, de tal manera que no haya mezcla de residuos peligrosos con los residuos no peligrosos.



**Figura VII.22. Ilustración de almacén temporal de residuos peligrosos y no peligrosos.**



Fuente: <http://www.tirsohym.com/servicios/gestion-de-residuos-peligrosos>

El responsable asignado para la recolección interna de residuos será quien conduzca o traslade los residuos que sean generados en las diversas áreas hacia el almacén temporal deberá contar con el equipo de protección necesario como es overol o uniforme de trabajo, zapatos tipo industrial, guantes, cubrebocas, y en el caso de maneja residuos líquidos deberá de contar con lentes de protección o careta que proteja en su totalidad la cara del personal operativo.



**Figura VII.23. Ejemplo de equipo de protección.**

Fuente: <http://www.petramas.com/el-trabajador-de-petramas-cuenta-con-proteccion-segura/>

El responsable asignado para el control de entrada y salida de los residuos del almacén temporal, llevará un registro mediante una bitácora, en donde se manifieste la cantidad, tipo de residuos que sean generados, área proveniente, peso en kg, o litros en el caso de residuos líquidos. Lo anterior con objeto de evidenciar que todos los residuos que sean generados serán conducidos y almacenados temporalmente, hasta que sean entregados a

la empresa recolectora contratada para la recolección, transporte y disposición final de residuos.

En relación al manejo interno de los residuos generados por el proyecto, se resume en los siguientes puntos:

- Minimizar la generación de residuos y asegurar un manejo integral de los residuos durante todas las fases de desarrollo del proyecto.
- Establecer las instrucciones y requisitos para una correcta separación, almacenamiento y eliminación/entrega de los residuos generados en todas las etapas del proyecto.

La gestión de residuos se realizará conforme a las leyes ambientales locales aplicables. El proceso incluye las siguientes etapas que serán seguidas por el personal correspondiente.

- Separación de residuos generados por tipo: con el objetivo de reciclar, tanto como sea posible, aquellos residuos susceptibles de ello, sin mezclar residuos no peligrosos y peligrosos. Se dispondrán de contenedores específicos para cada tipo de desecho.
- Embalaje, etiquetado y almacenamiento en contenedores: para evitar accidentes y mantener una política de lugar de trabajo seguro, además de garantizar un óptimo manejo de los residuos generados.
- Registro de disposición del residuo: llevar un control de los residuos generados así como de los reciclados.
- Entrega de residuos a las empresas especializadas en su confinamiento y disposición, con lo que se asegura que se cumplan todas las normas en cuanto a disposición de residuos.

Se pretende enfocar el principio 3R: Reducir, Reutilizar y Reciclar.

La limitación de la cantidad de material enviado para su eliminación tiene un impacto positivo en medio ambiente y costos. Prevenir y minimizar la generación de residuos, son

la máxima prioridad para el desarrollo del proyecto. La reutilización o reciclaje de los residuos es la segunda prioridad (es decir, reutilización de botellas de vidrio, embalajes, etc.). Por último y después de la minimización y reciclaje, la recuperación de energía es preferible en lugar de disposición final.

#### ❖ Fase Externa

La fase externa del manejo de residuos comprende la recolección propiamente externa, tratamiento y/o disposición final de los residuos.

##### ***A. Recolección externa y disposición final.***

Los residuos sólidos de tipo urbano generados en las etapas de construcción, operación y abandono, serán almacenados en forma temporal en bolsas plásticas dentro de contenedores herméticamente sellados. Estos residuos serán retirados en forma periódica por una empresa especializada y acreditada por el municipio, quien se encargará de su disposición final. Ésta será la responsable del servicio completo, ya sea desde facilitar el o los contenedores para su disposición temporal en obra, hasta su retiro, traslado periódico, transporte y depósito final.



**Figura VII.24 Recolección externa de residuos sólidos.**

Fuente: <http://vitecin.com/services.html>

Las unidades recolectoras conducirán tanto los residuos sólidos urbanos, como residuos de manejo especial al sitio o sitios de disposición final debidamente autorizados por el municipio, o en su caso de reciclaje, serán trasladados a los centros de acopio para el caso de residuos que serán reciclados, o bien a las instalaciones donde se les dará un tratamiento específico.



**Figura VII.25 Ejemplo de sitios de disposición final de residuos sólidos**

Fuente : <http://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/minam-convoca-licitacion-para-la-construccion-de-infraestructura-de-disposicion-final-de-los-residuos-solidos-en-huamanga/>



**Figura VII.26. Ejemplo de Centros de Acopio.**

Fuente: <http://alternativa-verde.com/2013/09/16/autogestion-de-residuos-por-vecinos-el-ejemplar-caso-de-el-chalten/>

### **VII.9.3.3. Indicadores de realización o cumplimiento**

A continuación se presentan los indicadores que serán empleados para evaluar la correcta aplicación del Programa de Manejo Integral de Residuos y por tanto su eficiencia, asimismo, se indican cuáles serán las evidencias de cumplimiento que deberán ser recabadas.

#### **a) Separación de los residuos**

- ✓ Indicador: Correcta separación de los residuos, de acuerdo a las clasificación descrita anteriormente.
- ✓ Evidencia de cumplimiento: Informe fotográfico y bitácora de registro.

#### **b) Limpieza de las áreas**

- ✓ Indicador: Ausencia total de Residuos.
- ✓ Evidencia de cumplimiento: Informe fotográfico.

#### **c) Recolección**

- ✓ Indicador: Recolección en las fechas programadas. En el caso de residuos peligrosos manifiestos de transporte recolección. En el caso de residuos de manejo especial, recibos entregados por los transportistas.
- ✓ Evidencia de cumplimiento: Informe fotográfico, bitácora de registro, manifiestos de entrega-recepción de los residuos.

#### **d) Personal**

Se recomienda que se designe a una persona como responsable del manejo de los residuos, incluyendo la fabricación de composta.

### **VII.9.3.4. Calendario de comprobación**

La generación de residuos sólidos será todos los días durante las horas de jornada, durante la etapa constructiva u operativa del proyecto. Evidentemente, durante la etapa constructiva, se estima una mayor generación de residuos sólidos, que en la etapa operativa. Por lo que, el registro de comprobación de manejo de residuos podrá ser la bitácora de registro del almacén temporal y éste deberá ser de forma diaria.

#### **VII.9.3.5. Puntos de comprobación**

En particular para evidenciar un manejo adecuado de los residuos en la fase interna, el punto de comprobación será el Almacén Temporal de Residuos.

Otro punto de comprobación, es el manifiesto o documento de entrega-recepción por parte de la empresa contratada para la recolección de residuos, misma que será la responsable en transportar los residuos sólidos al sitio de disposición final autorizado por el municipio.

#### **VII.9.3.6. Medidas de urgente aplicación**

Remediación del sitio, que y estará en función de lo que la autoridad ambiental determine conforme al daño ambiental ocasionado.

#### **VII.9.4. Subprograma de manejo de residuos peligrosos**

La LGPGIR establece que los residuos peligrosos *son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio.*

Los diferentes tipos de residuos peligrosos que se prevé que serán generados durante todas las etapas de desarrollo del proyecto serán identificados previamente, para después ser envasados, etiquetados y posteriormente almacenados temporalmente en contenedores de plástico o metálico según corresponda, en el sitio específicamente para su almacenamiento temporal, con la finalidad de ser entregados periódicamente a una compañía externa con autorización para su transporte, manejo y disposición final.

#### **VII.9.4.1. Objetivos**

Ofrecer una serie de acciones para tener un control y un manejo adecuado de los residuos peligrosos que genere el proyecto durante sus diferentes etapas.

#### **VII.9.4.2. Estrategias (medidas específicas)**

##### **a) Fase interna**

##### **➤ Identificación de los residuos**

Es importante señalar que durante la ejecución de las actividades para la realización de las diferentes obras del proyecto no se generarán residuos peligrosos de forma regular, sin embargo, las actividades u operaciones relacionadas con mantenimiento incidental de equipo y maquinaria, transporte de combustible, pintura y acabados, y limpieza de construcciones o incidentes de derrames, pueden generar este tipo de residuos. En la siguiente tabla se presentan los residuos peligrosos que podrían llegar a generar el proyecto.

**Tabla VII.8. Residuos peligrosos.**

<b>Etapas del proyecto</b>	<b>Residuos generados</b>
Preparación del sitio y Construcción	Cartones con aceite
	Envases y tambores

Etapa del proyecto	Residuos generado
	Aceites
	Envases de pintura
	Estopas y trapos impregnados

A cada tipo de residuo identificado se le dará un manejo y disposición final diferenciada, lo cual dependerá del tipo de residuo (solvente, aceite, estopa impregnada aceite y pintura) y su fuente generadora (mantenimiento a vehículos, equipo y maquinaria, etc.).



**Figura VII.27 Identificación, separación y envasado de residuos peligrosos.**

Fuente: [http://antoniopreencionexperto.mex.tl/1360823\\_decreto-supremo-148.html](http://antoniopreencionexperto.mex.tl/1360823_decreto-supremo-148.html)

### ➤ **Envasado y almacenamiento**

Durante la etapa de construcción se deberán destinar espacios exteriores para el adecuado almacenamiento temporal y seguro de los residuos peligrosos, previo a su entrega a empresas autorizadas para traslado y disposición final; asimismo estos sitios



cumplirán con las disposiciones de los artículos 14 al 17 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en esta materia.

Para disminuir los riesgos de derrames, en estos sitios todos los contenedores donde se almacenen temporalmente los residuos peligrosos deberán estar en recipientes contenedores.

Para el ingreso al almacén de los residuos peligrosos, independientemente del estado físico, se deberá asegurar que se reciba con las hojas técnicas correspondientes perfectamente envasado y etiquetado con el rombo de grado de riesgo a la salud, para su registro y control en una bitácora (nombre del material, peso total y fuente de origen).

Para el almacenamiento temporal de sustancias peligrosas en exteriores durante procesos constructivos, a continuación se ejemplifican las especificaciones a cumplir para el sitio de almacenamiento temporal correspondiente, las cuales son las siguientes:

- ✓ Contar con canal o fosa de contención, malla o muros y techos donde sea requerido.
- ✓ Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos que ahí se almacenan en lugares y formas visibles, así como extintores en buenas condiciones.
- ✓ Estar separado de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de productos o materias primas.
- ✓ Estar ubicado en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones.

El almacenamiento máximo de los residuos peligrosos será de seis meses a partir de su generación, por tal motivo la frecuencia de recolección estará en función de lo antes citado, así como de la cantidad generada a fin de que sea económicamente factible su recolección por una empresa debidamente autorizada por la autoridad.



**Figura VII.28. Almacén temporal de residuos peligrosos.**

Fuente: <http://sds.uanl.mx/residuos-peligrosos-rp/>

**a) Acciones a considerar en el manejo de residuos peligrosos:**

En lo referente al manejo y control de grasas, aceites, combustibles e hidrocarburos utilizados en la maquinaria pesada, así como en camiones de volteo; estas actividades se realizarán en talleres autorizados dentro del municipio correspondiente, por lo cual este tipo de materiales no serán manejados en el terreno del proyecto.

En caso de derrame accidental de aceite o algún otro tipo de combustible se procederá a contenerlo con material de la región, para posteriormente ser almacenado en un contenedor con tapa y ser trasladado al sitio que indique la autoridad competente.

Para el manejo y disposición final de residuos peligrosos se contratará una empresa debidamente autorizada y acreditada para tal fin.

***Minimizar el uso de productos peligrosos y almacenamiento seguro para reducir riesgos***

- ✓ Para reducir el tiempo de almacenamiento, revisar rutinariamente la fecha de los materiales para evitar que caduquen en almacén y desechar el excedente de materiales cada 6 meses.
- ✓ Evitar el máximo el uso de productos corrosivos, reactivos, tóxicos o inflamables. El uso de estos materiales puede generar residuos peligrosos.

- ✓ No almacenar grandes cantidades de materiales peligrosos. Comprarlos en cantidades que se usen rápidamente.

Durante la preparación y construcción el mantenimiento de los vehículos se llevará a cabo en un taller mecánico especializado fuera del sitio o del predio, por lo que la generación de residuos peligrosos será mínima. Sin embargo, la posibilidad de que ocurra algún derrame de combustible está latente, por lo que los posibles residuos peligrosos que generen serán manejados de acuerdo con lo establecido en la Ley (LGPGIR), su reglamento y la norma NOM-052-SEMARNAT-2005.

Asimismo, durante el mantenimiento en la etapa de operación se generarán principalmente trapos impregnados con grasas y residuos metálicos, que serán manejados de acuerdo con lo establecido en la LGPGIR, su reglamento y la norma NOM-052-SEMARNAT-2005. Posteriormente los residuos peligrosos serán recolectados por una empresa autorizada por SEMARNAT y SCT para su manejo y disposición final como más adelante se detalla.

No se prevé una mayor generación de residuos pues en caso de ser necesario mantenimiento mayor, los paneles pueden ser desmontados y enviados a mantenimiento con el proveedor.

#### ***Diseñar y colocar letreros relacionados al manejo de desechos***

- ✓ Colocar letreros en sitios estratégicos que indiquen el sitio de colecta de desechos más cercana.
- ✓ Marcar los contenedores de reciclaje indicando claramente qué deben contener, utilizando un código de colores o algún sistema de fácil identificación.
- ✓ Indicar que los contenedores de residuos peligrosos únicamente los maneja el personal autorizado.

Fomentar el intercambio de excedentes de pintura, thinner, barnices, etc., entre usuarios. Para facilitar este tipo de actividad, tener un pizarrón en el que las personas puedan poner sus anuncios de material que requieren o que les sobra.

En esta fase de manejo de residuos se ven involucradas empresas prestadoras de servicio para su recolección, traslado y disposición final de residuos.

## **b) Fase externa**

La fase externa del manejo de residuos comprende la recolección propiamente externa y disposición final de los residuos.

### **A. Recolección externa y transporte**

Una vez que los residuos peligrosos sean envasados y almacenados temporalmente dentro de las instalaciones del proyecto, tal como se especifica en la legislación y normatividad en materia ambiental, posteriormente la empresa prestadora de servicio debidamente acreditada, recolectará y transportará los residuos peligrosos en vehículos autorizados para su tratamiento o en su caso para el confinamiento de los residuos peligrosos.

En la recolección externa de los residuos peligrosos se deberá verificar lo siguiente:

- ✓ Los residuos deberán estar debidamente etiquetados y envasados.
- ✓ Contar con un Plan de contingencias.
- ✓ Contar con el personal debidamente capacitado para la recolección y transporte de residuos.
- ✓ Generar el manifiesto de generador de residuos peligrosos indicando el volumen de residuos que serán recolectados.

- ✓ Observar las características de incompatibilidad de los residuos peligrosos para ser transportados.



Figura VII.29. Recolección externa de residuos peligrosos.

Fuente: <http://www.descont.com.co/recoleccion.html>



Figura VII.30. Transporte de residuos peligrosos.

Fuente: <http://www.periodicoeleco.com/?cat=7>

## B. Tratamiento y/o disposición final (confinamiento).

El tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos estará asignado a una empresa contratista contratado para tal fin. Dicha empresa estará debidamente acreditada para la ejecución del manejo de residuos.

#### **VII.9.4.3. Indicadores de cumplimiento del programa**

- ✓ Medidas previstas para el manejo y disposición temporal de residuos peligrosos.
- ✓ Relación y estimación del volumen de residuos peligrosos generados.
- ✓ Registro del retiro del sitio del proyecto y disposición final de los residuos peligrosos, por empresas o instituciones autorizadas.

#### **VII.9.4.4. Calendario de comprobación**

De las estrategias establecidas como son el envasado y almacenamiento temporal de los residuos peligrosos, el período de comprobación para definir un manejo adecuado de los residuos, deberá ser quincenal o mensual. Es decir la frecuencia de generación de residuos peligrosos será mucho menor en comparación con la frecuencia de generación de residuos no peligrosos, ya sea en la etapa constructiva u operativa del proyecto. Por lo que, el registro de comprobación de un manejo adecuado de residuos peligrosos podrá ser la bitácora de registro del almacén temporal y éste deberá ser de forma quincenal o mensual.

#### **VII.8.4.1. Puntos de comprobación**

Para evidenciar un manejo adecuado de los residuos peligrosos durante la fase interna, el punto de comprobación es el Almacén Temporal de Residuos. En dicho sitio se podrán visualizar el envasado y etiquetado de residuos peligrosos.

El personal asignado como responsable de almacén temporal deberá llevar a cabo un registro y control de la entrada y salida de los residuos peligrosos mediante una bitácora, cuyo registro deberá contener mínimo, fecha de ingreso al almacén, tipo de residuos, cantidad y área generadora.

Otro punto de comprobación será el manifiesto de entrega-recepción de los residuos peligrosos a la empresa especialista, debidamente acreditada y contratada para la recolección, tratamiento y/o confinamiento de los residuos peligrosos.

#### **VII.8.4.2. Medidas de urgente aplicación**

El Art. 148 del Reglamento de la LGPGIR hace mención de las acciones que deben de acatarse durante la aplicación de las medidas de urgencia inmediatamente después de ocurrida la emergencia, y en los criterios que deberán acatarse durante la ejecución de la remediación (Art 149 del mismo Reglamento). El artículo 149 da una orientación específica a la calidad de servicios que deberán prestarse durante la remediación de sitios contaminados.

Ahora bien, es importante hacer notar que el artículo 85 del Reglamento de la Ley en comento, se establece que quienes presten servicios de recolección y transporte de residuos peligrosos deben cumplir entre otros con lo siguiente:

*II. Contar con un plan de contingencias y el equipo necesario para atender cualquier emergencia ocasionada por fugas, derrames o accidentes.*

Por lo anterior, la empresa involucrada en el transporte de residuos peligrosos incorporarán en sus programas de prevención y respuesta a accidentes lo que proceda para determinar las características de la contaminación provocada en cada caso y sitio, así como las medidas para contener y limpiar el derrame, fuga o vertimiento accidental de los mismos. Cabe señalar que, el promovente por su parte se compromete a vigilar el manejo y atender las emergencias que ocurran durante los procesos mismos del desarrollo del proyecto, una vez que los residuos sean entregados a la empresa dedicada a la recolección y transporte, cualquier emergencia deberá de ser atendida por la empresa correspondiente.

En caso de generarse durante el desarrollo del proyecto una emergencia por algún derrame accidental, se llevarán a cabo acciones de remediación de sitios contaminados. Estas acciones de remediación son acciones para eliminar o reducir los contaminantes hasta un nivel seguro para la salud y el ambiente o prevenir su dispersión sin modificarlos.

El indicador que permitirá identificar si se han logrado la remediación del sitio hasta alcanzar los niveles de limpieza previstos en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.

Cabe señalar que las acciones de remediación del suelo, será llevado a cabo algún prestador de servicios de tratamientos de suelos contaminados autorizados.

### ***Acciones ante emergencias***

En caso de ocurrir algún derrame, filtraciones, descargas o vertidos accidentales de materiales peligrosos y que no sean mayores a un m<sup>3</sup>, las acciones que se realizará serán las siguientes:

- Minimizar o limitar su dispersión
- Retirar el material o residuos
- Realizar la limpieza del sitio
- Anotar el incidente en sus bitácoras

En caso de que ocurra un derrame, infiltración, descarga o vertimiento de materiales o residuos peligrosos que excedan un volumen de suelo contaminado de un m<sup>3</sup>, se realizarán las siguientes acciones:

- Contener los materiales o residuos liberados, minimizar o limitar su dispersión, retirarlos y realizar la limpieza del sitio.
- Avisar de inmediato a la PROFEPA y a las autoridades competentes que ocurrió el accidente.
- Ejecutar las medidas de seguridad que les hubieren impuesto las autoridades.



- Iniciar trabajos de caracterización del sitio contaminado y realizar las acciones de remediación correspondientes.

Ahora bien, en caso de una emergencia ambiental, lo que estará prohibido será lo siguiente:

- El lavado de suelos en el sitio por medio de dispositivos hidráulicos sin dispositivos de control, almacenamiento y tratamiento de los lixiviados y corrientes de agua generadas.
- La mezcla de suelos contaminados con suelos no contaminados con propósitos de dilución.
- La extracción o remoción de suelos contaminados y residuos peligrosos contenidos en ellos sin un control de la emisión de polvos.
- La aplicación en el sitio de oxidantes químicos.

Finalmente, se llevará a cabo una bitácora donde se lleve un control de sucesos de emergencia y de los procesos de remediación aplicados. El formato de la bitácora se ajustará según el Reglamento de la LGPGIR.

#### **VII.9.5. Subprograma de manejo de residuos de manejo líquidos**

El presente programa atiende el manejo de las aguas residuales generadas durante la preparación del sitio y construcción del proyecto para minimizar el impacto por la generación de los mismos.

El proyecto no generará aguas residuales como parte de su operación, salvo el agua sanitaria de los servicios relacionados al personal como duchas, comedor y baños. Debido a la inexistencia de drenaje en la zona, las aguas sanitarias serán colectadas en fosas prefabricadas y retiradas mediante una empresa autorizada para su manejo y disposición final de forma adecuada.

Las características de las aguas residuales corresponden a aguas sanitarias de tipo doméstico. Estas serán manejadas dentro de sanitarios químicos. Después de algunos meses de operación se desazolvarán los tanques mediante una empresa especializada y autorizada para el manejo y disposición de estos residuos.

Por tanto, el proyecto no tendrá descargas a cuerpos de agua o drenaje sanitario municipal.

#### **VII.9.5.1. Objetivos**

Los objetivos que contempla la implementación de este Subprograma son los siguientes:

- ✓ Identificar y utilizar la mejor infraestructura sanitaria disponible para el manejo de aguas residuales.
- ✓ Establecer acciones para el manejo adecuado de los residuos líquidos que genere el proyecto.

#### **VII.9.5.2. Estrategias (medidas específicas)**

##### **Etapas de preparación del sitio y construcción**

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción se generarán aguas residuales, por lo que se emplearán sanitarios portátiles los cuales estarán contratados mediante una empresa especializada y debidamente autorizada que se encargará de darles la limpieza y el mantenimiento correspondiente, al menos cada tercer día; así mismo se encargará del manejo y traslado de los desechos orgánicos generados.



**Figura VII.31. Sanitarios portátiles para el control de residuos líquidos de tipo sanitario.**

Fuente: <http://urinariosportatiles.es/>

Se colocarán suficientes sanitarios portátiles a razón de una por cada 15 trabajadores, las cuales deberán ser colocadas a una distancia no mayor de 50 metros una de la otra.

Para el cumplimiento de los objetivos anteriormente planteados se considera la ejecución de supervisión para que los trabajadores hagan uso de los sanitarios portátiles ubicados dentro del predio, y la supervisión durante la fase de operación para que los residuos líquidos de los sanitarios y los servicios de contención sean retirados de manera oportuna. De tal forma que esta infraestructura implementada será de forma temporal.

#### **VII.9.5.3. Indicadores de cumplimiento del programa**

Se evaluarán diariamente:

- ✓ Las acciones para prevenir accidentes de contaminación en la zona por residuos líquidos o por su mala disposición de los mismos.
- ✓ Las acciones previstas para el manejo y disposición final de los residuos líquidos que se generen.
- ✓ La relación y estimación del volumen de residuos líquidos generados.

#### **VII.9.5.4. Calendario de comprobación**

La verificación o comprobación de las medidas establecidas será de manera diaria. Con la finalidad de verificar que estén funcionando y operando adecuadamente tanto los sanitarios portátiles, así como el manejo de los residuos provenientes de las áreas de trabajo y su disposición final.

#### **VII.9.5.5. Puntos de comprobación**

Para asegurar el cumplimiento de los lineamientos de estos procedimientos, se efectuarán de manera periódica recorridos de verificación, y en caso de encontrar áreas de oportunidad, se documentaran los hallazgos en el formato correspondiente, con la finalidad de que se tomen las medidas correctivas y preventivas respectivas para evitar su ocurrencia, al cual se le dará seguimiento hasta garantizar que los hallazgos fueron atendidos en forma.

#### **VII.9.5.6. Medidas de urgente aplicación**

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción, la empresa responsable contratada para la instalación y operación adecuada de los sanitarios portátiles, contará con un Plan de emergencia para la limpieza y desinfección, así como el retiro de los residuos en el caso de algún accidente o derrame inesperado de residuos líquidos, toda vez que será contratada para la colecta, tratamiento y disposición final de residuos líquidos a fin de prevenir la contaminación al medio ambiente. En el caso del resto de los residuos líquidos generados durante la construcción, operación y mantenimiento, tal y como se señaló en los párrafos anteriores, los residuos serán descargados a la red de alcantarillado para su posterior manejo en la planta de tratamiento del municipio. Sin embargo, en caso de cualquier contingencia el promovente del proyecto contará con el personal especializado para la contención y manejo de los residuos líquidos.

# CAPÍTULO VIII

PRONOSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS



## Contenido

VIII. PRÓNOSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	2
VIII.1 Situación actual (línea base).....	6
VIII.2 Proyecto y medidas de mitigación .....	6
VIII.3 Escenarios.....	7
VIII.4 Comparación de los escenarios y conclusiones .....	16

## **VIII. PRÓNOSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS**

En el presente capítulo se plantean los diversos escenarios para el área donde se pretende desarrollar el proyecto; en este sentido, es necesario entender que un escenario se considera a la descripción provisoria y exploratoria de un futuro probable. También se puede definir como un retrato significativo y detallado de un admisible, recomendable, coherente, mundo futuro. En él se pueden ver y comprender claramente los problemas, amenazas y oportunidades que tales circunstancias pueden presentar. Los escenarios describen eventos y tendencias, y cómo éstas pueden evolucionar en tiempo y espacio (Firmenich, 2009).

Bajo esas consideraciones, el desarrollo de los escenarios permitirá prever las posibles afectaciones que se tendrían sobre los recursos naturales, con y sin la presencia del proyecto en caso de ser autorizado, permitiendo comparar las condiciones ambientales actuales y posteriores a la ejecución del mismo. Para ello se compara la situación ambiental existente con la que se espera generar como consecuencia de la implementación del proyecto, por lo que la línea base (condiciones iniciales del SAR y área del proyecto), constituye una fuente de información primordial (descrita en el Capítulo IV) para determinar los impactos ambientales esperados por la ejecución del proyecto.

En este sentido, y una vez caracterizada la línea base del SAR y área del proyecto, identificados los impactos ambientales que ocasionará el mismo y establecidos los programas, medidas y acciones de prevención, mitigación y/o compensación, se podrán plantear los diversos escenarios para el área en donde se pretende realizar el presente proyecto.

Por otro lado, se tiene que el carácter significativo de los impactos ambientales es un elemento determinante para la elaboración de los pronósticos, ya que la significancia de

los mismos es proporcional a las alteraciones que causan en los componentes ambientales, por lo que se tendrá especial atención en aquellos de carácter irreversible e irrecuperable.

En este sentido, interpretar o predecir el comportamiento de las acciones a futuro o construirlo, de acuerdo a perspectivas, resulta un tanto complicado. Sin embargo, existen métodos para la formulación de escenarios, como los pronósticos cualitativos y cuantitativos, estudios prospectivos, la simulación, modelos causales, entre otros, que nos proporcionan indicios de lo que podría esperarse para un tiempo posterior derivado de una acción (la ejecución del proyecto en el caso que nos ocupa), lo anterior con el objetivo de pronosticar escenarios coherentes, y acordes a las implicaciones que puede ocasionar la implementación del proyecto (Vergara C., Maza F. y Fontalvo T., 2010).

Siendo así, los escenarios se pueden clasificar de la siguiente manera:

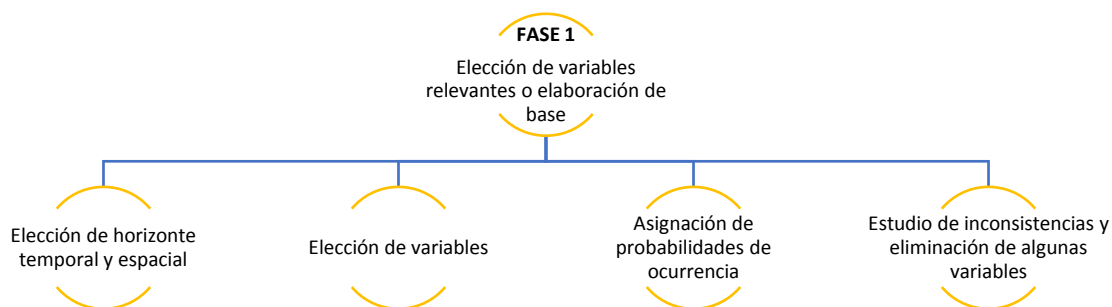
- Escenarios posibles: son todos aquellos escenarios que se puedan imaginar sin importar si su probabilidad de ocurrencia es alta o baja.
- Escenarios realizables: son los escenarios cuya ocurrencia es factible, teniendo en cuenta las restricciones del sistema de estudio.
- Escenarios deseables: son los escenarios a los que los actores desean llegar, también pueden ser calificados como escenarios más convenientes. Forman parte de los escenarios posibles y no necesariamente son realizables.

De acuerdo a Ogayar, 2001, el método de escenarios consta de dos fases que a continuación se mencionan:

- Elección de variables relevantes o elaboración de base: En esta etapa se trata de identificar las variables y de realizar la selección adecuada de los factores que pueden influir en el estudio prospectivo.



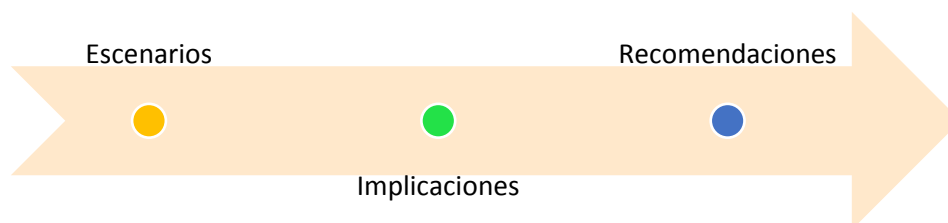
- Elección de horizonte temporal y espacial: Se refiere a la elección del periodo considerado como futuro, así como el ámbito territorial en el que se desarrollará la acción.
- Elección de variables: Se elegirán los fenómenos o factores que puedan tener una mayor incidencia en nuestro estudio.
- Asignación de probabilidades de ocurrencia: Existen dos tipos de probabilidades, la de ocurrencia consiste en señalar la posibilidad de que la variable considerada llegue a presentarse y la probabilidad de importancia consiste en indicar el grado de relevancia que tiene la variable en cuestión.
- Estudio de inconsistencias y eliminación de algunas variables: Por inconsistencia se entiende una relación entre variables que no puede existir. En el caso de encontrarse una inconsistencia se deberán de eliminar las variables que la crean.



**Figura VIII.1. Fase 1 del método de escenarios.**

- Elaboración de escenarios: a partir de la elección de las variables relevantes, seleccionadas en el punto anterior, se procede a la creación de escenarios.

Posteriormente se describen las implicaciones de cada uno de los escenarios y se realizan una serie de recomendaciones en base a cada uno de ellos.



**Figura VII.2. Fase 2 del método de escenarios.**

Una vez mencionado lo anterior, gran parte del método de escenarios ha sido completado, de forma involuntaria, a lo largo de este DTU de la siguiente manera:

**Tabla VII.1. Capítulos del DTU que alimentan el método de escenarios.**

Fase 1 del método de escenarios	Capítulo del DTU
Elección de horizonte espacial y temporal	II y IV
Elección de variables	IV y V
Asignación de probabilidades	V
Estudio de inconsistencias	V
Fase 2 del método de escenarios	Capítulo del DTU
Escenarios	V
Implicaciones	V
Recomendaciones	VII

Por lo anterior, en este capítulo se complementará la información necesaria para la correcta aplicación del método de escenarios, con la finalidad de encontrar **el escenario más deseable y realizable** para la ejecución del proyecto descrito en este DTU.

### **VIII.1 Situación actual (línea base)**

Los municipios en donde se pretende desarrollar el proyecto (Muna, Sacalum y Ticul), muestran una diversidad de ecosistemas tales como, vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia y vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia y subcaducifolia, así como áreas perturbadas derivadas de actividades antropogénicas, asentamientos humanos, centros de población, agricultura, así como infraestructura urbana (vías de comunicación).

Por otra parte, la vegetación presente en el sitio del proyecto es de tipo secundaria de selva baja y mediana caducifolia y algunas áreas con uso de suelo de agricultura.

Respecto a la fauna, se tiene que en el SAR, las clases más abundantes son las aves, seguida de reptiles y finalmente mamíferos. Existe mayor información acerca de la descripción actual del sistema ambiental regional en el capítulo IV de este documento.

### **VIII.2 Proyecto y medidas de mitigación**

Previo a la descripción de los escenarios previstos por el desarrollo del proyecto, cabe indicar que éste consiste en la instalación de una planta fotovoltaica para la generación, transformación y distribución de energía eléctrica a partir de la captación de energía solar mediante paneles fotovoltaicos. Para mayor detalle de las obras revisar el Capítulo II del presente DTU.

Las etapas que contempla este proyecto son preparación del sitio, construcción y operación y mantenimiento. En la etapa de preparación del sitio se llevaran a cabo desmontes, despalmes, cortes y excavaciones. En la etapa de construcción se cimentará la estructura de soporte para los paneles fotovoltaicos y obras asociadas y caminos internos entre otros (se puede encontrar mayor información acerca de la descripción del proyecto en el Capítulo II de este DTU).

Derivado del desarrollo del proyecto se prevé la generación de impactos ambientales (descritos en el Capítulo V), por lo que se implementaran una serie de medidas de prevención y mitigación, incorporadas en diferentes programas, tales como:

- Programa de Supervisión y Gestión Ambiental.
  - Programa de Difusión y Educación Ambiental.
  - Programa de Manejo de Fauna.
  - Programa de Manejo de Flora.
  - Actividades de compensación por el Cambio de Uso de Suelo.
  - Programa de Manejo Integral de Residuos.
  - Estrategias adicionales

### **VIII.3 Escenarios**

En este apartado se describen las tendencias de los componentes ambientales (suelo, atmosfera, flora, fauna y paisaje) con base a tres escenarios:

- Escenario sin proyecto (situación actual o línea base).
- Escenario con proyecto sin medidas de mitigación.
- Escenario con proyecto con medidas de mitigación.

## Suelo

<b>Descripción y análisis del escenario sin proyecto</b>
<p>Los tipos de suelo que predominan dentro del SAR son rendzinas con etapa lítica (90%), y el restante son luvisoles y litosoles, caracterizados por ser suelos jóvenes poco desarrollados. Respecto al área del proyecto se encontró que el 100% son rendzinas; el principal suministro de este tipo de suelo proviene de las partes altas (Sierrita de Ticul). Por otro lado, la susceptibilidad de erosión dentro del SAR y área del proyecto es variable (nula a ligera, menor a 30 tons/ha/año), debido a que se encuentra dentro de una planicie con ondulaciones, por lo que en algunos de los sitios los suelos son más profundos, lo que conlleva a una menor erosión que en sitios en donde las profundidades son menores.</p> <p>En este escenario, no se considera una afectación adicional a la causada de forma natural por factores hidrometeorológicos, actividades de aprovechamiento (agropecuarias), e inercia del crecimiento demográfico (cambios de uso de suelo, abandono de actividades en campo, construcción de infraestructura carretera, etc.), por lo que la tendencia a la erosión estará determinada en función de la frecuencia e intensidad de dichos factores.</p>
<b>Descripción y análisis del escenario con proyecto</b>
<p>La implementación del proyecto traerá consigo una inminente modificación a la estructura y calidad del suelo, por lo que esta se verá modificada dentro de las diferentes etapas (preparación del sitio, construcción y operación y mantenimiento).</p> <p>Se prevé primeramente tener pérdida de suelo, consecuencia del desmonte y despalme. Asimismo, las excavaciones, el desplante de obras y el movimiento de vehículos y de maquinaria pesada en las etapas de preparación del sitio y construcción, expondrá al suelo a los frecuentes procesos de intemperismo y compactación (uso de maquinaria y vehículos), lo que traerá consigo una mayor erosión y menos infiltración respectivamente (manteniéndose la erosión dentro de nula a ligera, ver Capítulo IV).</p> <p>Respecto al manejo de los diferentes tipos de residuos (sólidos, líquidos y peligrosos), se puede ocasionar la contaminación del suelo, ya sea por derrame, lixiviación o acumulación. El mal manejo y disposición de los residuos representa un riesgo latente que afectara directamente la calidad del suelo.</p> <p>Dichos impactos (compactación, erosión y contaminación) al componente suelo son el resultado de la inexistencia de contenedores especiales para el manejo de residuos, falta de letreros y/o desconocimiento por parte del personal involucrado en la aplicación de medidas preventivas para la ejecución del proyecto, así como el mal manejo y mantenimiento inadecuado de la maquinaria a emplear.</p> <p>Dichos impactos, si bien se prevén dentro del área del proyecto, podrían inferir en el deterioro general y natural del SAR.</p>

**Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de prevención y mitigación**

Con el fin de prevenir, minimizar y mitigar los impactos negativos que traiga consigo la ejecución del proyecto, se plantea la implementación de diversos programas, medidas, estrategias y actividades.

Respecto a la pérdida de suelo (erosión) y compactación se prevé implementar actividades de restauración con motivo de cambio de uso de suelo, como es la reforestación, misma que estará en función de la disponibilidad de las áreas que cumplan con las características mínimas necesarias (ver Capítulo VII).

A través del programa de Manejo Integral de Residuos, se dará atención a todos los residuos generados en las diferentes etapas (líquidos, sólidos y peligrosos), apegándose a la legislación ambiental aplicable. Por lo que será necesario identificar los residuos de acuerdo a la normatividad y a su origen (orgánicos, inorgánico y de manejo especial), posterior a su identificación serán envasados y almacenados en recipientes adecuados (rotulados y tapados), dispuestos en zonas especiales y debidamente definidas, que cuenten con todas las medidas de seguridad (fosas de contención, muretes de contención, pisos impermeables y con pendiente, espacios para maniobrar, equipo contra incendios, señalamientos, entre otros), que prevengan cualquier tipo de incidente (derrame, dispersión, inflamación, etc.).

Así mismo, uno de los ejes principales de este programa consiste en el principio de Reducir, Reutilizar y Reciclar, minimizando la generación de residuos.

Por otro lado, se pretende que la recolección y disposición final de los residuos (líquidos, sólidos y peligrosos) sea realizada por una empresa especializada y acreditada por el municipio.

Mediante el programa de Difusión y Educación Ambiental, se pretende concientizar al personal involucrado en el desarrollo del proyecto, inculcando el respeto al valor ecológico y social de los ecosistemas, los bienes y servicios ambientales, los recursos naturales asociados, así como sus usos apropiados, enfatizando en el daño irreversible que su mal manejo ocasiona. Para dichos objetivos se pretende capacitar al personal para la aplicación y cumplimiento de la normatividad e instrumentos ambientales, así como las obligaciones ambientales que adquieren al formar parte del proyecto, por lo que se elaboraran folletos que contengan dicha información, que prevean la minimización de generación de residuos, platicas de concientización estableciendo las medidas de prevención, mitigación y/o compensación correspondientes a la etapa del proyecto, procedimientos de clasificación y manejo de los diferentes tipos de residuos, la colocación de señalamientos y rotulación de depósitos respecto al manejo y disposición de los residuos. Asimismo, el personal estará sujeto a vigilancia y se hará acreedor de sanciones en caso de no respetar el programa.

Con dichos programas, se prevé mitigar y en la medida de lo posible evitar la compactación, erosión y contaminación del suelo con base en las acciones referidas y debidamente detalladas en el capítulo anterior. Asimismo, dichos programas y actividades están previstas principalmente para el área del proyecto, sin

embargo su correcta ejecución traerá consigo beneficios que se verán reflejados a nivel del SAR, como son la conservación de suelo en el área a través de diversas medidas de conservación, un uso de suelo eficiente y responsable que promueve la conservación y respeto a través de sus programas y el mantenimiento de sitios aledaños conservados en donde se prevé la reubicación de la flora. En este sentido, si bien el proyecto considera una serie de impactos negativos, la correcta aplicación de sus programas, acciones, estrategias y medidas, no solo minimizan dichos impactos si no coadyuvan en la conservación de la zona y mantenimiento del SAR de una manera directa.

## Atmosfera

<b>Descripción y análisis del escenario sin proyecto</b>
<p>Dentro del SAR del proyecto existen centros de población dotados de infraestructura urbana, por lo que de manera cotidiana y permanente se desarrollan diferentes actividades antropogénicas (crecimiento y desarrollo de infraestructura, vivienda y comercio; aprovechamiento de recursos naturales; tránsito etc.), por lo que dichas actividades generan ruido, polvos y gases de combustión. Respecto al predio en cual se pretende la realización del proyecto, se encuentra colindando con la carretera Federal Muna-Ticul (MEXICO-188), por lo que el tránsito de vehículos es constante, en este sentido la circulación permanente de vehículos automotores generan ruido, polvos y gases de combustión.</p>
<b>Descripción y análisis del escenario con proyecto</b>
<p>La ejecución del proyecto en sus etapas de preparación del sitio y construcción, considera el uso de maquinaria pesada y vehículos automotores, por lo que se prevé que la emisión de gases, polvos y ruido modifiquen al componente atmosfera. Sin embargo, cabe mencionar que dichos impactos se prevén en un tiempo determinado y específico, considerados como corto plazo (etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto).</p> <p>Respecto a la etapa de operación y mantenimiento no se considera que el proyecto genere alguna emisión de ruido y de ser así, este sería únicamente al momento de realizar algún tipo de supervisión con vehículos automotores, sin embargo esta emisión de ruido será completamente integral a las características actuales de la zona, debido a su cercanía e interacción con infraestructura carretera.</p>
<b>Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de prevención y mitigación</b>
<p>Previo a la ejecución del proyecto, se pretende concientizar a todo el personal involucrado en su desarrollo, para lo cual se pretende llevar a cabo la implementación de diversas medidas, acciones y programas en relación a los impactos ambientales (emisión de gases, ruido y polvos) que pudiesen afectar al componente atmosférico.</p>

Respecto a la emisión de gases se dará cumplimiento a la normatividad referente a la emisión de contaminantes que generen los vehículos y maquinaria a emplear en las diferentes etapas del proyecto. Atendiendo a la NOM-041-SEMARNAT-2015. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible. Así como a la NOM-045-SEMARNAT-2006 referente a la opacidad de humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diésel o mezclas que incluyan diésel como combustible. Esto se deberá observar en los vehículos que se utilicen en la zona del proyecto cuyo combustible sea diésel.

Para dar atención a la emisión de polvos, que se generan durante las actividades que se realizan en la ejecución del proyecto (despalme, desmonte, cortes, excavaciones, movimiento de maquinaria), se prevé implementar diferentes acciones para mitigar y minimizar este impacto a la contaminación atmosférica, en este sentido se considera realizar las actividades de desmonte y despalme de manera ordenada y paulatina evitando mantener el suelo desnudo o expuesto, los vehículos que transporten materiales deberán de estar cubiertos y preferentemente el material a transportar deberá estar húmedo. Asimismo, los frentes de trabajo contarán con un sistema de riego. Por otro lado, en la salida de vehículos se deberá contar con un sistema de limpieza con el fin de evitar el arrastre de material depositado en las llantas.

Referente a la emisión de ruido, se contará con un programa de mantenimiento de los vehículos y maquinaria a emplear, con el fin de que se apege a la NOM-080-SEMARNAT-1994. Asimismo, el uso de maquinaria que así lo requiera, se le instalarán filtros de ruido y el escape de los vehículos se mantendrá cerrado, el tránsito de vehículo en la medida de lo posible se pretende que sea en horas de poco tránsito y se contará con límites de velocidad y señalización.

Respecto a los trabajadores y de ser necesario como medida preventiva contarán con tapones auditivos, asimismo cuando la maquinaria que operan no esté en funcionamiento deberán de apagar el equipo.

Con el fin de dar cumplimiento a la normatividad se realizarán monitoreos periódicos en atención a las partículas suspendidas totales (PST) y el ruido perimetral, para lo cual serán contratados laboratorios debidamente acreditados por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).

De manera paralela e integral se implementará el Programa de Difusión y Educación Ambiental: con este programa se pretende concientizar e informar al personal involucrado en el desarrollo del proyecto de cómo prevenir entre otros la alteración al confort sonoro y contaminación atmosférica, inculcando el respeto al valor ecológico y social de los ecosistemas, los bienes y servicios ambientales, los recursos naturales asociados, así como sus usos apropiados, enfatizando en el daño irreversible que su mal manejo ocasiona. Para dichos objetivos se pretende capacitar al personal para la aplicación y cumplimiento de la normatividad



e instrumentos ambientales, así como las obligaciones ambientales que adquieren al formar parte del proyecto, por lo que se elaboraran folletos que contengan dicha información, con acciones dirigidas para prevenir la contaminación ambiental, a través de pláticas de concientización estableciendo las medidas de prevención, mitigación y/o compensación correspondientes a la etapa del proyecto. Asimismo el personal estará sujeto a vigilancia y se hará acreedor de sanciones en caso de no respetar el programa.

Con dichas medidas y programas, se prevé mitigar y en la medida de lo posible evitar afectar la calidad atmosférica, misma que en el área del proyecto, actualmente se encuentra sometida al constante y permanente emisión de gases, polvos y ruido por la circulación de vehículos en la infraestructura carretera. Asimismo, la correcta ejecución de dichas medidas y programas previstos, disminuirán la significancia del impacto a la calidad atmosférica, principalmente para el área del proyecto.

## Flora

### Descripción y análisis del escenario sin proyecto

Como se refirió en el Capítulo IV, dentro del SAR y área del proyecto predomina la vegetación secundaria de selva mediana caducifolia, respecto al uso de suelo además de forestal, se muestran también usos de suelo agrícola, urbano y de infraestructura. En este sentido, la inercia de las presiones demográficas que generan los centros poblacionales, provocan un desordenado cambio de uso de suelo (ateniendo únicamente a las necesidades individuales y no a un coordinado y compatible desarrollo), por lo que sumado a los impactos existentes (actividades de aprovechamiento), se considera que la permanencia y conservación de la vegetación forestal presente, estará en función del crecimiento y requerimientos de los centros poblacionales.

### Descripción y análisis del escenario con proyecto

De ejecutarse el proyecto se considera el cambio de uso de suelo, por lo que la pérdida de cobertura vegetal resulta una afectación ineludible, disminuyendo así los servicios ambientales que esta provee. Durante la preparación del sitio se pretende el desmonte y despalde del área, con el fin de poder cimentar la infraestructura necesaria para la operación del proyecto, lo que trae consigo la pérdida de biodiversidad de flora.

En este sentido, el impacto de pérdida de cobertura vegetal se reflejará en el área del proyecto de manera puntual e inmediata, lo que traerá consigo la modificación del hábitat y la posible pérdida de especies. Adicional a esto, se presentan las modificaciones a la flora por los procesos inherentes al crecimiento demográfico, lo que resulta por ambas acciones en la modificación de la estructura vegetal del área del proyecto.

**Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de prevención y mitigación**

Considerando las implicaciones que trae consigo la pérdida de cobertura vegetal, se pretende la implementación y ejecución del Programa de Difusión y Educación Ambiental, el Programa de Rescate y Reubicación de Flora, y las Actividades de restauración con motivo del cambio de uso de suelo, con el fin de mitigar y minimizar los impactos ocasionados por el desmonte de vegetación y manteniendo de esta forma los servicios ambientales (captación de carbono, infiltración de agua).

En este sentido, considerando que una de las principales causas del daño a especies de flora es el desconocimiento del papel tan importante que desempeñan en los ecosistemas, se pretende concientizar a todo el personal involucrado en las diferentes etapas del proyecto, mediante el programa de Difusión y Educación Ambiental, brindando información básica acerca de las acciones que se deberán llevar a cabo para identificar y proteger las especies de flora, prohibiendo su afectación y extracción o colecta.

Respecto al programa de Rescate y Reubicación de Flora, considera identificar y ubicar a todas aquellas especies de fácil manejo y/o que se encuentren bajo alguna categoría de protección por la NOM-059-SEMARNAT-2010, esto se prevé llevar a cabo de manera previa al inicio de cualquier actividad, asimismo y mediante técnicas específicas para los organismos se planea llevar a cabo su rescate (extracción), para posteriormente reubicarlos en sitios temporales de adaptación (viveros) o áreas conservadas previamente identificadas adyacentes al sitio del proyecto, mismas que deberán contar con condiciones propicias para el establecimiento y sobrevivencia de los individuos rescatados. Asimismo se contará con un mantenimiento y monitoreo de dichas áreas.

Por otro lado, con el fin de evitar la afectación de una superficie mayor de cobertura vegetal, se delimitará e identificará el área de desmonte (bajo el principio de mínimo necesario), llevándose de forma gradual y utilizando señalamientos. Asimismo y con el fin de evitar una mayor afectación, no se emplearán fuegos ni agroquímicos.

Finalmente se consideran las actividades de restauración con motivo del cambio de uso de suelo, en donde se prevén acciones de compensación a través de reforestación en zonas disponibles y con características propicias (Capítulo VII), empleando especies nativas de la zona, de rápido crecimiento y alta posibilidad de sobrevivencia, bajo un esquema 1 a 3 (por cada árbol derribado se pretenden sembrar 3).

En este sentido, la implementación de dichos programas y acciones prevén reforzar, mitigar y compensar de manera integral el impacto de pérdida de cobertura vegetal previsto por la ejecución del proyecto, evitando la pérdida de biodiversidad, reforzando las zonas cercanas y conservando en la medida de lo posible el componente ambiental, lo cual permitirá recuperar las interacciones y procesos ecológicos donde participa la vegetación.

## Fauna

<b>Descripción y análisis del escenario sin proyecto</b>
<p>De acuerdo a los muestreos de fauna, se obtuvo que dentro del SAR y área del proyecto se presenta una dominancia baja y de acuerdo al índice de Shannon-Wiener una diversidad de 3.111 y 3.343 respectivamente. Para ambas áreas (SAR y área del proyecto), la clase aves es la más representativa, seguida de los reptiles y finalmente los mamíferos. Asimismo, la información bibliográfica sustenta lo encontrado en campo y en donde la clase mejor representada fue la de aves. Dicha diversidad se puede atribuir a la interacción de los diferentes tipos de uso de suelo, tipos de vegetación y grado de conservación, así como a las actividades antropogénicas que se muestran en el SAR y área del proyecto.</p> <p>Dado lo anterior, se puede considerar que la presencia de la fauna está en razón de la conservación del hábitat, la disponibilidad de alimento y refugio, los cuales están sujetos a las diversas presiones y actividades antropogénicas que se desarrollan en la zona del proyecto (desarrollo de infraestructura, cambio de uso de suelo, asentamientos humanos, aprovechamiento de recursos, caza furtiva, etc.).</p>
<b>Descripción y análisis del escenario con proyecto</b>
<p>La ejecución del proyecto en sus diferentes etapas, trae consigo el desplazamiento, afectación o la posible muerte de especies de fauna. Dicho impacto de desplazamiento de organismos de fauna, se considera por el desmonte de la vegetación, la modificación del hábitat, la operación de maquinaria, y el desconocimiento por parte del personal involucrado en la ejecución del proyecto, respecto a la importancia de las especies presentes en el área.</p> <p>Por otro lado, y una vez terminadas las etapas de preparación del sitio y construcción, se prevé que la etapa de operación y mantenimiento del proyecto mantendrá determinada influencia en el hábitat, lo que influye en la re incorporación de la fauna desplazada.</p> <p>Sin embargo, se considera que la fauna desplazada se integrara en áreas que cuenten con características similares y aledañas al proyecto, por lo que algunas de las especies seguirán manteniéndose en la zona.</p>
<b>Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de prevención y mitigación</b>
<p>Con la finalidad de minimizar las afectaciones y proteger a la fauna presente en el área del proyecto, se plantea entre otros la implementación del Programa de Difusión y Educación Ambiental mediante el cual se concientizara y capacitara al personal, respecto al respeto a la fauna presente, sus importancia ecológica, el tipo de manejo que requiere cada especie, y las medidas a emplear al momento de la interacción con las especies faunísticas. Fomentando siempre la conservación y cuidado del medio ambiente y la fauna presente.</p> <p>Asimismo, se establecerán medidas estrictas en donde se prohíba la caza y hostigamiento mediante</p>

cualquier medio de las especies de fauna, incluyendo letreros mediante los cuales se promoverá su cuidado. Por otro lado, se contara con el Programa de Protección y Conservación de Fauna, mediante el cual se considera el rescate y la reubicación de todas aquellas especies susceptibles de hacerlo, y principalmente de aquellas que se encuentran catalogadas bajo algún estatus de protección por la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como también las de lento desplazamiento (reptiles principalmente). Asimismo, se prevé la identificación y reubicación de refugios, madrigueras y nidos.

Entre las acciones que se plantean para llevar a cabo dicho programa y que serán realizadas previas al desarrollo de cualquier actividad e inicio de obra, son el ahuyentamiento, la implementación de técnicas de captura especializadas y el uso de instrumentos y herramientas acordes a cada clase y especie, asimismo toda la información será registrada en bitácoras de campo.

De esta forma, mediante estos programas y acciones se pretende evitar la pérdida de fauna y por otro lado conservar las interacciones y procesos ecológicos en donde las especies están relacionadas.

## Paisaje

<b>Descripción y análisis del escenario sin proyecto</b>
Como ya se mencionó, el área donde se pretende la ejecución del proyecto se encuentra previamente impactada por actividades antropogénicas (asentamientos humanos, actividades agrícolas, entre otros), así como contigua a una carretera, por lo que el factor perceptual se encuentra ya modificado.
<b>Descripción y análisis del escenario con proyecto</b>
La implementación del proyecto traerá consigo la modificación del paisaje natural, ya que se pretende sustituir la cobertura de vegetación secundaria de selva mediana caducifolia, por infraestructura de paneles fotovoltaicos. Asimismo, la infraestructura asociada y necesaria para la operación del proyecto influirá en las características escénicas naturales de la zona.
<b>Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de prevención y mitigación</b>
Previendo las afectaciones que se generaran en el paisaje por la ejecución del proyecto y con el fin de mitigarlas o minimizarlas se prevé la implementación de actividades de restauración con motivo del cambio de uso de suelo (reforestación en zonas en donde sea posible), en donde se considera el establecimiento de áreas verdes con especies propias de la zona y de rápido crecimiento, así como el mantenimiento de áreas en donde se pretende la reubicación de la flora, mismas que en la medida de lo posible serán establecidas contiguas al área del proyecto y en un alto grado de conservación. Con dichas acciones se pretende minimizar el impacto visual que trae consigo la construcción del proyecto y sus obras asociadas y en este sentido poder integrar el proyecto a las características de la zona asegurando que la afectación perceptual

del sitio no sea mayor a lo que marca la descripción del proyecto.
--

Por otro lado, se considera que con la ejecución de los programas, medidas y acciones de prevención, mitigación y compensación, los impactos ambientales que trae consigo el proyecto y previamente descritos en el Capítulo V, serán minimizados y a su vez, se pretende contribuir a mejorar la calidad ambiental de la zona, repercutiendo con ello en el mantenimiento y mejoramiento de los servicios ambientales y por tanto a la continuidad de los procesos ecosistémicos que se desarrollan en la misma.

#### **VIII.4 Comparación de los escenarios y conclusiones**

El escenario menos deseable para el SAR y área del proyecto es sin lugar a duda “la ejecución del proyecto sin medidas de mitigación”, ya que de efectuarse, se afectarán de manera adversa diversos componentes ambientales. Entre los impactos ambientales más importantes se encuentran la pérdida de suelo, la pérdida de cobertura vegetal y la afectación de individuos de flora y fauna.

Por otra parte, se tiene que el escenario más deseable y ambientalmente viable para el SAR y área del proyecto, es la ejecución del mismo con medidas de mitigación. En donde, si bien existen impactos adversos a lo largo de las etapas de preparación del sitio, de construcción y de operación y mantenimiento, algunos serán temporales, otros prevenidos, mitigados y en algunos caso compensados con la correcta ejecución del Programa de Supervisión y Gestión Ambiental (PSGA), así como de todos sus componentes (subprogramas, acciones y medidas específicas), previamente estipulados en el capítulo VII de este DTU.

Asimismo, y sin dejar a un lado, la correcta ejecución del proyecto traerá consigo beneficios al componente social, y ambiental, al inyectar recursos a la zona y obtener una energía limpia o ambientalmente sustentable.

Por otro lado, el escenario del SAR y área del proyecto sin la ejecución del mismo, muestra tendencias al deterioro (usos de suelo no compatibles con la vocación natural de la zona), al crecimiento desordenado (cambios de usos de suelo) y a la pérdida de biodiversidad (caza furtiva, aprovechamientos mayores a la capacidad de recuperación).