



# MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

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.

**DIRECCION GENERAL DE**  
IMPACTO Y RIESGO  
**AMBIENTAL**



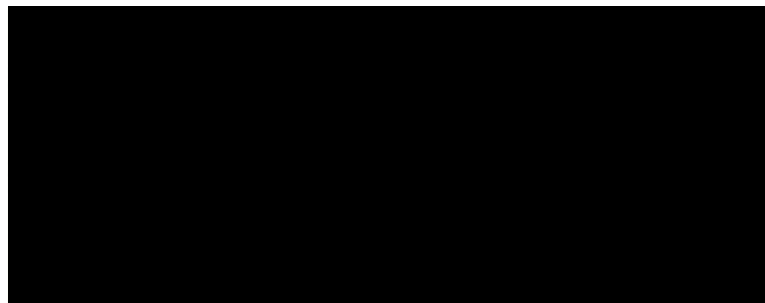
# DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO

MODALIDAD B REGIONAL

PROYECTO:

PASTIZALES

PROMOVENTE:





# ÍNDICE

<b>I</b>	<b>DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO.....</b>	<b>I-1</b>
I.1	DATOS GENERALES DEL PROYECTO .....	I-1
I.1.1	Nombre del proyecto .....	I-1
I.1.2	Ubicación (dirección) del proyecto.....	I-1
I.1.3	Duración del proyecto.....	I-1
I.2	DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE .....	I-1
I.2.1	Nombre o razón social .....	I-1
I.2.2	Registro Federal de Contribuyentes del promovente.....	I-2
I.2.3	Datos del representante legal.....	I-2
I.2.4	Dirección del promovente para recibir u oír notificaciones .....	I-2
I.3	RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO.....	I-2
I.3.1	Nombre del responsable técnico del documento técnico unificado en materia de impacto ambiental.....	I-2
I.3.2	Registro Federal de Contribuyentes o CURP .....	I-2
I.3.3	Dirección del responsable técnico del documento.....	I-2
I.3.4	Datos de inscripción en el Registro de la persona que haya formulado el documento en materia forestal y, en su caso, del responsable de dirigir la ejecución del cambio de uso de suelo .....	I-2
<b>II</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>II-1</b>
II.1	INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....	II-1
II.1.1	Naturaleza del proyecto .....	II-1
II.1.2	Objetivo del proyecto.....	II-2
II.1.3	Ubicación física.....	II-2
II.1.4	Dimensiones del proyecto.....	II-5
II.1.5	Inversión requerida .....	II-9
II.2	CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO .....	II-10
II.2.1	Programa de Trabajo.....	II-10
II.2.2	Representación gráfica regional.....	II-11
II.2.3	Representación gráfica local.....	II-13
II.2.4	Preparación del sitio y construcción .....	II-14
II.2.5	Estimación del volumen por especie de las materias primas forestales derivadas del cambio de uso del suelo.....	II-17
II.2.6	Estimación económica de los recursos biológicos forestales del área sujeta al cambio de uso del suelo.....	II-26
II.2.7	Operación y mantenimiento .....	II-34
II.2.8	Desmantelamiento y abandono de las instalaciones .....	II-35
II.2.9	Insumos requeridos.....	II-35
II.2.10	Generación y manejo de residuos líquidos y emisiones a la atmosfera .....	II-36
<b>III</b>	<b>VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO .....</b>	<b>III-1</b>
III.1	ORDENAMIENTOS JURÍDICOS FEDERALES .....	III-1
III.1.1	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).....	III-1

---

III.1.2	Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. ....	III-3
III.1.3	Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).....	III-5
III.1.4	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 servicios públicos que se señalan.....	III-7
III.1.5	Ley de Aguas Nacionales .....	III-8
III.1.6	Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales .....	III-10
III.1.7	Ley General de Vida Silvestre.....	III-11
III.1.8	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos .....	III-21
III.1.9	Ley de Acciones Urbanísticas del Estado de Quintana Roo .....	III-22
III.2	PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO (POET) .....	III-24
III.2.1	Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial .....	III-24
III.2.2	Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe	III-25
III.3	DECRETOS Y PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS .....	III-51
III.3.1	Áreas naturales protegidas.....	III-51
III.3.2	Regiones prioritarias.....	III-53
III.4	ÁREAS DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES (AICAS) .....	III-56
III.5	SITIOS DE MANGLAR CON RELEVANCIA BIOLÓGICA Y CON NECESIDADES DE REHABILITACIÓN ECOLÓGICA. ....	III-57
III.6	NORMAS OFICIALES MEXICANAS .....	III-59
III.6.1	Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003.....	III-59
III.6.2	Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002.....	III-82
III.6.3	Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.....	III-87
III.6.4	Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011.....	III-88
III.7	PLANES O PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO (PDU).....	III-89
III.8	OTROS INSTRUMENTOS.....	III-89

#### **IV DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA**

##### **DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO .....IV-1**

IV.1	DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO .....	IV-1
IV.2	CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) .....	IV-6
IV.2.1	Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SAR.....	IV-6
IV.2.2	Medio abiótico.....	IV-8
IV.2.3	Medio biótico.....	IV-37
IV.2.4	Medio socioeconómico .....	IV-148
IV.2.5	Paisaje.....	IV-150
IV.3	VEGETACIÓN QUE DEBA RESPETARSE O ESTABLECERSE PARA PROTEGER LAS TIERRAS FRÁGILES .....	IV-155
IV.3.1	Erosión con proyecto .....	IV-156
IV.4	SERVICIOS AMBIENTALES QUE PUDIERAN PONERSE EN RIESGO POR EL CAMBIO DE USO DEL SUELO PROPUESTO	IV-162
IV.4.1	Provisión de agua en calidad y cantidad .....	IV-162
IV.4.2	Captura de carbono .....	IV-169
IV.4.3	Generación de oxígeno .....	IV-172
IV.4.4	Amortiguamiento del impacto de fenómenos naturales .....	IV-176
IV.4.5	Modulación o regulación climática.....	IV-178
IV.4.6	Protección de la biodiversidad ecosistemas y formas de vida .....	IV-179

IV.4.7	<i>Protección y recuperación de suelos</i> .....	IV-180
IV.4.8	<i>Paisaje y recreación</i> .....	IV-197
IV.5	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	IV-202
<b>V</b>	<b>IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES</b> .....	<b>V-1</b>
V.1	IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS .....	V-1
V.1.1	<i>Identificación de las acciones que pueden causar impactos al ambiente</i> .....	V-1
V.1.2	<i>Identificación de los factores ambientales del entorno susceptibles a recibir impactos</i> .....	V-4
V.1.3	<i>Matriz de impactos</i> .....	V-9
V.2	CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS.....	V-12
V.3	VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS.....	V-36
V.3.1	<i>Matriz de importancia</i> .....	V-39
V.4	CONCLUSIONES .....	V-41
<b>VI</b>	<b>JUSTIFICACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y SOCIAL QUE MOTIVE LA AUTORIZACIÓN EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE USO DE SUELO</b> .....	<b>VI-1</b>
VI.1	AMBIENTAL.....	VI-1
VI.1.1	<i>Se mantendrá la biodiversidad</i> .....	VI-1
VI.1.2	<i>Se mitigará erosión de los suelos</i> .....	VI-1
VI.1.3	<i>Se mitigará el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación</i> .....	VI-2
VI.2	ECONÓMICO.....	VI-4
VI.3	SOCIAL .....	VI-4
<b>VII</b>	<b>MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES</b> .....	<b>VII-1</b>
VII.1	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA O SISTEMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN.....	VII-1
VII.1.1	<i>Manejo Integral de Residuos</i> .....	VII-7
VII.1.2	<i>Afinación y mantenimiento de equipo y maquinaria</i> .....	VII-9
VII.1.3	<i>Instalación temporal de letrinas portátiles</i> .....	VII-11
VII.1.4	<i>Instalación de planta de tratamiento de aguas residuales</i> .....	VII-12
VII.1.5	<i>Equipamiento con instalaciones ahorradoras de agua (tecnologías verdes)</i> .....	VII-15
VII.1.6	<i>Programa de rescate y reubicación de flora</i> .....	VII-16
VII.1.7	<i>Establecimiento de áreas verdes y reservas ecológicas</i> .....	VII-18
VII.1.8	<i>Revegetación de los bordes del canal</i> .....	VII-19
VII.1.9	<i>Programa de compensación en beneficio a los humedales</i> .....	VII-21
VII.1.10	<i>Programa de protección y rescate de fauna</i> .....	VII-22
VII.1.11	<i>Programa de difusión y educación ambiental</i> .....	VII-24
VII.1.12	<i>Señalización</i> .....	VII-26
VII.2	IMPACTOS RESIDUALES .....	VII-27
VII.3	PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL .....	VII-28
VII.4	PROGRAMA SEGUIMIENTO Y CONTROL (MONITOREO) .....	VII-32
VII.5	INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA FIJACIÓN DE MONTOS PARA FIANZAS.....	VII-37
VII.6	ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LAS ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN CON MOTIVO DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO .....	VII-37
VII.6.1	<i>Estimación de los costos de las actividades de reforestación</i> .....	VII-37
VII.6.2	<i>Estimación de los costos de la implementación de las obras de conservación de suelo</i> .....	VII-39
VII.6.3	<i>Estimación de los costos de la implementación de las actividades de mantenimiento</i> ..	VII-39
<b>VIII</b>	<b>PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS</b> .....	<b>VIII-1</b>

VIII.1	DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN PROYECTO.....	VIII-5
VIII.2	DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO SIN MEDIDAS .....	VIII-7
VIII.3	DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CONSIDERANDO LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN.....	VIII-8
VIII.4	PRONÓSTICO AMBIENTAL .....	VIII-11
VIII.5	EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS .....	VIII-12
<b>IX</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES .....</b>	<b>IX-1</b>
IX.1	PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	IX-1
IX.1.1	<i>Cartografía.....</i>	<i>IX-1</i>
IX.1.2	<i>Fotografías.....</i>	<i>IX-2</i>
IX.1.3	<i>Videos .....</i>	<i>IX-5</i>
IX.2	OTROS ANEXOS.....	IX-5
IX.2.1	<i>Metodología del estudio de la capacidad de carga .....</i>	<i>IX-5</i>
IX.2.2	<i>Metodología de evaluación de impacto .....</i>	<i>IX-9</i>
IX.2.2.6	<i>Valoración cuantitativa de las acciones impactantes y de los factores ambientales .....</i>	<i>IX-20</i>
IX.3	BIBLIOGRAFÍA .....	IX-22

---

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

---

## I.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO

### I.1.1 Nombre del proyecto

Pastizales

### I.1.2 Ubicación (dirección) del proyecto

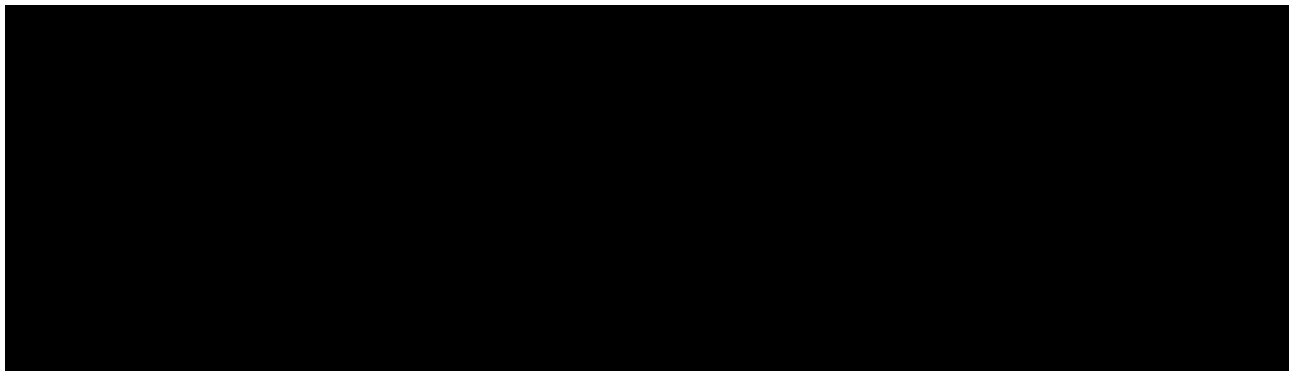
El proyecto se desarrolla sobre los lotes 1255, 1320, 1321, 1322, 1323, 1324, 1325, 1326, 1327, 1339, 1340, 1341, 1441, 1364, 1365, 1366, 1367, 1368, 1369, 1370 y 1371 que se ubican dentro del ejido José María Pino Suárez, Municipio Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo, México.

### I.1.3 Duración del proyecto

El proyecto tendrá una duración de 120 meses (10 años) en sus etapas de preparación del sitio y construcción, y una vida útil de 80 años en su etapa de operación.

## I.2 DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE

### I.2.1 Nombre o razón social





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

[REDACTED]

## **I.2.3 Datos del representante legal**

Este criterio no es aplicable por tratarse de una persona física.

## **I.2.4 Dirección del promovente para recibir u oír notificaciones**

[REDACTED]  
[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]  
[REDACTED]

## **I.3 RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO**

### **I.3.1 Nombre del responsable técnico del documento técnico unificado en materia de impacto ambiental**

[REDACTED]

### **I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP**

[REDACTED]

### **I.3.3 Dirección del responsable técnico del documento**

[REDACTED]  
[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]  
[REDACTED]

### **I.3.4 Datos de inscripción en el Registro de la persona que haya formulado el documento en materia forestal y, en su caso, del responsable de dirigir la ejecución del cambio de uso de suelo**

- [REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]

- [Redacted]

Se anexa copia de Identificación oficial del responsable en materia forestal.

Se anexa copia del Registro Forestal Nacional del responsable en materia forestal.

Se anexa cédula profesional del responsable en materia forestal.



## II DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

---

### II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

#### II.1.1 Naturaleza del proyecto

Pastizales es un Proyecto Urbano-Turístico ubicado en la Laguna de Nopalitos en el Ejido José María Pino Suárez. El conjunto será de tipo Mixto-Hotelero en el que estarán los siguientes usos: Habitacional de Baja Densidad, Habitacional Mixto, Comercial y Hotelero.

El proyecto consiste en la construcción y operación de un conjunto residencial y de instalaciones para el alojamiento y esparcimiento turístico; es decir, un desarrollo inmobiliario en un ecosistema costero en términos del artículo tercero fracción XIII Bis de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

El desarrollo pretende brindar experiencias únicas en el marco de sustentabilidad, haciendo que el visitante disfrute su estancia en convivencia con la naturaleza del sitio y sus actividades sean controladas para causar un mínimo impacto al ambiente. La Laguna Nopalitos, cuya zona federal colinda con los predios donde se pretende desarrollar el proyecto, posee un uso escénico para locales y visitantes, se permite la navegación con embarcaciones menores; se realizarán actividades turísticas recreativas como paseos en lancha y nado. En las cercanías de los predios no hay un uso frecuente, pero se prevén proyectos similares en un futuro.

El proyecto contempla las estrategias propuestas por el Centro Mario Molina (2017)<sup>1</sup>, que incluyen la implementación de densidades adecuadas, la restricción de conjuntos cerrados, el desarrollo de equipamientos atractores en corredores de transporte y red vial adyacente, la promoción de las plantas bajas activas y los usos mixtos, desincentivar la existencia de predios vacantes baldíos o subutilizados y promover usos comerciales y de servicios que eleven la densidad de empleos. Así, el mismo Centro Mario Molina (2015)<sup>2</sup> establece que el aumento planificado en la densidad poblacional de las ciudades ha sido presentado como un mecanismo para ofrecer una mayor equidad y calidad de vida a sus habitantes,

---

<sup>1</sup> Centro Mario Molina (2017). Análisis integral sobre sustentabilidad urbana en México. Recuperado en [http://centromariomolina.org/wp-content/uploads/2018/09/2.-Resumen-Ejecutivo-Manzanillo-y-Toluca\\_2017-12-21.pdf](http://centromariomolina.org/wp-content/uploads/2018/09/2.-Resumen-Ejecutivo-Manzanillo-y-Toluca_2017-12-21.pdf)

<sup>2</sup> Centro Mario Molina (2015) Densidad y Equidad 2015. Recuperado en [http://centromariomolina.org/wp-content/uploads/2016/05/3.-ResumenEjecutivo\\_Densidad-y-Equidad-1.pdf](http://centromariomolina.org/wp-content/uploads/2016/05/3.-ResumenEjecutivo_Densidad-y-Equidad-1.pdf)

generando ciudades compactas que eviten los efectos negativos del desarrollo disperso. Al mismo tiempo, sin embargo, se buscó en el diseño del proyecto que se respeten las densidades máximas y especificaciones establecidas en la Ley de Acciones Urbanísticas del Estado de Quintana Roo, toda vez que no existen instrumentos de planeación urbana que regulen las densidades, restricciones y requerimientos mínimos de lote a nivel municipal.

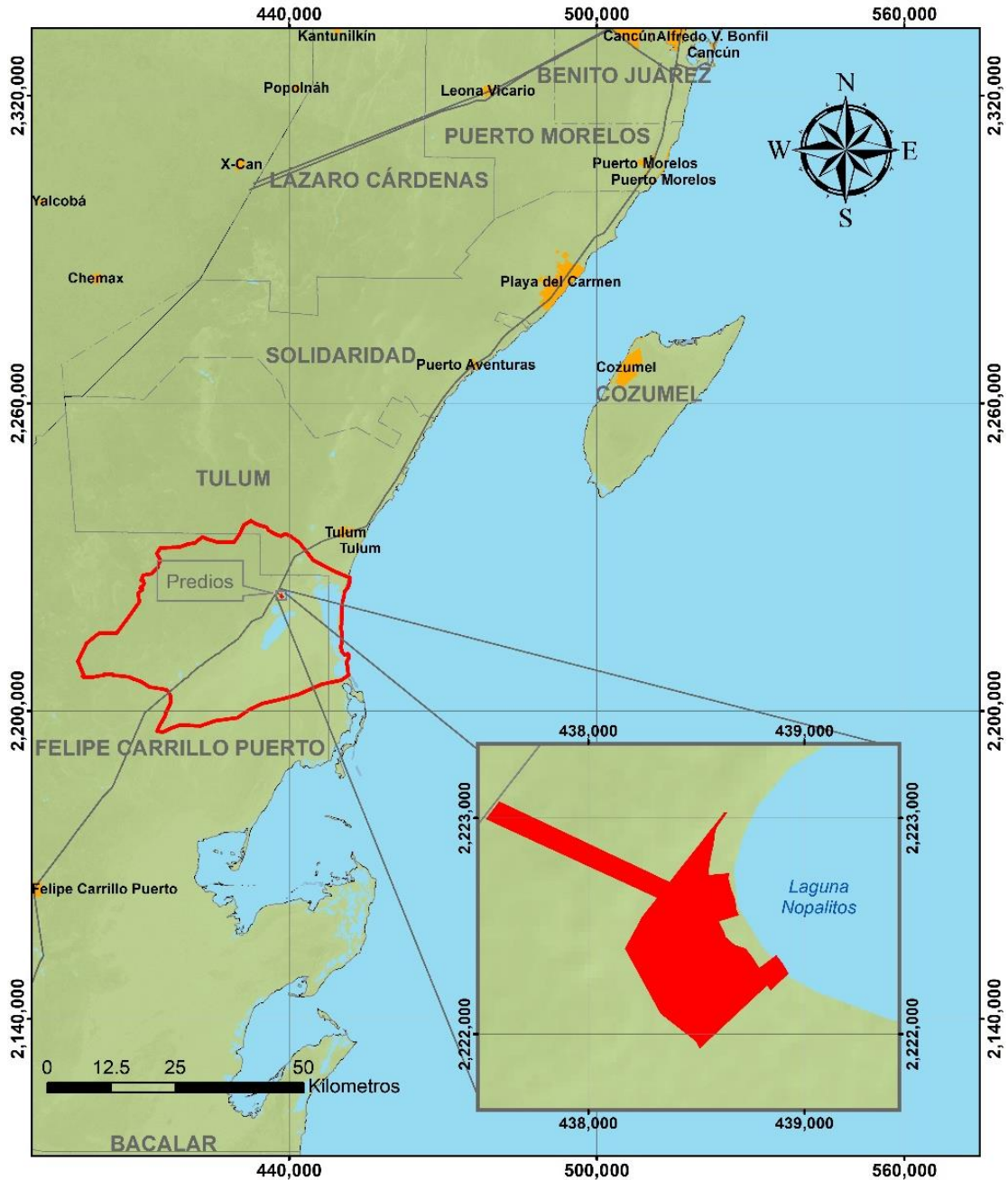
### **II.1.2 Objetivo del proyecto**

El objetivo del proyecto, a grandes rasgos, es provocar la interacción de los usuarios con su entorno a través del espacio público, así como evidenciar la importancia de la conexión del proyecto con la Laguna Nopalitos.

Se busca ofrecer al visitante una opción para tener contacto con la naturaleza y realizar actividades recreativas. Todo lo anterior se pretende realizar de tal forma que se minimice el impacto sobre los ecosistemas que se encuentran en el sitio, conservando la biodiversidad, minimizando la generación de residuos y efluentes, así como el consumo de recursos.

### **II.1.3 Ubicación física**

El sitio en el que pretende ubicarse el proyecto corresponde a las parcelas 1255 Z1 P1/1, 1320-1327 Z1 P1/1, 1339-1341 Z1 P1/1, 1364-1371 y 1441 Z1 P1/1 del ejido N.C.P.E. José María Pino Suárez, que en conjunto se denominarán para efectos del presente Documento Técnico Unificado modalidad B, Regional (DTU-B Regional) como “el predio”, el cual se encuentra en el municipio de Felipe Carrillo Puerto, estado de Quintana Roo. El predio encuentra al Suroeste de la Laguna Nopalitos, colindando con su Zona Federal (**Figura II:1**).



**Documento Técnico Unificado Modalidad B Regional**

**Simbología**

- Carretera Federal 307
- ▭ Microcuenca\_Chumpon
- ▭ Predios
- ▭ Limite municipal
- ▭ Limite estatal
- ▭ Localidades

Parcelas 1255 Z1 P1/1, 1320-1327 Z1 P1/1,  
 1339-1341 Z1 P1/1, 1364-1371 y 1441 Z1 P1/1  
 Ejido N.C.P.E. José María Pino Suárez, Quintana Roo.

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 16 Norte  
 Proyección: Transversal de Mercator  
 Datum: WGS 1984

*Figura II:1. Mapa de ubicación geográfica del proyecto.*

En el **Cuadro II:1**, se presenta la lista certificados parcelarios que respaldan la posesión legal de las parcelas que conforman el conjunto predial donde se pretende realizar el proyecto. En la **Figura II:2** se presenta la ubicación de cada una de las parcelas enlistadas.

*Cuadro II:1. Listado de parcelas y certificados parcelarios de conforman el predio del proyecto.*

Propietario	Poder	Certificado	Parcela	Superficie (Ha)
Helio Alejandro Monforte Jaimes		2533	1255 Z1 P1/1	31.0141
Helio Alejandro Monforte Jaimes		1000549	1339 Z1 P1/1	0.2626
Helio Alejandro Monforte Jaimes		2535	1321 Z1 P1/1	0.2563
Helio Alejandro Monforte Jaimes		1000642	1322 Z1 P1/1	0.2556
Helio Alejandro Monforte Jaimes		2672	1327 Z1 P1/1	0.2521
Juan Ignacio Rivero Celorio		2534	1320 Z1 P1/1	0.2499
Juan Ignacio Rivero Celorio	Poder a favor de Pedro Hernández Madrazo	1000643	1323 Z1 P1/1	0.2536
Juan Ignacio Rivero Celorio		2674	1325 Z1 P1/1	0.2504
Karla Sosa Milke		2673	1326 Z1 P1/1	0.2532
Karla Sosa Milke		2936	1324 Z1 P1/1	0.2534
Karla Sosa Milke		2641	1368 Z1 P1/1	1.0000
Karla Sosa Milke		2650	1365 Z1 P1/1	1.0000
Pedro Hernández Madrazo		2642	1366 Z1 P1/1	1.0000
Pedro Hernández Madrazo		2582	1364 Z1 P1/1	1.0000
Pedro Hernández Madrazo		2646	1367 Z1 P1/1	1.0000
Pedro Hernández Madrazo		2584	1369 Z1 P1/1	1.0000
Pedro Hernández Madrazo		2648	1370 Z1 P1/1	1.0000
Pedro Hernández Madrazo		2647	1371 Z1 P1/1	1.1269
Pedro Hernández Madrazo		1000550	1340 Z1 P1/1	0.2653
Pedro Hernández Madrazo		1000551	1341 Z1 P1/1	0.2598
Pedro Hernández Ramírez	Poder a favor de Pedro Hernández Madrazo	1000552	1441 Z1 P1/1	0.2584
		S/CP	Servidumbre de paso (SP)	0.1846
<b>Total</b>				<b>42.3963</b>

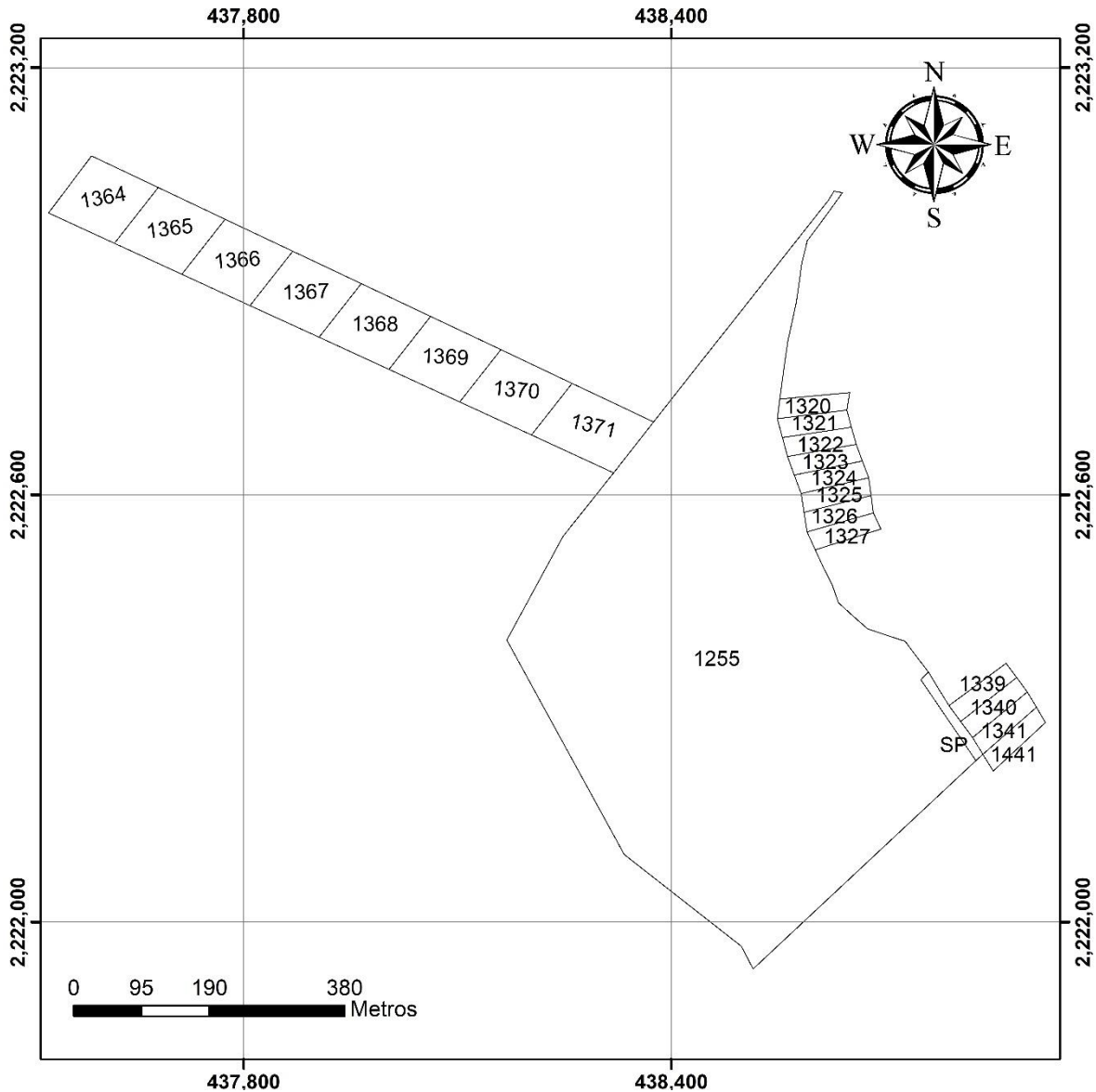


Figura II.2. Plano de ubicación de las parcelas enlistadas en el cuadro anterior.

### II.1.4 Dimensiones del proyecto

El proyecto “Pastizales” consiste en la construcción y operación de un desarrollo inmobiliario con usos residenciales, turísticos y comerciales, que incluye los siguientes componentes (Cuadro II:2):

Cuadro II:2. Tipos de usos, componentes y cantidades del proyecto.

Tipo de lote	Uso	Cantidad	Unidad	Edificios	Niveles
Bloque A	Comercial	138	Locales	1	2
Bloque B	Mixto	108	Viviendas	9	4
Bloque C	Mixto residencial	380	Viviendas	19	10



Tipo de lote	Uso	Cantidad	Unidad	Edificios	Niveles
Bloque D	Vivienda unifamiliar	11	Viviendas	11	2
Bloque E	Hotel	140 cuartos eq. a 56	Viviendas	1	4
Bloque F	Mixto Hoteles	50 cuartos eq. a 20	Viviendas	1	10
Club de playa A	Convivencia	-	-	1	1
Club de playa B	Convivencia	-	-	1	1
Estacionamiento		-	-	1	-
Totales		138	Locales		
		575	Viviendas (eq)		

El proyecto pretende establecerse en un predio de **423,962.73 m<sup>2</sup> (42.40 Ha)**, así como en una porción de la Laguna Nopalitos y su zona federal.

En el **Cuadro II:3** se presentan las superficies de cada una de las obras que comprenden el proyecto dentro del predio.

*Cuadro II:3. Superficies del proyecto dentro del predio.*

Obra	Superficie (m <sup>2</sup> )	Superficie (ha)	Porcentaje
Alberca	4,389.50	0.44	1.04
Andador	1,041.93	0.10	0.25
Andador deck	10,955.03	1.10	2.58
Andador peatonal	2,779.21	0.28	0.66
Área pública	934.02	0.09	0.22
Área verde ajardinada	8,153.59	0.82	1.92
Camellones	4,385.46	0.44	1.03
Canal	18,712.22	1.87	4.41
Cárcamo	1,547.40	0.15	0.36
Club de playa	1,534.49	0.15	0.36
Desplante	21,672.39	2.17	5.11
Estacionamiento	11,155.95	1.12	2.63
Glorieta	91.41	0.01	0.02
Hotel	6,156.48	0.62	1.45
Mercado	7,632.15	0.76	1.80
Motor Lobby	276.17	0.03	0.07
Planta de tratamiento	772.08	0.08	0.18
Puente	957.45	0.10	0.23
Reserva ecológica	19,639.56	1.96	4.63
Sin obras	244,115.69	24.41	57.58
Vialidades internas	57,060.56	5.71	13.46
<b>Total</b>	<b>423,962.73</b>	<b>42.40</b>	<b>100.00</b>

Con base en lo anterior, el proyecto cuenta con una densidad bruta de 13.46 viviendas por hectárea y una densidad neta de 15.12 viviendas por hectárea. Por lo anterior, el proyecto corresponde a un fraccionamiento urbano habitacional de densidad baja, en términos de lo establecido en la Ley de Acciones Urbanísticas del Estado de Quintana Roo, que a la letra dice:

*Artículo 16. Los fraccionamientos y conjuntos urbanos habitacionales se clasifican por su densidad y por el valor de los lotes o viviendas. Por densidad, se clasifican en baja, media y alta, correspondiendo respectivamente a menos de veinticuatro viviendas por hectárea, de veinticuatro a sesenta viviendas por hectárea, y más de sesenta viviendas por hectárea respectivamente. Por el valor de los lotes o viviendas, se clasificará conforme a las normas federales aplicables. En ningún caso podrán autorizarse conjuntos urbanos habitacionales para vivienda social mayores de noventa unidades individuales o de aprovechamiento exclusivo.*

Lo anterior es aplicable toda vez que el artículo 14 de la misma Ley establece que:

*Artículo 14. Todas las acciones urbanísticas deberán ajustarse a lo dispuesto en esta ley y en los programas de ordenamiento territorial, ecológico y desarrollo urbano municipales, en los aspectos siguientes:*

- I. Las zonas y usos en que se permitan;*
- II. El lote tipo;*
- III. Los índices de densidad de población;*
- IV. La organización de los elementos de movilidad y de los espacios públicos y el equipamiento;*
- V. La proporción y aplicación de las inversiones en diversas etapas;*
- VI. Las especificaciones relativas a las características, dimensiones de los lotes, a la densidad de construcción en lotes considerados individualmente, así como las densidades totales;*
- VII. Las normas técnicas y los demás derechos y obligaciones que se consideren necesarios para el racional funcionamiento urbano del proyecto de que se trate teniendo como centralidad la humanización de los espacios y la salvaguarda de la dignidad de sus habitantes, así como el respeto al medio ambiente, y*
- VIII. Las restricciones generales en materia de gestión integral de riesgos. Los nuevos desarrollos no se autorizarán donde se dañen o afecten zonas forestales, monumentos,*

*sitios históricos, o el equilibrio de la densidad de población en los términos de los programas de ordenamiento territorial, ecológico y desarrollo urbano aplicables.*

Sin embargo, el sitio del proyecto no cuenta con un programa de ordenamiento territorial, ecológico ni de desarrollo urbano municipal. En este mismo sentido, el sitio tampoco cuenta con ninguno de los instrumentos establecidos en el artículo 31 de la Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Quintana Roo, por lo que se aplicará de manera supletoria la Ley de Acciones Urbanísticas.

El proyecto se considera un fraccionamiento urbano habitacional a pesar de que incluye un hotel en su diseño, debido a que la Ley de Fraccionamientos del Estado de Quintana Roo, que fue derogada por la Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Quintana Roo y la Ley de Acciones Urbanísticas del Estado de Quintana Roo, establecía que en los fraccionamientos de tipo mixto hotelero habitacional podrán construirse viviendas, tanto del tipo unifamiliar, como edificios departamentales, de conformidad a las densidades, alturas y características de construcción que hubiesen sido aprobadas en el proyecto respectivo; sin embargo, la nueva Ley (de Acciones Urbanísticas), no define el desarrollo mixto, únicamente lo menciona. Por esta razón, en lo que se refiere a las densidades, se estará a lo correspondiente a un fraccionamiento urbano habitacional.

La superficie correspondiente para el cambio de uso de suelo es de 160,444.20 m<sup>2</sup> (16.04 ha), de la cual 16.02 ha se encuentran dentro del predio y la superficie restante en la Zona Federal, la SCUSTF que se efectuará en la zona del predio corresponde al 37% del total de este; en el **Cuadro II:4** se presenta una síntesis de estas superficies.

*Cuadro II:4. Superficie de cambio de uso del suelo (superficies en m<sup>2</sup>).*

Vegetación	Ubicación	Superficie (m <sup>2</sup> )
Selva Mediana Subperennifolia	Predio	49,939.60
Marisma	Predio	110,268.15
Marisma	Zona Federal	236.45
<b>Total</b>		<b>160,444.20</b>

Por otra parte, el proyecto pretende establecer una superficie de 6,637.67 m<sup>2</sup> dentro de la Laguna Nopalitos, de los cuales 4,483.83 m<sup>2</sup> corresponden a andadores de deck sostenidos por pilotes y contruidos de madera dura de la región; 2,153.84 m<sup>2</sup> para la instalación de club de playa y cabañas. En la **Figura II:3** se presenta el mapa general de obras del proyecto.

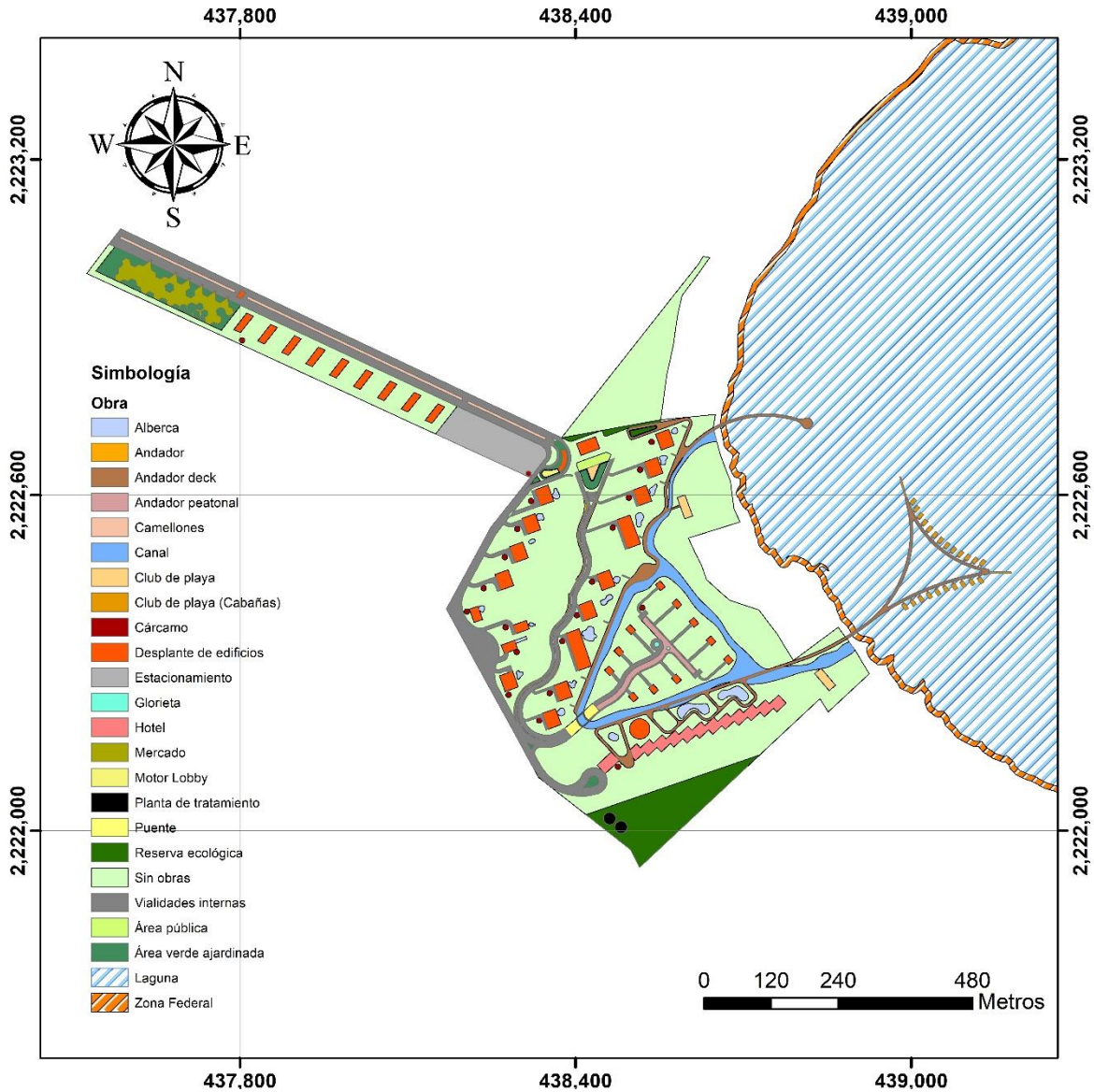


Figura II:3. Plano de las obras del proyecto.

### II.1.5 Inversión requerida

El proyecto requiere una inversión de aproximadamente **\$50,000,000.00**, los cuales se desglosan como se muestra en el **Cuadro II:5**.

**Cuadro II:5. Monto de la inversión requerida el Proyecto.**

Concepto	Monto en pesos
Preparación del sitio	\$15,002,531.70
Construcción y equipamiento	\$3,3410,470.93
Gastos de operación y administración (inicial)	\$1,336,418.84
Medidas de prevención y mitigación	\$250,578.53
<b>TOTAL</b>	<b>\$50,000,000.00</b>

## II.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO

### II.2.1 Programa de Trabajo

El proyecto se plantea con una duración de 120 meses (10 años) en sus etapas de preparación del sitio y construcción. No se prevé el abandono del sitio pues se considera que con la planeación de mantenimiento y sustitución de equipo, accesorios y componentes es posible tener operando el proyecto en un periodo de 80 años, considerando el mismo tiempo de vida útil del proyecto. A continuación, se presenta el programa calendarizado del proyecto.

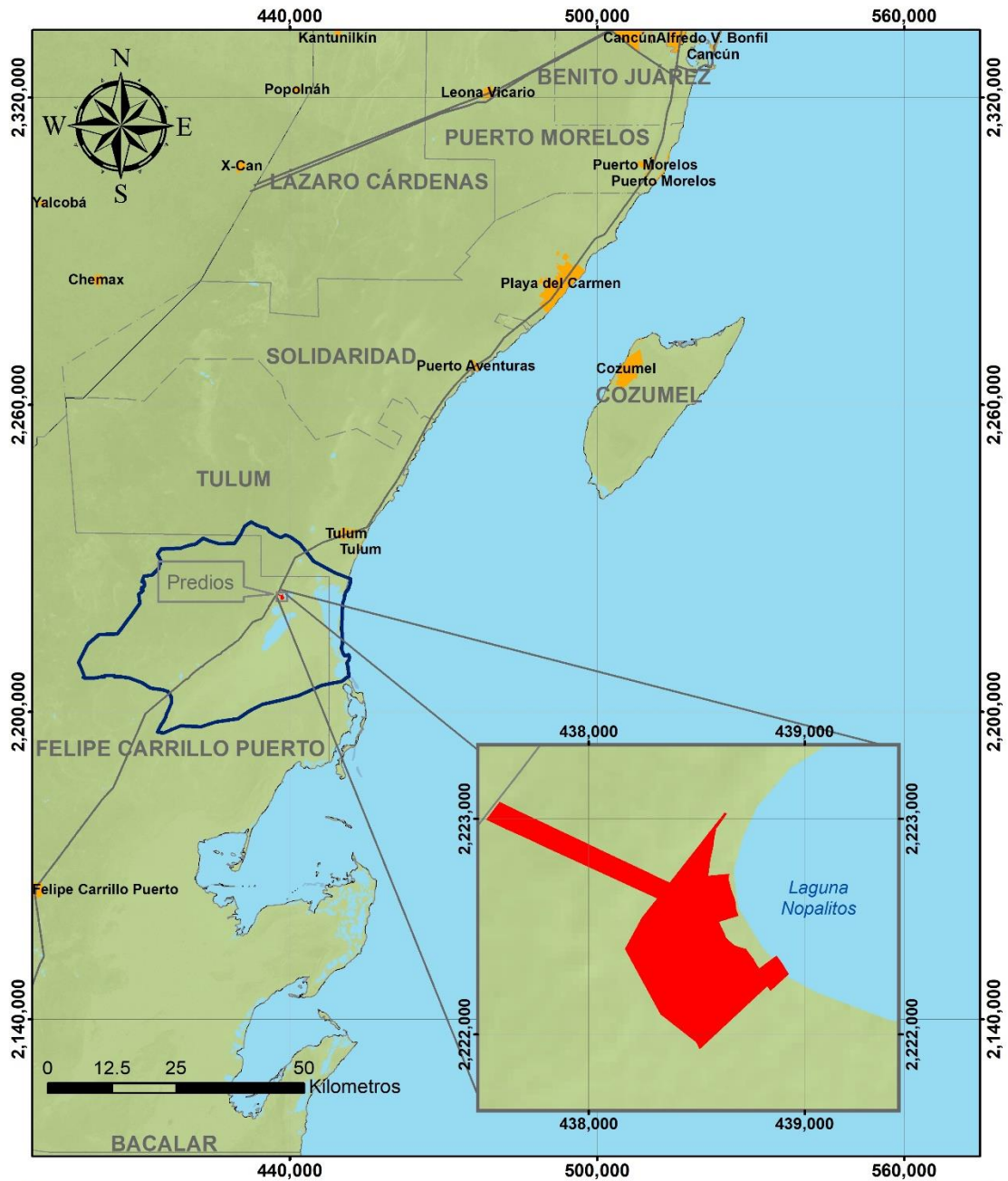
ACTIVIDAD	Meses										Años		
	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	80		
Preparación del sitio	Desmante selectivo	█											
	Campamento temporal	█											
	Despalme	█											
	Cimentación			█									
	Apertura del canal										█		
	Revegetación de canal										█		
	Albañilería y acabados										█		
	Instalaciones										█		
	Cancelaría y carpintería										█		
	Reubicación de especies de vegetación	█											
Operación y mantenimiento	Limpieza	█											
	Operación (ocupación de viviendas y hospedaje en hotel)											█	
	Mantenimiento										█		
	Manejo de residuos	█											

## II.2.2 Representación gráfica regional

En la **Figura II:4** se presenta de forma gráfica la ubicación geográfica del proyecto en el contexto de cuenca hidrológico-forestal en el que se localiza el proyecto, la cual corresponde a la microcuenca Chumpón, identificada con el código 33-133-01-001 con una superficie de 133,194.42 ha; en el contexto de las microcuencas SAGARPA-FIRCO (2007)<sup>3</sup>. El predio se encuentra a aproximadamente 16 Km de la localidad de Tulum, accediendo por la carretera federal número 307 (Cancún-Chetumal).

---

<sup>3</sup> Secretaría de Agricultura, Ganadería, Alimentación y Pesca-Fideicomiso de Riesgo Compartido, 2007. Programa Nacional de Microcuencas.



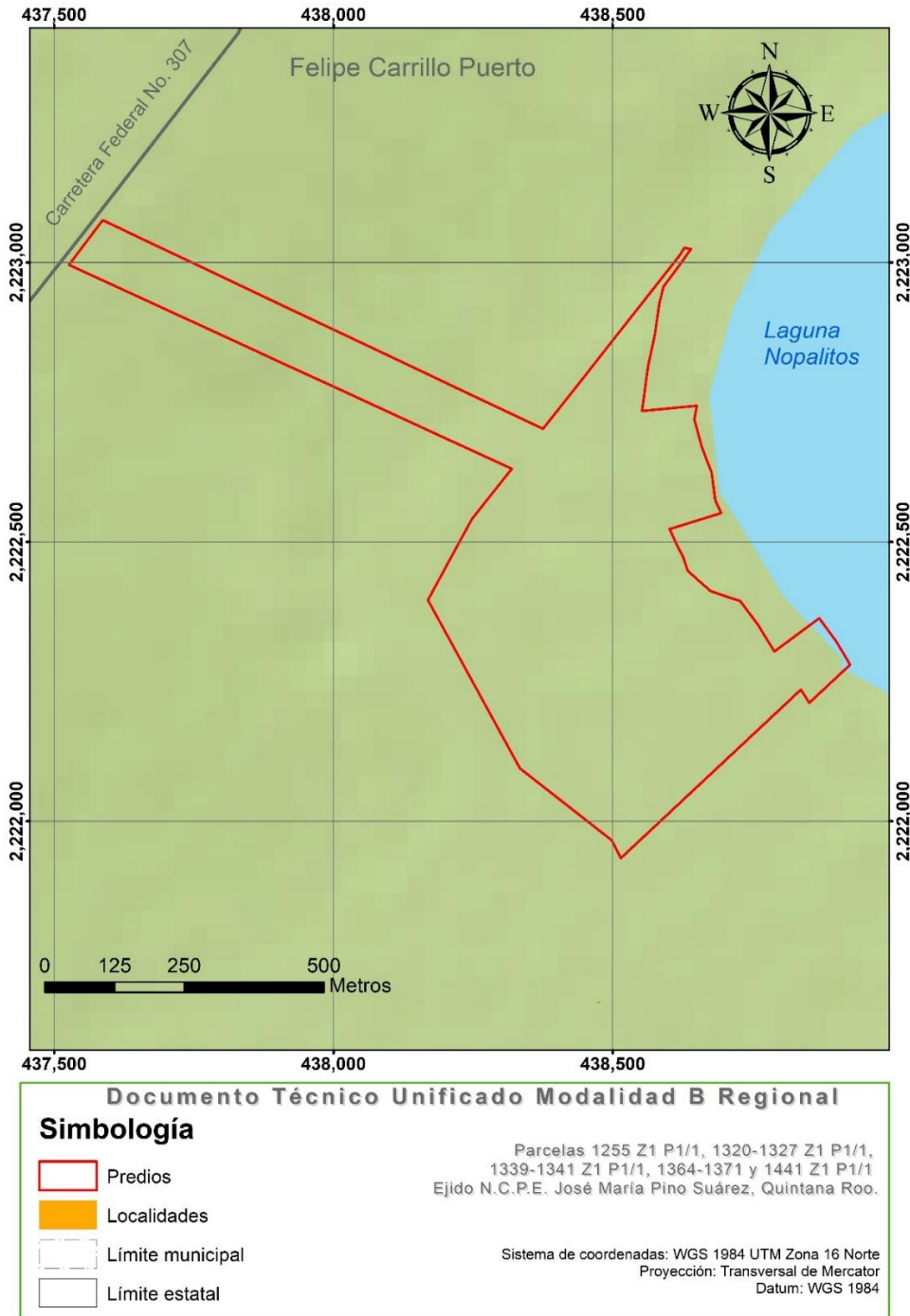
**Simbología**

	Carretera Federal 307	<p>Parcelas 1255 Z1 P1/1, 1320-1327 Z1 P1/1,                  1339-1341 Z1 P1/1, 1364-1371 y 1441 Z1 P1/1                  Ejido N.C.P.E. José María Pino Suárez, Quintana Roo.</p> <p>Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 16 Norte                  Proyección: Transversal de Mercator                  Datum: WGS 1984</p>
	Microcuenca_Chumpon	
	Predios	
	Límite municipal	
	Límite estatal	
	Localidades	

Figura II:4. Representación gráfica regional del proyecto.

### II.2.3 Representación gráfica local.

En la **Figura II:5** se presenta de forma gráfica la ubicación geográfica del proyecto en escala local. Se muestran los principales elementos geográficos y geopolíticos presentes en el conjunto predial y sus alrededores, como son la Laguna Nopalitos en la colindancia Este y la Carretera Federal número 307 al Oeste.



**Figura II:5. Representación gráfica local del proyecto.**



## II.2.4 Preparación del sitio y construcción

### II.2.4.1 Desmonte

Consiste en el retiro de la vegetación en las áreas de desplante del proyecto; es decir, en aquellas áreas donde se realizará el cambio de uso del suelo, para establecer las vialidades, andadores, el mercado, los caminos peatonales, las edificaciones, el equipamiento, las áreas verdes ajardinadas, viviendas, el hotel, el hostel, el club de playa y el río artificial.

### II.2.4.2 Despalme

El despalme del terreno consiste en retirar la capa superficial (tierra vegetal) que por sus características mecánicas no es adecuada para el desplante de los edificios y los demás elementos del proyecto.

### II.2.4.3 Etapas de construcción

El proyecto busca que el conjunto se encuentre en armonía con su contexto, por eso se incentivará el uso de materiales ecológicos y pertenecientes al sitio. Para todas las calles se utilizará adocreto, de tal manera que puedan ser permeables, existirán también andadores de piedra caliza, y andadores de sascab. El malecón central será un deck sintético de alta durabilidad y acabado de madera. Los materiales a utilizar serán: concreto aparente, acabado de madera, concretos entintados, adocreto, losetas cerámicas, sascab, piedra caliza.

Las obras de urbanización consisten en la formación de terraplenes que constituirán las vialidades, lo cual implica su relleno, compactación y nivelación.

La construcción de los edificios y viviendas contempla las actividades de excavación de zanjas y pocetas de cimentación, la cimentación; la instalación de estructuras, columnas y trabes; el levantamiento de muros y la instalación de techumbres y acabados. Estas actividades se describen a continuación:

**Excavación:** Consiste en el replanteo de la cimentación y la excavación o retiro del suelo superficial de las zanjas donde se establecerá la estructura de cimentación. Al excavar se busca una zona de dureza aceptable, el plano de asiento de la cimentación.

**Cimentación:** Consiste en encofrado y colado de concreto de la cimentación, columnas, muros y la base de la estructura general del edificio. Su función es transmitir sus cargas o elementos apoyados en ella al suelo, distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales.

**Estructura:** Se refiere al colado de columnas, trabes y losas que conforman la estructura general del edificio.

**Levantamiento de muros:** Se refiere a la colocación de los elementos que conforman los muros de las edificaciones con elementos como bloques o prefabricados de concreto.

**Instalaciones:** De agua potable, sanitarias, de energía eléctrica, de comunicaciones, etc.

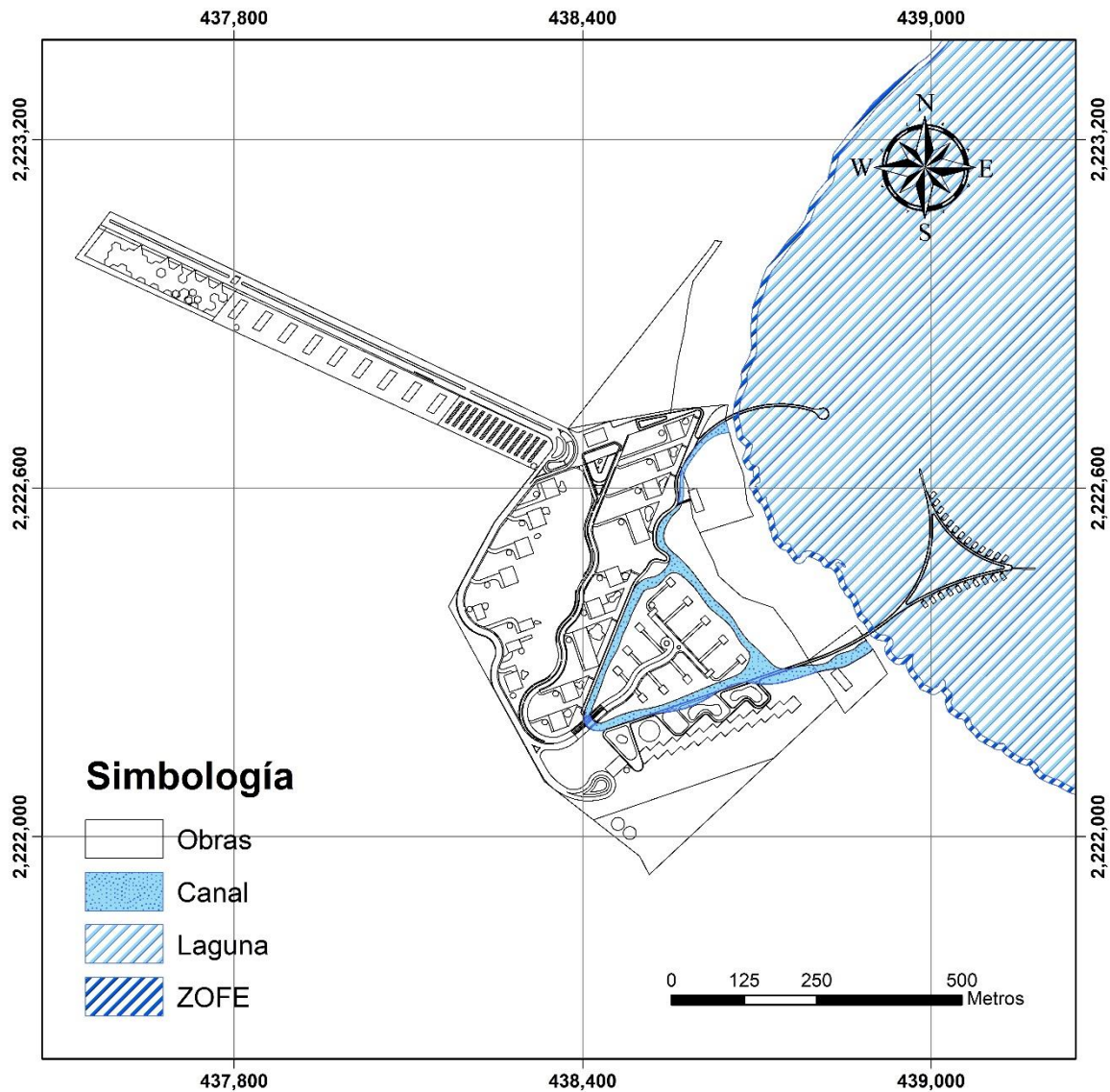
**Acabados.** Se refiere a los revestimientos externos de los muros, pintura y colocación de elementos decorativos y mobiliario en interiores.

#### II.2.4.3.1 Canales o ríos artificiales

El proyecto considera la construcción de un río artificial (canal) con fines ecológicos y de navegación y funcionamiento natural. El sistema de canales fue determinado en términos de su diseño funcional y constructivo a través del estudio de la modelación hidrodinámica y su verificación en campo. Estos estudios permiten evitar y reducir los procesos de asolvamiento natural para mantener la calidad ambiental del ecosistema.

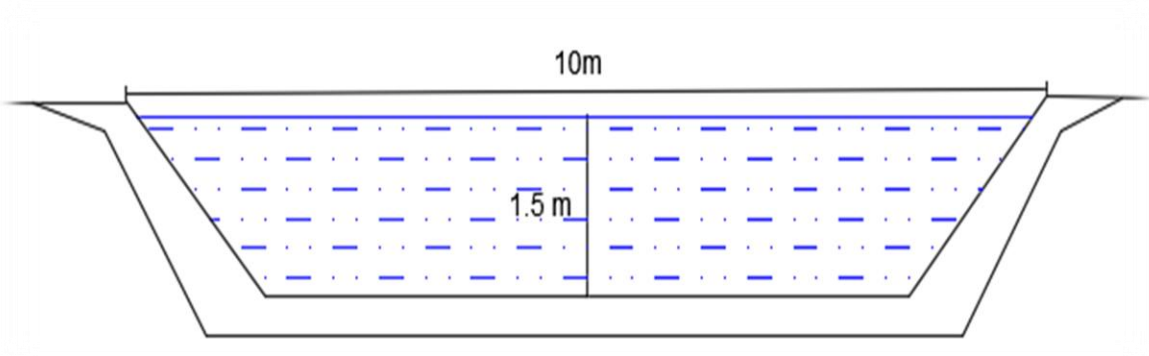
El procedimiento constructivo que se implementará para el sistema de canales considera que el material producto de la excavación se dispondrá en las áreas autorizadas del proyecto, destinadas a la construcción de terraplenes. Posterior a estas acciones el material será utilizado en los lotes del proyecto que requieran material para su nivelación, como pueden ser vialidades, viviendas, hotel, entre otros.

En la **Figura II:6**, se muestra la ubicación del canal dentro del proyecto Pastizales, en una superficie de **18,712.22 m<sup>2</sup>**



*Figura II.6. Ubicación del canal río artificial (canal) en el Proyecto Los Pastizales*

El canal tendrá un ancho mínimo de 10 m hasta los 20 m y tendrá un tirante mínimo de 1.5 m, tal como se muestra en la **Figura II.7**. En dicha figura se muestra el perfil del canal para de un ancho típico de 10 m; sin embargo, el ancho del canal será variable de acuerdo al diseño, ya que tiene una forma irregular.



*Figura II:7. Perfil de diseño del río artificial, con un ancho típico de 10 m.*

La construcción del canal se realizará mediante la excavación del área con retro excavadora a la profundidad de diseño del canal. El material producto de dicha excavación se usará para la conformación de los terraplenes cuando las especificaciones de construcción así lo permitan, minimizando la generación de residuos y evitando el asolvamiento en el área del canal.

## **II.2.5 Estimación del volumen por especie de las materias primas forestales derivadas del cambio de uso del suelo**

### ***II.2.5.1 Sitios de muestreo***

Para la estimación de los volúmenes de las materias primas forestales se emplearon dos sitios de muestreo distribuidos en una superficie de 7.5 Ha, que corresponde al área con cobertura de selva mediana subperennifolia (SMQ) en el predio localizados en donde se señala en la **Figura II:8**.

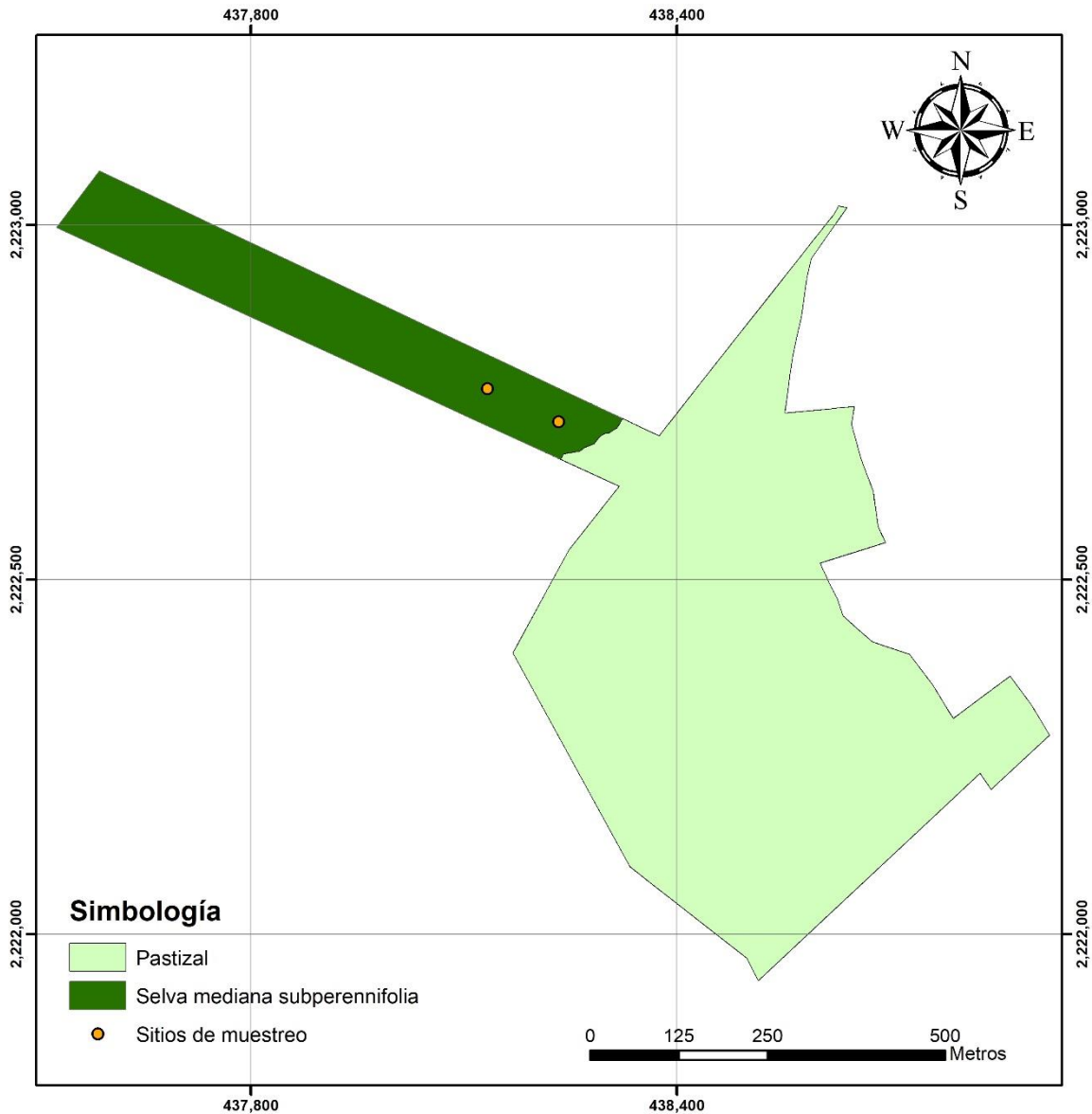


Figura II:8. Ubicación de los sitios de muestreo en la porción del predio ocupada por Selva Mediana Subperennifolia

### II.2.5.2 Tamaño de muestra y nivel de confiabilidad

El tamaño de la muestra se obtuvo por medio de la ecuación siguiente, usando como parámetro de referencia el área basal:

$$n = \frac{t^2 * CV^2}{E^2 + \frac{t^2 * CV^2}{N}}$$

Donde  $n$  es el número de unidades muestrales (sitios);  $E$  es el error con el que se quiere obtener los valores de un determinado parámetro;  $t$  es el valor que se obtiene de las tablas de  $t$  de Student, generalmente se usa  $\alpha=0.05$ ;  $N$  es el total de unidades muestrales en toda la población y  $CV$  es el coeficiente de variación.

Por medio del muestreo piloto de dos sitios de 500 m<sup>2</sup> cada uno se obtuvieron los resultados del **Cuadro II:6**, en el que se puede apreciar que los dos sitios de muestreo resultaron suficientes para efectos del cálculo del volumen de las materias primas forestales:

*Cuadro II:6. Parámetros y resultados del cálculo del tamaño de la muestra para el cálculo de los volúmenes de materias primas forestales.*

Parámetro	Valor
Error	2.324150199
t	12.7072
E <sup>2</sup>	540.1674%
t <sup>2</sup>	161.4729318
cv	0.25866003
cv <sup>2</sup>	0.066905011
N	150.18634
Muestra	2.0

En relación al nivel de confiabilidad que se obtuvieron con los resultados del muestreo realizado, los parámetros fueron los siguientes (**Cuadro II:7**). Estos resultados muestran que el rango de datos de área basal fue de 25.28 a 28.38 m<sup>2</sup>/ha:

*Cuadro II:7. Nivel de confiabilidad de los resultados del muestreo.*

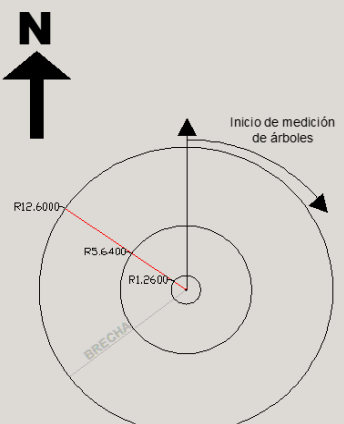
PARÁMETRO	VALOR
Superficie muestreada	7.5
Intensidad de muestreo	1.33%
Número de sitios levantados	2.00
Estimador de área basal (m <sup>2</sup> /ha)	26.83
Varianza	0.12
Desviación estándar	0.35
Error estándar	0.25
Porcentaje de error estándar obtenido	0.01
Coefficiente de variación	1.29
t-valor (n-1) para alfa 0.05 (95% de confiabilidad)	6.31
Rango de confianza máxima	28.38
Rango de confianza mínima	25.28

### II.2.5.3 Diseño de muestreo

El diseño de muestreo fue simple aleatorio, el cual se basa en el supuesto de que los puntos de muestreo de toda la población, se eligen de tal forma, que cualquier combinación de n unidades, tenga la misma oportunidad de ser seleccionada, se lleva a cabo seleccionando cada unidad al azar e independientemente de cualquier unidad previamente obtenida (Bautista, et al., 2004)<sup>4</sup>. Cabe señalar que el muestreo aleatorio se realizó dentro de la superficie ocupada por el tipo de vegetación de selva mediana subperennifolia.

La unidad de muestreo consistió en parcelas circulares concéntricas de 500 m<sup>2</sup> para el estrato arbóreo, de 100 m<sup>2</sup> para el estrato de regeneración y de 5 m<sup>2</sup>, tal como se muestra gráficamente en el **Cuadro II:8**.

**Cuadro II:8. Síntesis de las características de muestreo para el levantamiento forestal en los sitios de muestreo.**

Dinámica de muestreo	Superficie del sitio	Parámetros para la toma de datos	Variables registradas
	500 m <sup>2</sup> Radio de 12.6 m	Diámetro normal ≥ 10 cm	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altura total</li> <li>• Altura al fuste limpio</li> <li>• Plantas epífitas</li> <li>• Forma de fuste</li> <li>• Estado o condición</li> </ul>
	100 m <sup>2</sup> Radio de 5.64 m	Diámetro normal ≥ 5 cm y <10 cm	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altura total</li> <li>• Altura al fuste limpio</li> <li>• Forma de fuste</li> <li>• Estado o condición</li> </ul>
	5 m <sup>2</sup> Radio de 1.26 m	Diámetro normal < 5 cm	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobertura</li> <li>• Altura total</li> </ul>

### II.2.5.4 Variables dasométricas

#### II.2.5.4.1 Densidad

La densidad es el número de individuos por unidad de área (Smith & Smith, 2007)<sup>5</sup>, de tal forma que la densidad se obtuvo con el número de individuos registrados en el muestreo y extrapolando a hectáreas y a la superficie del predio. Cabe destacar que la ocupación del sitio depende también del tamaño de los individuos. Así, un número constante de árboles por unidad de superficie, representará diversos grados de ocupación del sitio y de densidad

<sup>4</sup> Bautista-Zuñiga F., Cram-Heydrich S. y Sommer Cervantes I. 2004. Suelos. En: Bautista-Zuñiga F., Delfin-Gonzalez H., Palacio Prieto J.L. y Delgado-Carranza M.C. pp. 73-115. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales, UNAM, México, D.F.

<sup>5</sup> Smith T.M. y Smith R.L. 2007. Ecología Sexta edición. Editorial Pearson. Madrid, España.

dependiendo del tamaño de los árboles (Cancino, 2012)<sup>6</sup>. Por tanto, además de la densidad, se presentan las categorías de altura y diámetro de los individuos registrados.

#### II.2.5.4.2 Área basal

El área basal es la suma de la sección transversal del fuste a la altura del pecho de todos los árboles por unidad de superficie (Ugalde, 1981)<sup>7</sup>. El área basal se obtuvo inicialmente por individuo, una vez obtenido por individuo se extrapoló a nivel hectárea. La estimación se llevó a cabo mediante la siguiente ecuación:

$$AB = \pi * r^2$$

Donde:

AB= Área basal

$\pi = 3.1416$

r= Radio

Los resultados de densidades y áreas basales para el estrato arbóreo en el proyecto se presentan en el **Cuadro II:9**.

**Cuadro II:9. Densidades y área basal del estrato arbóreo por especie dentro del predio.**

Especie	Individuos	Superficie muestreada m <sup>2</sup>	Densidad ind/m <sup>2</sup>	Densidad ind/ha	Área basal (m <sup>2</sup> )	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)
<i>Acacia dolichostachya</i>	6	1,000	0.006	60	0.0723	0.72
<i>Beaucarnea plabilis</i>	1	1,000	0.001	10	0.0316	0.32
<i>Bursera simaruba</i>	11	1,000	0.011	110	0.2303	2.30
<i>Byrsonima bucidifolia</i>	3	1,000	0.003	30	0.0764	0.76
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	9	1,000	0.009	90	0.1343	1.34
<i>Coccoloba diversifolia</i>	1	1,000	0.001	10	0.0089	0.09
<i>Diospyros yucatanensis</i>	1	1,000	0.001	10	0.0097	0.10
<i>Diphysa carthagenensis</i>	1	1,000	0.001	10	0.0215	0.22
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	3	1,000	0.003	30	0.0301	0.30
<i>Exothea diphylla</i>	2	1,000	0.002	20	0.0182	0.18
<i>Ficus cotinifolia</i>	7	1,000	0.007	70	0.3328	3.33
<i>Gliricidia sepium</i>	2	1,000	0.002	20	0.0378	0.38
<i>Gymnanthes lucida</i>	13	1,000	0.013	130	0.1459	1.46
<i>Gymnopodium floribundum</i>	2	1,000	0.002	20	0.0182	0.18
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	2	1,000	0.002	20	0.0230	0.23
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	4	1,000	0.004	40	0.0997	1.00

<sup>6</sup> Cancino, J. O. (2012). Dendrometría básica. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento Manejo de Bosques y Medio Ambiente.

<sup>7</sup> Ugalde L.A. 1981. *Conceptos básicos de dasometría*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa de Recursos Naturales Renovables. Turrialba, Costa Rica.



Especie	Individuos	Superficie muestreada m <sup>2</sup>	Densidad ind/m <sup>2</sup>	Densidad ind/ha	Área basal (m <sup>2</sup> )	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)
<i>Manilkara zapota</i>	1	1,000	0.001	10	0.0282	0.28
<i>Metopium brownei</i>	4	1,000	0.004	40	0.2310	2.31
<i>Myrcianthes fragrans</i>	5	1,000	0.005	50	0.0809	0.81
<i>Neea psychotrioides</i>	1	1,000	0.001	10	0.0084	0.08
<i>Piscidia piscipula</i>	7	1,000	0.007	70	0.1793	1.79
<i>Psidium sartorianum</i>	1	1,000	0.001	10	0.0211	0.21
<i>Sabal yapa</i>	2	1,000	0.002	20	0.0658	0.66
<i>Semialarium mexicanum</i>	3	1,000	0.003	30	0.0405	0.41
<i>Simarouba amara</i>	1	1,000	0.001	10	0.0282	0.28
<i>Thouinia paucidentata</i>	9	1,000	0.009	90	0.1399	1.40
<i>Vitex gaumeri</i> Greenm.	25	1,000	0.025	250	0.5585	5.59
<i>Zuelania guidonia</i>	1	1,000	0.001	10	0.0103	0.10
						26.83

Para el estrato arbustivo, las densidades y área basal se presentan en el **Cuadro II:10**.

**Cuadro II:10. Densidades del estrato arbustivo por especie dentro del predio.**

Especie	Individuos	Superficie muestreada m <sup>2</sup>	Densidad ind/m <sup>2</sup>	Densidad ind/ha	AB m <sup>2</sup>	AB m <sup>2</sup> /ha
<i>Acacia dolichostachya</i>	1	200	0.005	50	0.0050	0.25
<i>Byrsonima bucidifolia</i>	1	200	0.005	50	0.0024	0.12
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	4	200	0.02	200	0.0144	0.72
<i>Cameraria latifoli</i>	3	200	0.015	150	0.0157	0.79
<i>Cascabela gaumeri</i>	1	200	0.005	50	0.0023	0.11
<i>Diospyros yucatanensis</i>	1	200	0.005	50	0.0048	0.24
<i>Gymnanthes lucida</i>	8	200	0.04	400	0.0361	1.81
<i>Gymnopodium floribundum</i>	2	200	0.01	100	0.0088	0.44
<i>Hampea trilobata</i>	1	200	0.005	50	0.0023	0.11
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	2	200	0.01	100	0.0053	0.27
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	1	200	0.005	50	0.0050	0.25
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	1	200	0.005	50	0.0035	0.18
<i>Manilkara zapota</i>	2	200	0.01	100	0.0093	0.46
<i>Metopium brownei</i>	1	200	0.005	50	0.0054	0.27
<i>Myrcianthes fragrans</i>	5	200	0.025	250	0.0175	0.87
<i>Piscidia piscipula</i>	1	200	0.005	50	0.0029	0.14
<i>Randia longiloba</i>	1	200	0.005	50	0.0062	0.31
<i>Thouinia paucidentata</i>	2	200	0.01	100	0.0052	0.26
<i>Vitex gaumeri</i>	2	200	0.01	100	0.0078	0.39
<i>Zuelania guidonia</i>	2	200	0.01	100	0.0075	0.37

Para el estrato herbáceo, las densidades se presentan en el **Cuadro II:11**.

**Cuadro II:11. Densidades y cobertura (ancho) de las plántulas del estrato herbáceo por especie dentro del predio.**

Especie	Individuos	Superficie muestreada m <sup>2</sup>	Densidad ind/m <sup>2</sup>	Densidad ind/ha	Cobertura
<i>Anthurium schlechtendalii</i>	2	10	0.2	2,000	1.2
<i>Bromelia karatas</i>	1	10	0.1	1,000	1
<i>Brosimum alicastrum</i>	1	10	0.1	1,000	0.6
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	1	10	0.1	1,000	1.5
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	1	10	0.1	1,000	0.4
<i>Eugenia axillaris</i>	1	10	0.1	1,000	0.5
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	2	10	0.2	2,000	0.6
<i>Malvaviscus arboreus</i>	1	10	0.1	1,000	0.1
<i>Myrcianthes fragrans</i>	2	10	0.2	2,000	2.4
<i>Nectandra coriacea</i>	1	10	0.1	1,000	0.4
<i>Paullinia pinnata</i>	9	10	0.9	9,000	1.4
<i>Psidium sartorianum</i>	1	10	0.1	1,000	2
<i>Psychotria pubescens</i>	1	10	0.1	1,000	0.4

#### II.2.5.4.3 Volumen

El volumen es la medida de la cantidad de madera sólida más ampliamente utilizada. Entiéndase madera como parte sólida de los árboles por debajo de la corteza, formada por un conjunto de elementos lignificados, lo mismo tráqueas o traqueidas. En sentido estricto, en cuanto al período de su formación, toda suerte de tejido secundario producido por el cambium hacia el interior del mismo (García-Esteban, et al., 2003)<sup>8</sup>. Con base en lo anteriormente mencionado, se estima el volumen para las especies forestales maderables. Mientras para las especies forestales no maderables (Ej. *Sabal* sp., *Beucarnea* sp., *Coccothrinax* sp. etc.) se estima sólo la densidad y área basal.

La metodología para la estimación de volumen total de las especies forestales maderables se obtuvo mediante las ecuaciones generadas en el Inventario Forestal de la Zona Felipe Carrillo Puerto-Chunjujub Quintana Roo (DGINF, 1969)<sup>9</sup>. El modelo estadístico utilizado para generar las ecuaciones fue el siguiente: Con el mismo fin se contó con las mediciones de 1004 árboles efectuadas con un dendrómetro “Barr y Stroud”, Modelo FP-12. Esta metodología establece ecuaciones ajustadas de regresión por tipo de especies, en dichas

<sup>8</sup> García-Esteban L., Guindeo-Casasus A., Peraza-Oramas C. y Palacios de Palacios P. 2003. *La madera y su anatomía*. Muni-Prensa. México, D.F.

<sup>9</sup> DGINF. (1969). Inventario Forestal de la Zona F. Carrillo Puerto-Chunjujub, Quintana Roo. México: Dirección General del Inventario Nacional Forestal, Subsecretaría Forestal y de la Fauna, Secretaría de Agricultura y Ganadería (publicación número 19), 74 pp.

ecuaciones la variable dependiente es el Volumen y las variables independientes a considerar fueron varias combinaciones del Diámetro y la Altura, a la primera y segunda potencia, esto es; A, D<sup>2</sup>, A<sup>2</sup>D, AD, y AD<sup>2</sup> (donde A= altura y D= diámetro) como se muestra en el **Cuadro II:12**.

*Cuadro II:12. Ecuaciones ajustadas de regresión por especie.*

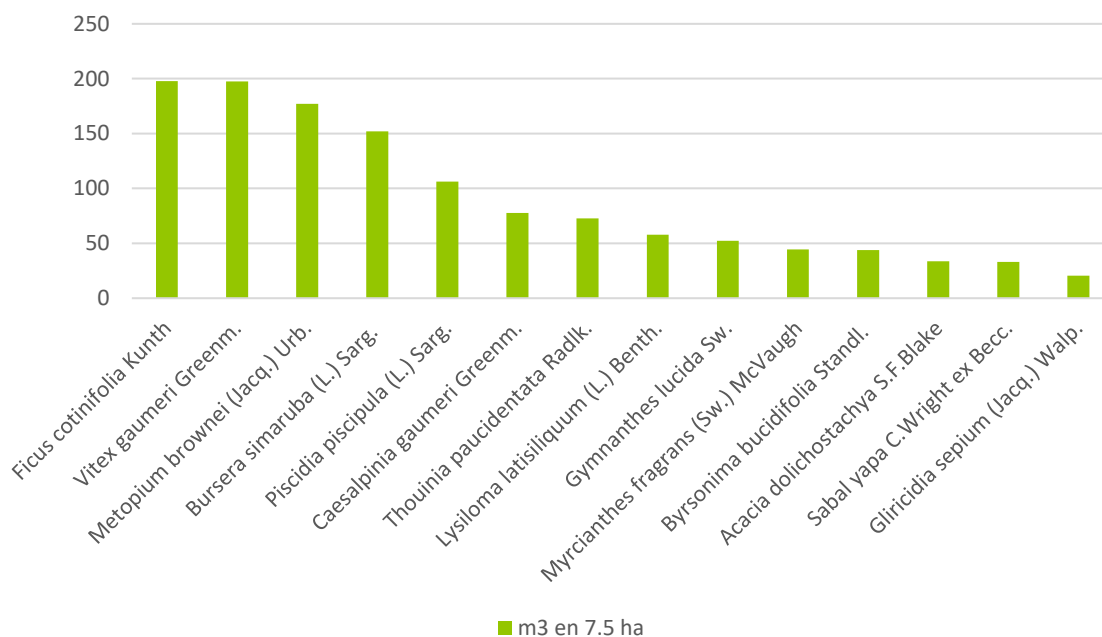
ESPECIE	ECUACIÓN AJUSTADA DE REGRESIÓN
Caoba	$6.35497D^2+0.04409AD$
Cedro	$5.59697D^2+0.07368AD$
<b>Chacá</b>	<b><math>(0.03715+0.42045AD^2</math></b>
Amapola	$0.02579+0.37583AD^2$
Chechem negro	$-(0.19936+1.42373D+0.28877AD^2$
Tzalam	$0.038807+0.36626AD^2$
Jabín	$0.10685-0.01807*A^2.28728D^2+0.11149AD + 0.33368AD^2$
Jobo	$0.04690+0.39511AD^2$
Katalox	$0.05225-0.04989AD+0.57736AD^2$
Pucté	$4.44486D^2+0.16001AD^2$
Ramón	$-0.02315+3.01858D^2+0.24766AD^2$
Zapote	$5.77889D^2+0.03406AD$
Ya áxník	$0.06327AD+0.21083AD^2$
Chacté viga	$0.08114+0.40412AD^2$
Kintanché	$0.06259-2.07486D^2+0.48261AD^2$
Otras especies	$-0.09351+0.87570D+0.32263AD^2$

La estimación de volumen en el estrato arbóreo de proyecto solo se consideraron la especie Chacá, Chechem negro, Tzalam, jabín, katalox, Ramón, Yaaxnik, Kitanché y Otras especies, esto considerando las especies registradas con el cuadro anterior (Ecuaciones ajustadas de regresión por especie).

Continuando con esta parte de estimación de volumen puede notarse que solo se presentan los individuos que corresponde al estrato arbóreo, esto es porque los datos de campo utilizados en el Inventario Forestal de la Zona Felipe Carrillo Puerto-Chunjub, Quintana Roo (IFZFCP) fueron de los árboles con diámetros a partir de 12.5 cm. Para elaborar las tablas de volúmenes, se empleó el dendrómetro para poder cubicar del fuste limpio mediante los diámetros a cualquier altura, con la finalidad de no derribar el arbolado, de esto la mayoría de los individuos cubicados se registraron en las clases diamétricas a partir de 10 cm. Por este motivo el incluir a los individuos del estrato arbustivo en la estimación del volumen estaría **sobreestimando dicha variable** o simplemente **sesgaría los resultados significativamente**.

El estrato arbóreo de la porción del predio que comprende las 7.5 Ha de selva mediana subperennifolia es de **1,403.76 m<sup>3</sup>**. *Ficus cotinifolia*, *Vitex gaumeri*, *Metopium brownei*, *Bursera simaruba* y *Piscidia piscipula* fueron las 5 especies que presentaron mayor volumen

con 197.78, 197.37, 177.05, 152.15 y 106.25 m<sup>3</sup> respectivamente, representando en conjunto el 59.17% del volumen total estimado. En **Figura II:9**, se presentan las 14 especies con mayor volumen total en las 7.5 Ha abarcadas por selva mediana subperennifolia (SMQ).



**Figura II:9.** Volumen de las 14 especies que presentan mayor volumen en las 7.5 ha de SMQ.

Los resultados del cálculo de los volúmenes se presentan en el **Cuadro II:13**.

**Cuadro II:13. Resultados del cálculo de los volúmenes.**

Etiquetas de fila	Volumen	Vol/Ha	Vol en 7.5 Ha
<i>Acacia dolichostachya</i>	04	4.50	33.75
<i>Beaucarnea plabilis</i>	0.21	2.12	15.89
<i>Bursera simaruba</i>	2.03	20.29	152.15
<i>Byrsonima bucidifolia</i>	0.58	5.84	43.79
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	1.04	10.38	77.81
<i>Coccoloba diversifolia</i>	0.03	0.33	2.47
<i>Diospyros yucatanensis</i>	0.06	0.60	4.51
<i>Diphysa carthagenensis</i>	0.14	1.40	10.49
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	0.15	1.52	11.42
<i>Exothea diphylla</i>	0.08	0.77	5.80
<i>Ficus cotinifolia</i>	2.64	26.37	197.78
<i>Gliricidia sepium</i>	0.27	2.73	20.48
<i>Gymnanthes lucida</i>	0.70	6.98	52.33
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.07	0.72	5.43
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	0.15	1.53	11.46

Etiquetas de fila	Volumen	Vol/Ha	Vol en 7.5 Ha
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0.77	7.72	57.92
<i>Manilkara zapota</i>	0.22	2.16	16.22
<i>Metopium brownei</i>	2.36	23.61	177.05
<i>Myrcianthes fragrans</i>	0.59	5.91	44.30
<i>Neea psychotrioides</i>	0.03	0.32	2.37
<i>Piscidia piscipula</i>	1.42	14.17	106.25
<i>Psidium sartorianum</i>	0.16	1.63	12.21
<i>Sabal yapa</i>	0.44	4.41	33.10
<i>Semialarium mexicanum</i>	0.27	2.70	20.26
<i>Simarouba amara</i>	0.19	1.88	14.11
<i>Thouinia paucidentata</i>	0.97	9.69	72.69
<i>Vitex gaumeri</i>	2.63	26.32	197.37
<i>Zuelania guidonia</i>	0.06	0.58	4.33
<b>Total general</b>	<b>18.72</b>	<b>187.17</b>	<b>1,403.76</b>

## II.2.6 Estimación económica de los recursos biológicos forestales del área sujeta al cambio de uso del suelo

### II.2.6.1 Estimación del valor económico de los recursos forestales maderables

Para estimar el valor económico de la producción maderable en el predio se requiere conocer el costo por m<sup>3</sup> de la producción forestal correspondiente al estado de Quintana Roo, esto se representa en el **Cuadro II:14**.

*Cuadro II:14. Costo por género y/o grupos de recursos maderables para el estado de Quintana Roo.*

Género y/o grupo	Producción (m <sup>3</sup> )	Costo total	Costo/m <sup>3</sup>
Maderas preciosas	4,807	\$17,307,518	\$3,600.27
Maderas comunes tropicales	47,139	\$84,091,064	\$1,783.90

*Costo/m<sup>3</sup>: Se calculó dividiendo el costo total entre los m3 de producción*

Para el establecimiento del proyecto se registró solamente el grupo de maderas comunes tropicales, con un volumen total de **1,403.76 m<sup>3</sup>**, por lo que el monto total es de **\$2,504,167.46**.

Con lo que respecta a la valoración por tipo de producto que se obtendrían del recurso forestal maderable el Anuario Estadísticos de la Producción Forestal 2016 señala los siguientes productos correspondientes para el estado de Quintana roo; escuadría, chapa y triplay, postes, pilotes y morrillos, leña y carbón.

Para el género de maderas preciosas toda la producción se obtiene escuadría, el cual para el proyecto no aplica, ya que no se registraron especies dentro de esta clasificación.

En lo que respecta a las maderas comunes tropicales según el Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2016 señala como productos; escuadría, chapa y triplay, postes, pilotes y morrillos, leña y carbón, para ello se requiere conocer el costo por m<sup>3</sup> (Costo/m<sup>3</sup>) por tipo de producto para estimar el costo de los posibles productos a obtener del proyecto Pastizales, el cual en el **Cuadro II:15** se desglosa detalladamente.

*Cuadro II:15. Costo por tipo de producto reportado para el estado de Quintana roo.*

Producto	Producción	Valor de la producción	Costo/m <sup>3</sup>
Escuadría	28,425	\$59,818,315	\$2,104.43
Celulósicos	0	0	-
Chapa y triplay	3,151	\$ 5,042,346	\$1,600.23
Postes, pilotes y morrillos	10,050	\$30,148,683	\$2,999.87
Leña	941	\$197,610	\$210
Carbón	9,380	\$6,190,628	\$659.98
Durmientes	0	0	-
<b>Total</b>	<b>51,947</b>	<b>\$101,397,582</b>	<b>\$1,951.94</b>

Dado que se estimaron 1,403.76 m<sup>3</sup>, el valor de los productos maderables considerando el valor por m<sup>3</sup> (\$1,951.94) es de **\$2,740,055.29**.

Con base en lo anterior, el valor total de los recursos forestales es de **\$5,244,222.75**.

### *II.2.6.2 Estimación del valor económico de los recursos no maderables*

Los Productos Forestales No Maderables (PFNM), también llamados Beneficios Forestales No Madereros, son “Todos los productos y servicios vegetales y animales, excluida la madera rolliza industrial y la madera para energía, derivados de los bosques y otras tierras forestadas y de árboles fuera del bosque” Es decir, los PFNM constituyen una colección de recursos biológicos que incluye una gran variedad de beneficios, como por ejemplo: frutas, nueces, semillas, aceites, especias, resinas, gomas, plantas medicinales y muchos otros, específicos de las áreas donde son recolectados (Tapia & Reyes, 2008)<sup>10</sup>.

De acuerdo al último Anuario Estadístico de la Producción Forestal (2016), en Quintana Roo se produjeron 33 toneladas de productos forestales no maderables con un valor total de \$2,728,690.00, lo que resulta en un valor de \$82,687.58/ton. En el **Cuadro II:16** se presenta la producción de cada uno de los productos no maderables y su valor en pesos. A hora bien, la superficie autorizada para aprovechamiento no maderable en el año 2016 fue de 26,682 en el estado mientras que la cantidad autorizada fue de 18,812 ton, lo que resulta en un rendimiento no maderable de 0.705 ton/ha. Considerando la superficie de selva del

<sup>10</sup> Tapia, E. d. C. & Reyes, R., 2008. Productos Forestales No Maderables en México: Aspectos económicos para el Desarrollo Sustentable. Madera y Bosques, 14(3), pp. 95-112.

conjunto predial donde se ubicará el proyecto, se tiene una producción no maderable de 5.29 ton, con un valor de **\$437,417.29**, considerando el precio por tonelada.

**Cuadro II:16. Producción forestal no maderable en Quintana Roo y su valor en pesos.**

Productos	Resina	Gomas	Ceras	Fibras	Rizomas	Otros	Tierra de monte	Total
Producción (ton)	0	28	0	0	0	5	0	33
Valor (\$)	0.00	\$2,675,520.00	0.00	0.00	0.00	\$53,170.00	0	\$2,728,690.0
	-	95,554.29	-	-	-	10,634.00	-	\$82,687.58

Para el cálculo del costo de la tierra de monte fue a través de consulta directa, es decir, se investigó el costo por el cual se adquiere un metro cúbico de tierra de monte en la zona, mismo que se estimó con un costo de \$750.00 /m<sup>3</sup>.

La superficie de cambio de uso del suelo a realizar en la vegetación de selva es de 49,939.60 m<sup>2</sup>. Si se realiza un despalme a una profundidad promedio de 30 cm (0.30 m), se tiene un volumen total de despalme de 14,981.88 m<sup>3</sup>; y considerando un porcentaje de producto de despalme de tierra de monte del 40%, se tiene un volumen de 5,992.75 m<sup>3</sup> de este material, con un valor de **\$4,494,562.50**.

Por lo tanto, el valor total de los productos no maderables es de **\$4,931,979.79**

### II.2.6.3 Estimación del valor económico de los recursos faunísticos

Considerando las abundancias resultantes del estudio de fauna, se obtuvo la valoración económica de los recursos faunísticos considerando un precio de \$891.70 por ejemplar, la cual se presenta en el **Cuadro II:17**.

**Cuadro II:17. Valor económico de los recursos faunísticos del predio.**

Clase	Nombre Científico	Valor económico
ANFIBIOS	<i>Smilisca baudinii</i>	\$3,566.80
	<i>Trachycephalus typhonius</i>	\$891.70
	<i>Ctenosaura similis</i>	\$5,350.20
	<i>Basiliscus vittatus</i>	\$4,458.50
	<i>Anolis sericeus</i>	\$7,133.60
	<i>Hemidactylus frenatus</i>	\$6,241.90
REPTILES	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	\$2,675.10
	<i>Aspidoscelis angusticeps</i>	\$1,783.40
	<i>Boa constrictor</i>	\$891.70
	<i>Mastigodryas melanolomus</i>	\$891.70
	<i>Leptophis mexicanus</i>	\$891.70
	<i>Rupornis magnirostris</i>	\$ 891.70
AVES	<i>Cathartes aura</i>	\$8,025.30
	<i>Coragyps atratus</i>	\$5,350.20
	<i>Ardea alba</i>	\$891.70

Clase	Nombre Científico	Valor económico
	<i>Egretta thula</i>	\$3,566.80
	<i>Butorides virescens</i>	\$3,566.80
	<i>Columbina talpacoti</i>	\$7,133.60
	<i>Patagioenas flavirostris</i>	\$2,675.10
	<i>Zenaida asiatica</i>	\$2,675.10
	<i>Eupsittula nana</i>	\$10,700.40
	<i>Dryocopus lineatus</i>	\$1,783.40
	<i>Melanerpes aurifrons</i>	\$1,783.40
	<i>Coereba flaveola</i>	\$1,783.40
	<i>Seiurus aurocapilla</i>	\$2,675.10
	<i>Setophaga coronata</i>	\$3,566.80
	<i>S. dominica</i>	\$4,458.50
	<i>S. magnolia</i>	\$3,566.80
	<i>S. ruticilla</i>	\$2,675.10
	<i>S. palmarum</i>	\$3,566.80
	<i>S. citrina</i>	\$6,241.90
	<i>Mniotilta varia</i>	\$5,350.20
	<i>Vireo magister</i>	\$2,675.10
	<i>Vireo pallens</i>	\$3,566.80
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	\$4,458.50
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	\$7,133.60
	<i>Mimus gilvus</i>	\$8,025.30
	<i>Icterus auratus</i>	\$3,566.80
	<i>Didelphis virginiana</i>	\$1,783.40
MAMÍFEROS	<i>Mustela frenata</i>	\$891.70
	<i>Cuniculus paca</i>	\$2,675.10
	<b>Valor total</b>	<b>\$152,480.70</b>

Con las consideraciones anteriores, el valor económico total de los recursos faunísticos es de **\$152,480.70**.

#### II.2.6.4 Estimación del valor económico de los servicios ambientales

El objetivo del presente apartado es poder asignar un valor a los servicios ambientales de tal forma en que lo haría un mercado hipotético o en su caso consultando fuentes bibliográficas. Para poder asignar un valor constante al precio del dólar en pesos mexicanos se empleó la base de datos del tipo de cambio para solventar obligaciones denominadas en dólares de los EE.UU. A (Banxico, 2020) tomando los seis meses del año presente (2020) obteniendo un valor promedio de **\$21.61**.



#### II.2.6.4.1 Valoración económica de la generación de oxígeno

En relación al valor económico de la generación de oxígeno en el predio, Mozombite (2015)<sup>11</sup>, estimó un valor promedio por tonelada de oxígeno producida de USD\$ 8.34 o MPX\$180.22, por lo que, el valor de la producción de oxígeno en el predio (10,955.79 ton) es de \$1,974,452.47

Por otro lado, Su et al. (2012)<sup>12</sup> propone un valor de USD\$ 55.89 por tonelada de oxígeno producido, lo que equivale a MXN\$ 1,207.78/tonO<sub>2</sub>. Esto resulta en un valor de la producción de oxígeno de **\$13,232,184.05** en toda la superficie del predio.

#### II.2.6.4.2 Provisión de agua en calidad y cantidad

De acuerdo a las reglas de operación del Programa Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable 2020, para la Península de Yucatán, el monto del pago por servicios ambientales hidrológicos, es de \$1,100/ha\*año, por lo que, en el conjunto predial del proyecto (42.396273 Ha), el valor del servicio de provisión de agua en calidad y cantidad con este criterio sería de **\$46,635.90** anuales.

Ahora bien, considerando el precio promedio por metro cúbico de agua potable en Quintana Roo (\$18.23), se tiene que el valor del agua infiltrada en el predio es de \$74,010.33 por año.

Por otro lado, de acuerdo con Barrantes (2006)<sup>13</sup>, el valor de la productividad hídrica, es decir su valor de captación es de USD\$ 0.0010/m<sup>3</sup>, lo que equivale a MXP\$ 0.02161, por lo que la infiltración de 4,059.81 m<sup>3</sup>de agua al año tiene un valor de MXP \$87.73 anuales.

#### II.2.6.4.3 Captura de carbono

Se estableció como base para la valoración del carbono, la estimación de 12.87 ton/año en las 7.5 ha de selva mediana subperennifolia. Para establecer el valor del carbono capturado en el sitio, se estimó un precio unitario de \$USD 10 por tonelada de C o \$USD 36.7 por tonelada de CO<sub>2</sub> (Comisión para la Cooperación Ambiental, 2001)<sup>14</sup>. Lo anterior se traduce en USD\$ 472.33, lo que se tiene un costo de MXN\$ 10,207.03.

---

<sup>11</sup> Mozombite, M. A., 2015. Valoración económica del secuestro de CO<sub>2</sub> y de la Producción de oxígeno en plantaciones de *Mauritia flexuosa* LF en Puerto Almendra, Iquitos, Perú. Iquitos, Perú: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

<sup>12</sup> Su, C Fu, B.; Wei, Y.; Liu, G.; Wang, D y Mao, K., 2012. Ecosystem management based on ecosystem services and human activities; a case study in the Yanhe watershed. *Sustainability Science*, 7(1), pp. 17-32.

<sup>13</sup> Barrantes, G., 2006. Valoración económica de la oferta de agua como un servicio ambiental estratégico. En: *Ecological Studies*, Vol.185 Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests: Springer.

<sup>14</sup> Comisión para la Cooperación Ambiental, 2001. México y el Incipiente Mercado de Emisiones de Carbono. Oportunidades de inversión para pequeñas y medianas empresas en la agenda sobre el cambio climático mundial: Comisión para la Cooperación Ambiental.

Por otra parte, las 22,690.18 ton de dióxido de carbono almacenadas en la vegetación de marisma, tienen un valor de \$USD 832,729.61, equivalentes a MXN\$ 17,995,286.79.

En total se tiene un valor aproximado de **MXN\$18,005,493.82** por concepto de la captura de dióxido de carbono.

#### II.2.6.4.4 Protección de la biodiversidad, ecosistemas y formas de vida

La protección de la biodiversidad es el valor más problemático para estimar, debido a la incapacidad del mercado para capturar adecuadamente o medir la contribución a la economía global, aun cuando la biodiversidad ha sido la base de la economía mundial desde el origen de la civilización humana. La significancia global de la conservación de la biodiversidad tiene dos dimensiones: a) mantener la diversidad genética en la tierra (el valor de existencia y b) el mantenimiento de los usos futuros potenciales (valor de opción).

Para estimar el valor económico de los servicios ambientales de protección de biodiversidad, se usó como base las reglas de operación del Programa de Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable (CONAFOR, 2020), según el cual, se obtiene el **Cuadro II:18**.

*Cuadro II:18. Pagos por servicios ambientales (PSA) de acuerdo a la CONAFOR (2020).*

Modalidad del PSA	Servicio ambiental relacionado	Monto (\$/Ha/Año)	Valor por la Superficie de Cambio de Uso del Suelo (16.04Ha)
Conservación de la biodiversidad	Protección de la biodiversidad	\$1,100	17,644
<b>Total</b>			<b>17,644</b>

De acuerdo a lo anterior, los servicios ambientales de la conservación de la biodiversidad tienen un valor de **MXN \$17,644**.

#### II.2.6.4.5 Protección y recuperación de suelo

El suelo es el principal soporte de la vegetación, la infraestructura y el hábitat de la biodiversidad, participa de manera esencial en el funcionamiento de cualquier ecosistema. Sin embargo, a pesar de ser el sostén de muchas de las economías agrícolas del mundo, se encuentra bajo una creciente presión de deterioro derivada tanto del crecimiento poblacional como de los patrones insostenibles de producción y consumo globales (SEMARNAT, 2015)<sup>15</sup>. Este ecosistema proporciona diversos servicios ambientales, siendo los principales la generación de alimentos y almacenamiento de agua, por lo cual el manejo inadecuado del suelo a generado su degradación. La FAO define a la degradación como un cambio en la salud del suelo, que se refleja en la disminución de la capacidad del ecosistema

<sup>15</sup> SEMARNAT, 2015. Informe de la situación del Medio Ambiente en México. Ciudad de México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

para producir bienes y servicios ambientales, tanto directos como indirectos (FAO, 2018)<sup>16</sup>. Este cambio negativo en el suelo genera pérdidas que se ven reflejadas en la economía de las poblaciones que se sustentan de los servicios ambientales proporcionados por el ecosistema suelo y por consiguiente se generan problemáticas ambientales. La valoración económica se ha visto como un instrumento que permite poner en evidencia los diferentes usos de los recursos biológicos y la biodiversidad. A continuación, se describe la estimación de la valoración económica para el suelo presente en el predio donde se desarrollará el proyecto, esta estimación se basa a la metodología propuesta por Costanza (1997).

El predio se caracteriza por tener la siguiente vegetación: selva mediana subperennifolia y marisma de zacate dominado por *Cladium jamaicense* con individuos de mangle botoncillo aislados y dispersos.

Para estimar la valoración económica de la vegetación selva mediana subperennifolia se emplearon los siguientes datos propuestos por Costanza (1997) (**Cuadro II:19**).

**Cuadro II:19. Valor global promedio de servicios ecosistémicos.**

Ecosistema	Servicio ambiental	Valor 1994 (\$US ha/año)
Bosque tropical	Control de erosión	245
	Formación de suelo	10
Marisma	Control de erosión	-
	Formación de suelo	-

Para realizar el ajuste por poder adquisitivo del valor del dólar de 1994 a 2018, se generó la transferencia del valor de los servicios ambientales del año 1994 al año 2018 con la estimación de la tasa promedio de inflación del Dólar, la cual se estimó con los valores plasmados en el **Cuadro II:20**. Se utilizan como fuente de datos las estadísticas de inflación e IPC (índice de precios al consumidor) que provee la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico).

**Cuadro II:20. Equivalencia del valor del dólar desde 1994.**

Año	Valor en dólares	Tasa de inflación
1994	\$1.00	0.027
1995	\$1.03	0.026
1996	\$1.05	0.025
1997	\$1.09	0.033
1998	\$1.11	0.016
1999	\$1.12	0.016
2000	\$1.15	0.023
2001	\$1.19	0.038
2002	\$1.21	0.014
2003	\$1.24	0.021

<sup>16</sup> FAO, 2018. Portal de suelos de la FAO. [En línea] Available at: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/en/>

Año	Valor en dólares	Tasa de inflación
2004	\$1.26	0.021
2005	\$1.31	0.034
2006	\$1.35	0.033
2007	\$1.38	0.026
2008	\$1.44	0.044
2009	\$1.44	0.000
2010	\$1.48	0.024
2011	\$1.50	0.018
2012	\$1.55	0.029
2013	\$1.57	0.017
2014	\$1.60	0.016
2015	\$1.61	0.005
2016	\$1.62	0.011
2017	\$1.66	0.016
2018	\$1.69	0.021
2019	\$1.72	0.022
2020	\$1.76	0.022
<b>Promedio</b>		<b>0.022</b>

Posteriormente se calcula el interés compuesto, la fórmula de interés compuesto es

$$VF = VP (1 + i)^n$$

VF: Valor futuro

VP: Valor presente

i: Tasa de interés

n: Número de periodos entre el valor presente y valor futuro

Entre 1994 y 2020 hay 26 años y la tasa promedio de inflación ha sido del 2.2037%, así que:

$$VF = \$1 * (1 + 0.022126)^{24} = \$1.76$$

Por lo cual, el poder adquisitivo de \$1 dólar de 1994 es igual al de \$1.76 dólares de 2020.

Para poder asignar un valor constante al precio del dólar en pesos mexicanos se empleó la base de datos del tipo de cambio para solventar obligaciones denominadas en dólares de los EE.UU. A (Banxico, 2020) obteniendo un valor de costo \$21.61. Generando la conversión del costo en dólares de las 7.51 Ha de selva media subperennifolia, a pesos mexicanos, los valores obtenidos se plasman en el **Cuadro II:21**.

**Cuadro II:21. Transferencia del valor de los servicios ambientales del año 1994 al año 2018 en dólares y pesos mexicanos**

Ecosistema	Servicio ambiental	Valor 1994 (\$US ha/año)	Valor 2020 (\$US ha/año)	Valor 2020 \$US para 7.51 Ha	Valor 2018 (Pesos mexicanos)
Bosque tropical	Control de erosión	245	431.2	3,238.31	\$69,979.92
	Formación de suelo	10	17.6	132.17	\$2,856.32
					\$72,836.24

#### II.2.6.4.6 Resultados

La síntesis y concentración de los resultados obtenidos de la estimación del valor económico de los recursos y servicios del predio, se presenta en el **Cuadro II:22**.

**Cuadro II:22. Síntesis de resultados de la estimación del valor económico.**

Concepto	Valor económico (MXN \$)
<b>Recursos forestales maderables</b>	\$5,244,222.75
<b>Recursos forestales no maderables</b>	\$4,931,979.79
<b>Recursos faunísticos</b>	\$152,480.70
<b>Servicios Ambientales</b>	
• Generación de oxígeno	\$13,232,184.05
• Provisión de agua en calidad y cantidad	\$46,635.90
• Captura de carbono	\$18,005,493.82
• Protección de la biodiversidad	\$17,644.00
• Protección y recuperación de suelo	\$72,836.24
<b>Valor Total</b>	<b>\$41,703,477.25</b>

## II.2.7 Operación y mantenimiento

### II.2.7.1 Operación

La operación del proyecto consiste en la venta y ocupación de las viviendas, tanto unifamiliares como multifamiliares y en el hospedaje del hotel.

### II.2.7.2 Mantenimiento

Por otra parte, el mantenimiento consiste en la limpieza, barrido y recolección de residuos, así como en el mantenimiento de los jardines y áreas verdes del proyecto.

## II.2.8 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones

No se prevé el desmantelamiento y abandono de las instalaciones. Una vez finalizado el tiempo de vida útil del proyecto, se procederá a renovar la autorización en materia de impacto ambiental en los términos aplicables.

No obstante, en caso de que se requiera el retiro de las instalaciones, se procederá a dar aviso a las autoridades correspondientes, a la demolición de las estructuras y a la recolección de los residuos de esta actividad (residuos de la construcción y la demolición) conforme a la normatividad vigente.

## II.2.9 Insumos requeridos

### II.2.9.1 Agua

Para el cálculo del consumo diario de agua, se utilizaron los parámetros de ocupación total del desarrollo. Dicho cálculo se presenta para las viviendas en el **Cuadro II:23**.

*Cuadro II:23. Cálculo del consumo diario de agua en la fase de operación del proyecto Pastizales para las viviendas*

Parámetro	Valor
Número de viviendas	575
Número de habitantes por vivienda	4
Número de habitantes	2,300
Consumo diario de agua por habitante (L/día)	307
Consumo diario total de agua (L/día)	706,100.00
Consumo total de agua (m <sup>3</sup> /día)	706.1

Por otra parte, el consumo de agua en los locales comerciales, se presenta en el **Cuadro II:24**.

*Cuadro II:24. Cálculo del consumo diario de agua en la fase de operación del proyecto Pastizales para los locales comerciales*

Parámetro	Valor
Número locales	138
Número usuarios	2
Número de usuarios	276
Consumo diario de agua por usuario (L/día)	150
Consumo diario total de agua (L/día)	41,400.00
Consumo total de agua (m <sup>3</sup> /día)	41.4

En total se consumirán en la etapa de operación 747.5 m<sup>3</sup> diarios de agua, que se obtendrán de pozos de aprovechamiento.

### II.2.9.2 Electricidad

La energía eléctrica requerida para la etapa de operación provendrá del servicio de la CFE, y se distribuirá mediante una red subterránea.

## II.2.10 Generación y manejo de residuos líquidos y emisiones a la atmósfera

### II.2.10.1 Residuos sólidos

En la etapa de construcción, los residuos sólidos que se generarán en el proyecto estarán constituidos por residuos de manejo especial, específicamente de la construcción y demolición; así como, en cierta medida residuos sólidos urbanos, tales como pet, cartón, vidrio y aluminio.

Por lo que respecta a la etapa de operación y mantenimiento, se generarán predominantemente residuos sólidos urbanos provenientes de las viviendas y el hotel, así como de áreas administrativas y públicas. Estos residuos serán acopiados por cada vivienda o responsable de local comercial y, posteriormente, recolectados por recolectores autorizados. La cantidad de residuos a generar se calculó considerando 575 viviendas con 4 habitantes por cada una, generando 1.5 kg/habitante. Además, se consideraron los 138 locales comerciales con una generación de 0.75 kg/usuario, con un promedio de 4 usuarios por local.

En el **Cuadro II:25** se presenta un resumen de la estimación del volumen de generación de residuos por etapa y concepto. El proyecto en cuestión será gran generador de Residuos de Manejo Especial en la etapa de preparación y construcción del sitio, así como gran generador de Residuos Sólidos Urbanos.

*Cuadro II:25. Resumen de volumen de generación de residuos*

Etapa	Concepto	Tipo residuo	Cantidad	Tipo de generador
Preparación	Biorresiduos	Madera en rollo y ramas	933.97 m <sup>3</sup>	Pequeño generador
	Despalme	Suelo	16,020.77 m <sup>3</sup>	Gran generador
Roca concreto, ladrillo,		48.062.32 m <sup>3</sup>		
Construcción	Construcción	block, tejas, hormigón, cerámico, madera, etc.	17,171.91 ton/año	Gran generador

Etapa	Concepto	Tipo residuo	Cantidad	Tipo de generador
Preparación y construcción	RSU	Plástico, cartón, vidrio, R. orgánicos	21.9 ton/año	Gran generador
	RP	Aceites, lubricantes, trapos impregnados, pinturas etc.	<400 kg/año	Microgenerador
Operación	RME	Lodos de la planta de tratamiento	33.55 ton/día	Gran generador

### II.2.10.2 Residuos líquidos

En cuanto a los residuos líquidos, estos consistirán en aguas residuales provenientes de las letrinas portátiles en la etapa de construcción, las cuales serán retiradas y trasladadas a la planta de tratamiento más cercana, por una empresa autorizada; así como de las casas habitación, el hotel y las áreas administrativas en la etapa de operación y mantenimiento, las cuales serán tratadas mediante la planta de tratamiento incluida en el proyecto.

Considerando los 747.5 m<sup>3</sup> al día de agua requeridos para el consumo del proyecto y un 80% de agua residual, se prevé la producción y tratamiento de 598 m<sup>3</sup> al día de aguas residuales durante la etapa de operación.

### II.2.10.3 Emisiones a la atmósfera

Las emisiones atmosféricas provendrán de la maquinaria pesada y el equipo mecánico usado en la etapa de construcción del proyecto, consistiendo fundamentalmente en humos provenientes de la combustión. Para minimizar estas emisiones, se realizará la afinación y mantenimiento preventivo de la maquinaria y equipo mecánico utilizado para la construcción, así como en el equipo de transporte.





# III VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO

---

## III.1 ORDENAMIENTOS JURÍDICOS FEDERALES

### III.1.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

El proyecto “Pastizales”, es un proyecto que se pretende realizar en un conjunto de predios colindantes e influenciados por la Laguna Nopalitos, en el municipio de Felipe Carrillo Puerto, a 17 km al sur del poblado de Tulum, sobre la carretera federal 307. Para poder realizar conforme a la ley el proyecto propuesto, debe someterse al proceso de evaluación de impacto ambiental, tal como se manifiesta en el Artículo 28 de la LGEEPA, que a la letra menciona:

**“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: (...)*”

*I.- Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carbo ductos y poliductos;*

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

*IX.- Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros;*

*X. Obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales; en el caso de actividades pesqueras, acuícolas o agropecuarias se estará a lo dispuesto por la fracción XII de este artículo.*

Toda vez que el proyecto incluye un río artificial (canal) sin conexión con la Laguna Nopalitos, constituye un cambio de uso del suelo en terrenos forestales y se encuentra en una zona de humedal, la obra propuesta deberá sujetarse al proceso de evaluación ambiental y por consiguiente presentar ante la SEMARNAT un Documento Técnico Unificado que deberá contener: a) la descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, y b) las medidas preventivas, de mitigación y las que sean necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente, según lo establece el artículo 30 de la LGEEPA y al 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.

El proyecto se pretende localizar en un ecosistema costero en términos de lo establecido en el artículo tercero fracción XIII Bis de la Ley en comento, que a la letra, define: *Ecosistemas costeros*: *Las playas, las dunas costeras, los acantilados, franjas intermareales; los humedales costeros tales como las lagunas interdunarias, las lagunas costeras, los esteros, las marismas, los pantanos, las ciénegas, los manglares, los petenes, los oasis, los cenotes, los pastizales, los palmares y las selvas inundables; los arrecifes de coral; los ecosistemas formados por comunidades de macroalgas y de pastos marinos, fondos marinos o bentos y las costas rocosas. Estos se caracterizan porque se localizan en la zona costera pudiendo comprender porciones marinas, acuáticas y/o terrestres; que abarcan en el mar a partir de una profundidad de menos de 200 metros, hasta 100 km tierra adentro o 50 m de elevación.* En este sentido, el sitio de estudio se considera ecosistema costero por las siguientes razones:

1. Se encuentra en una vegetación de marisma y pastizal inundable con vegetación hidrófila,
2. Colinda y tiene influencia en la Laguna Nopalitos, cuerpo de agua caracterizado por ser un cenote abierto con afloramiento de agua subterránea y conexión con el acuífero subterráneo.
3. Se encuentra a menos de 100 km tierra adentro y además tiene menos de 50 m de elevación

Adicionalmente, las obras o actividades deberán sujetarse a lo que establezca la LGEEPA y sus reglamentos, además de las normas oficiales mexicanas aplicables; los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico del territorio, las declaratorias de áreas naturales protegidas y las demás disposiciones jurídicas aplicables; según lo establece el artículo 35 de la LGEEPA.

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

El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Impacto Ambiental, establece las especificaciones a las cuales se sujeta el proceso de evaluación de impacto ambiental, y en su Artículo 5° se enlista las obras que requerirán previamente la autorización de la secretaría, siendo los incisos O) y R) los aplicables al presente proyecto:

*“Artículo 5-. Quienes pretendan llevar a cabo alguno de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental: (...)*

#### **A) Hidráulicas: (...)**

*III. Proyectos de construcción de muelles, canales, escolleras, espigones, bordos, dársenas, represas, rompeolas, malecones, diques, varaderos y muros de contención de aguas nacionales, con excepción de los bordos de represamiento del agua con fines de abrevadero para el ganado, autoconsumo y riego local que no rebase 100 hectáreas;*

*VI. Plantas para el tratamiento de aguas residuales que descarguen líquidos o lodos en cuerpos receptores que constituyan bienes nacionales, excepto aquellas en las que se reúnan las siguientes características:*

- a) Descarguen líquidos hasta un máximo de 100 litros por segundo, incluyendo las obras de descarga en la zona federal;*
- b) En su tratamiento no realicen actividades consideradas altamente riesgosas, y*
- c) No le resulte aplicable algún otro supuesto del artículo 28 de la Ley;*

#### **O). Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas: (...)**

*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 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. (...)*

***R). Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales (...)***

*I. Cualquier obra civil, con excepción de la construcción de viviendas unifamiliares para las comunidades asentadas en estos ecosistemas. (...)*<sup>17</sup>

Este Documento Técnico Unificado modalidad B Regional, se presenta en virtud de que el proyecto consiste en el cambio de uso del suelo en terrenos forestales; incluye una obra de canalización, una planta de tratamiento de aguas residuales para tratar un gasto mayor de 100 lps, y se pretende ubicar en un área definida como humedal. Dicho documento, se presenta en términos de lo establecido en 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.

De acuerdo al **Artículo 10** del reglamento, el estudio en materia de impacto ambiental puede ser presentado en dos modalidades; regional o particular, y el **Artículo 11** del mismo, establece los criterios para determinar en qué modalidad se debe presentar, dependiendo de las siguientes actividades:

***“Artículo 11.- Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de:***

***I. Parques industriales y acuícolas, granjas acuícolas de más de 500 hectáreas, carreteras y vías férreas, proyectos de generación de energía nuclear, presas y, en general, proyectos que alteren las cuencas hidrológicas;***

---

<sup>17</sup>Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. DOF. 30 de mayo DE 2000, última reforma 31 de octubre de 2014.

*II. Un conjunto de obras o actividades que se encuentren incluidas en un plan o programa parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que sea sometido a consideración de la Secretaría en los términos previstos por el artículo 22 de este reglamento;*

*III. Un conjunto de proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada, y*

*IV. Proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en los que, por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.*

*En los demás casos, la manifestación deberá presentarse en la modalidad particular.”*

Dado que las obras del proyecto “Pastizales” se considera un conjunto de obras, ya que corresponde a más de dos fracciones del artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y el 5 de su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, se estableció presentar el presente estudio de impacto en su modalidad **Regional**.

### **III.1.3 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)**

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable “*es reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, sus disposiciones son de orden e interés público y de observancia general en todo el territorio nacional, y tiene por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, así como distribuir las competencias que en materia forestal correspondan a la Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73 fracción XXIX inciso G de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, con el fin de propiciar el desarrollo forestal sustentable*”.<sup>18</sup>

Esta Ley se publicó en el Diario Oficial el 5 de junio de 2018, y su Reglamento fue expedido en el mismo medio el 21 de febrero de 2005; este último con última reforma publicada el 31 de octubre de 2014. En el artículo 93 de esta ley se plasman los términos mediante que la Secretaría autorizará en el cambio de uso de suelo forestal, que a la letra señala:

**“Artículo 93.-** *La Secretaría autorizará el cambio de uso del suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se*

---

<sup>18</sup>Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. DOF. 05 de junio de 2018.

*trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal.*

*En las autorizaciones de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la Secretaría deberá dar respuesta debidamente fundada y motivada a las opiniones técnicas emitidas por los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate.*

*Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la flora y fauna afectadas y su adaptación al nuevo hábitat conforme se establezca en el Reglamento. Dichas autorizaciones deberán sujetarse a lo que, en su caso, dispongan los programas de ordenamientos ecológicos correspondientes, las Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables.”*

Considerando lo anterior, se deben tener claros los conceptos de Cambio de Uso de Suelo en Terreno Forestal, Terreno Forestal, y de Vegetación Forestal. Estos están definidos en el artículo 7 de la ley en comento, en las fracciones VI, LXXI y LXXX respectivamente:

**“Artículo 7.** Para los efectos de esta Ley se entenderá por: (...)

**VI. Cambio de Uso de Suelo en Terreno Forestal:** *La remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales”. (...)*

**LXXI. Terreno forestal:** *Es el que está cubierto por vegetación forestal y produce bienes y servicios forestales. No se considerará terreno forestal, para efectos de esta Ley, el que se localice dentro de los límites de los centros de población, en términos de la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, con excepción de las áreas naturales protegidas; (...)*

**LXXX. Vegetación forestal:** *Es el conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales; (...)*

Por otra parte, en el Artículo 2 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable se definen los tipos de vegetación considerados como vegetación forestal, los cuales se escriben como sigue:

**“Artículo 2.** Para los efectos del presente Reglamento, además de la terminología contenida en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, se entenderá por: (...)

**V. Bosque**, *vegetación forestal principalmente de zonas de clima templado, en la que predominan especies leñosas perennes que se desarrollan en forma espontánea, con una cobertura de copa mayor al diez por ciento de la superficie que ocupa, siempre que formen masas mayores a 1,500 metros cuadrados. Esta categoría incluye todos los tipos de bosque señalados en la clasificación del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática; (...)*

**XXXI. Selva**, *vegetación forestal de clima tropical en la que predominan especies leñosas perennes que se desarrollan en forma espontánea, con una cobertura de copa mayor al diez por ciento de la superficie que ocupa, siempre que formen masas mayores a 1,500 metros cuadrados, excluyendo a los acahuales. En esta categoría se incluyen a todos los tipos de selva, manglar y palmar de la clasificación del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática; (...)*

**XL. Vegetación forestal de zonas áridas**, *aquella que se desarrolla en forma espontánea en regiones de clima árido o semiárido, formando masas mayores a 1,500 metros cuadrados. Se incluyen todos los tipos de matorral, selva baja espinosa y chaparral de la clasificación del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, así como cualquier otro tipo de vegetación espontánea arbórea o arbustiva que ocurra en zonas con precipitación media anual inferior a 500 milímetros". (...)*

Considerando que, en una fracción de los predios del proyecto se presenta Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia, de acuerdo con la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VI de INEGI, se infiere que en los predios del proyecto **existe vegetación forestal**, y dado que se localiza fuera de los límites de cualquier centro de población, se trata de un terreno forestal.

### **III.1.4 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 servicios públicos que se señalan**

En el presente proyecto se pretenden desarrollar obras y actividades que, para su ejecución requieren de autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales y en materia de Impacto Ambiental o de esta última y de Aprovechamiento de Recursos Forestales, lo que implica la realización de dos trámites y la elaboración de dos estudios, representando un incremento en costos y tiempo invertido en dos trámites individuales para los interesados.



Estos dos trámites comparten identidad de propósitos y alcances, por lo que, es posible unificar en un solo procedimiento los trámites relativos a dichas autorizaciones. Para el caso de proyecto “Pastizales”, se establece que el trámite unificado de cambio de uso de suelo forestal debe presentarse en su modalidad B, conforme al acuerdo que a la letra señala lo siguiente:

*“SEGUNDO. Para los efectos del presente Acuerdo se entenderá por: (...)*

**V. Trámite unificado de cambio de uso de suelo forestal, modalidad B:** *es el que integra en un solo procedimiento administrativo el trámite relativo a la autorización en materia de impacto ambiental para la obras y actividades señaladas en la fracción VII más las descritas en cualquier otra fracción del artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, excepto la prevista en la fracción V de dicho numeral 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.”<sup>19</sup>*

Derivado de lo anterior, y dado que el proyecto y su ubicación inciden en otras fracciones adicionales a la VII del artículo 28 de la Ley; es decir las fracciones: I, VII, IX y X, se presenta este documento como un **Documento Técnico Unificado Modalidad B Regional**, para integrar en un solo procedimiento el trámite de autorización en materia de impacto ambiental, y el trámite de autorización de cambio de uso de suelo forestal, en términos del artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable publicado en el Diario Oficial de la Federación el 5 de junio de 2018 , toda vez que el artículo 117 al que se refiere el acuerdo en comento, corresponde a la Ley del 25 de febrero de 2003, misma que fue derogada mediante el mismo decreto del 5 junio de 2018.

### III.1.5 Ley de Aguas Nacionales

El primer párrafo del **Artículo 3** de esta ley, remite a la **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos** para la definición de **Aguas Nacionales**; específicamente al **Párrafo Quinto del artículo 27** que enuncia lo siguiente:

*“Son propiedad de la Nación las aguas (...) las de los manantiales que broten en las playas, zonas marítimas, cauces, vasos o riberas de los lagos, lagunas o esteros de propiedad*

---

<sup>19</sup> 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 servicios públicos que se señalan. DOF. 22 de diciembre de 2010.

*nacional, y las que se extraigan de las minas; y los cauces, lechos o riberas de los lagos y corrientes interiores en la extensión que fija la ley (...).*<sup>20</sup>

Parte de las obras que se pretenden establecer con en el proyecto “Pastizales”, como es el andador/muelle rústico, se ubicarán sobre la Laguna Nopalitos, parte de la cual se considera “**zona federal**” de acuerdo con lo establecido en el Artículo 3 Fracción XLVII de esta Ley, que a la letra señala:

***"Ribera o Zona Federal:** Las fajas de diez metros de anchura contiguas al cauce de las corrientes o al vaso de los depósitos de propiedad nacional, medidas horizontalmente a partir del nivel de aguas máximas ordinarias. La amplitud de la ribera o zona federal será de cinco metros en los cauces con una anchura no mayor de cinco metros. El nivel de aguas máximas ordinarias se calculará a partir de la creciente máxima ordinaria que será determinada por "la Comisión" o por el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, de acuerdo con lo dispuesto en los reglamentos de esta Ley (...).*<sup>21</sup>

Tanto para la extracción de agua en los pozos de extracción para uso del proyecto como para el aprovechamiento de las aguas nacionales, se requiere una concesión, como se establece en el **Artículo 20** de la Ley, que a la letra señala:

*“(...) De conformidad con el carácter público del recurso hídrico, la explotación, **uso**<sup>22</sup> o **aprovechamiento**<sup>23</sup> de las aguas nacionales se realizará mediante concesión o asignación otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o directamente por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que dispone la presente Ley y sus reglamentos. Las concesiones y asignaciones se otorgarán después de considerar a las partes involucradas, y el costo económico y ambiental de las obras proyectadas.*

*La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales por parte de personas físicas o morales se realizará mediante concesión otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que establece esta Ley, sus reglamentos, el título y las prórrogas que al efecto se emitan”.*

---

<sup>20</sup> Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. DOF. 05 de febrero de 1917. Última reforma 06 de junio de 2019.

<sup>21</sup> Ley de Aguas Nacionales. DOF. 1 de diciembre de 1992. Última reforma, 24 de marzo de 2016

<sup>22</sup> "Uso": Aplicación del agua a una actividad que implique el consumo, parcial o total de ese recurso (Artículo 3, Fracc. LII, LAN).

<sup>23</sup> "Aprovechamiento": Aplicación del agua en actividades que no impliquen consumo de la misma (Artículo 3, Fracc. VII, LAN).

Por consiguiente, el promovente del proyecto "Pastizales", tiene en trámite la concesión a través de la Comisión para sujetarse a lo establecido en esta Ley.

Los artículos 97 y 98 de esta Ley establecen lo correspondiente a las obras de infraestructura hidráulica, y son aplicables al Proyecto en virtud del río artificial (canal) que éste incluye. En este sentido, a continuación, se transcriben a la letra los citados artículos.

**ARTÍCULO 97.** *Los usuarios de las aguas nacionales podrán realizar, por sí o por terceros, cualesquiera obras de infraestructura hidráulica que se requieran para su explotación, uso o aprovechamiento. La administración y operación de estas obras serán responsabilidad de los usuarios o de las asociaciones que formen al efecto, independientemente de la explotación, uso o aprovechamiento que se efectúe de las aguas nacionales.*

**ARTÍCULO 98.** *Cuando con motivo de dichas obras se pudiera afectar el régimen hidráulico o hidrológico de los cauces o vasos propiedad nacional o de las zonas federales correspondientes, así como en los casos de perforación de pozos en zonas reglamentadas o de veda, se requerirá de permiso en los términos de los Artículos 23 y 42 de esta Ley y de sus reglamentos. Para este efecto la Autoridad competente expedirá las Normas Oficiales Mexicanas que correspondan. "La Autoridad del Agua" supervisará la construcción de las obras, y podrá en cualquier momento adoptar las medidas correctivas necesarias para garantizar el cumplimiento del permiso y de dichas normas.*

### **III.1.6 Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales**

El artículo 2° fracción XIV del Reglamento de la LAN, define el concepto de *Lago o Laguna*, el cual es la base para determinar que la Laguna Nopalitos, es un cuerpo de agua de competencia federal, ya que ésta constituye un vaso de formación natural alimentado por aguas subterráneas y pluviales. A continuación, se transcribe a la letra esta definición:

**Lago o Laguna:** *el vaso de propiedad federal de formación natural que es alimentado por corriente superficial o aguas subterráneas o pluviales, independientemente que dé o no origen a otra corriente, así como el vaso de formación artificial que se origina por la construcción de una presa;*

Por otro lado, en el artículo 171 del reglamento en comento, se establece el requerimiento de obtener un permiso para la construcción de encausamientos, dragados, limitaciones o desacaciones parciales o totales de corrientes y depósitos de agua de propiedad nacional. Dicho artículo se transcribe a continuación:

**ARTICULO 171.-** *Para efectos de los artículos 97 y 98 de la "Ley":*

*I. Sólo podrán ejecutarse obras para encauzamiento, dragado, limitación o desecación parcial o total de corrientes y depósitos de agua de propiedad nacional, previo permiso de "La Comisión", la que determinará la forma y términos para ejecutar dichas obras, y*

*II. "La Comisión", en el ámbito de su competencia, podrá permitir la construcción de canales y dársenas en la ribera o zona federal de corrientes, lagos o lagunas a su cargo.*

*El permiso a que se refiere el presente artículo se podrá tramitar conjuntamente con la concesión de la zona federal a cargo de "La Comisión", cuando ésta se requiera para el proyecto aprobado o con motivo de la actividad a realizar.*

Al respecto del artículo citado anteriormente, en virtud de que el proyecto incluye la apertura a de un río artificial, el promovente realizará el trámite correspondiente al mencionado permiso ante la Comisión Nacional del Agua, de forma previa al inicio de esta obra.

### **III.1.7 Ley General de Vida Silvestre**

La Ley General de Vida Silvestre es de orden público y de interés social, es reglamentaria del párrafo tercero del artículo 27 y de la **fracción XXIX**, inciso G del **Artículo 73** constitucionales. Su objeto es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos estatales y de los municipales, en el ámbito de sus competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción.

En su última versión publicada el día 19 de enero de 2018, en el **Artículo 18** establece que:

*"Artículo 18.- Los propietarios y legítimos poseedores de predios en donde se distribuye la vida silvestre, tendrán el derecho a realizar su aprovechamiento sustentable y la obligación de contribuir a conservar el hábitat conforme a lo establecido en la presente Ley; asimismo podrán transferir esta prerrogativa a terceros, conservando el derecho a participar de los beneficios que se deriven de dicho aprovechamiento. Los propietarios y legítimos poseedores de dichos predios, así como los terceros que realicen el aprovechamiento, serán responsables solidarios de los efectos negativos que éste pudiera tener para la conservación de la vida silvestre y su hábitat."*<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup>Ley General de Vida Silvestre DOF. 03 de julio de 2000, última reforma 19 de enero de 2018.

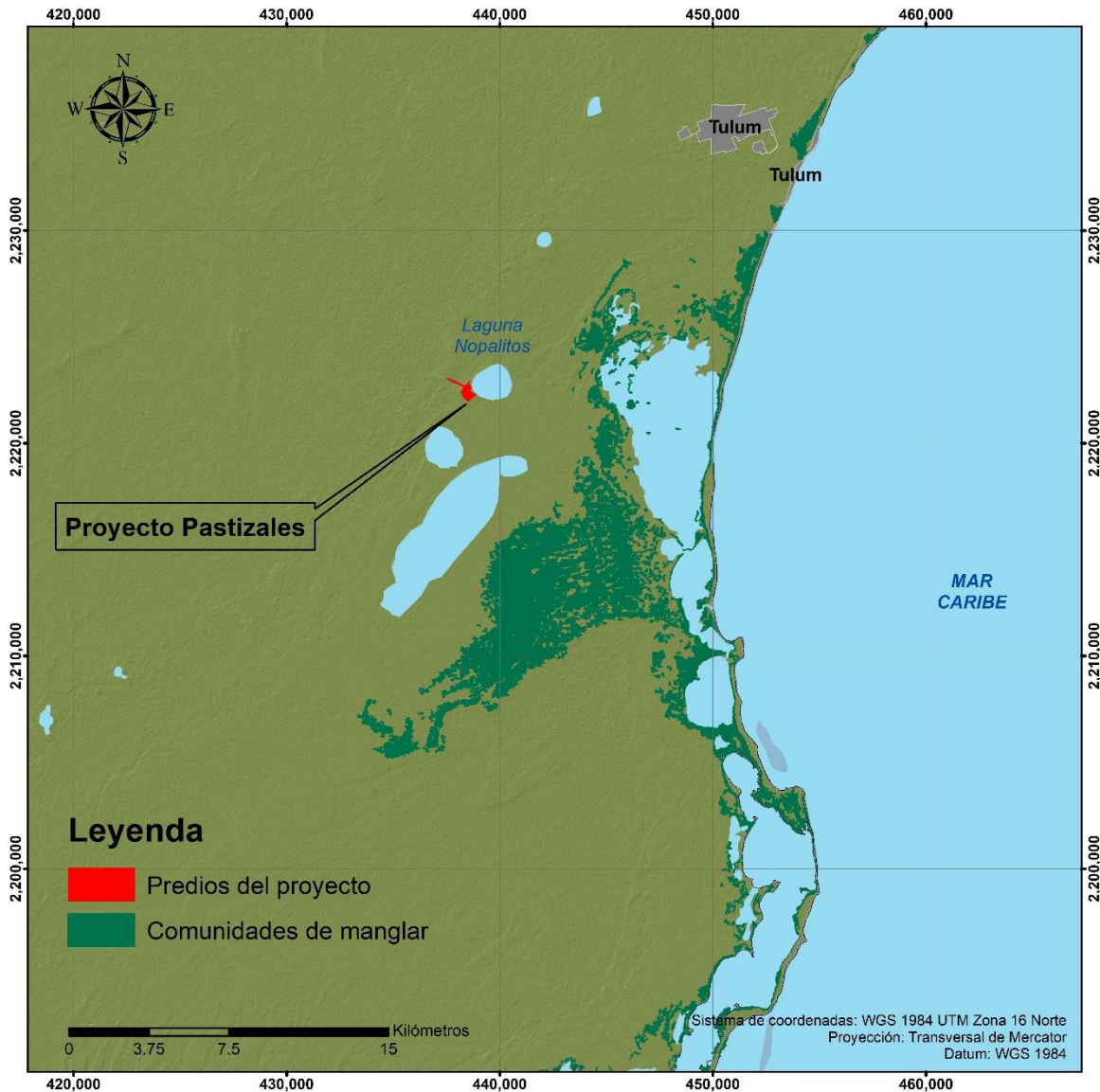
Adicionalmente, el artículo 60 TER de la misma ley establece las consideraciones para el uso y aprovechamiento de las comunidades de manglar:

**Artículo 60 TER.-** *Queda prohibida la remoción, relleno, trasplante, poda, o cualquier obra o actividad que afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar; del ecosistema y su zona de influencia; de su productividad natural; de la capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos; de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; o bien de las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales, o que provoque cambios en las características y servicios ecológicos. Se exceptuarán de la prohibición a que se refiere el párrafo anterior las obras o actividades que tengan por objeto proteger, restaurar, investigar o conservar las áreas de manglar.*

El presente proyecto se pretende instalar en un conjunto de predios que se encuentran alejados de las zonas con comunidades de manglar, de acuerdo a información cartográfica generado por CONABIO (2016)<sup>25</sup> **Figura III:1.** Además, durante la caracterización de la vegetación realizada en los predios, fueron identificadas dos comunidades vegetales: Vegetación Secundaria derivada de Selva Mediana Subperennifolia y marisma de zacate con individuos de mangle botoncillo y rojo distribuidos de manera dispersa.

---

<sup>25</sup> CONABIO, 2016. Distribución de los manglares en México en 2015 escala 1:50,000. Edición 1. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.



*Figura III:1. Ubicación de los predios con respecto a la distribución de comunidades de manglar. Fuente: CONABIO*

Tomando en cuenta que gran parte del predio presenta un tipo de vegetación de marisma de zacate con presencia de individuos dispersos de mangle, el proyecto “Pastizales” fue diseñado de tal forma que las obras se distribuyeran respetando en todo momento a los individuos dispersos de mangle que se encuentran dentro del predio, de tal manera que no se provoque ningún tipo de afectación a los mismos.

El diseño del proyecto se realizó de manera estratégica, buscando que la superficie afectada por la instalación del mismo no coincida ni se encuentre en áreas cercanas a los individuos de mangle dispersos que se encuentran en la zona. Por lo anterior, el desplante final que se presenta fue el resultado de un diseño debidamente planificado, mismo que busca una

armonización con el ambiente que lo rodea, además de dar cabal cumplimiento a lo dispuesto en la LGVS, en particular el Artículo 60 TER.

Para el cumplimiento adecuado del artículo 60 TER, a continuación, se presenta el desglose de las especificaciones que contiene y la descripción de la forma de cumplimiento o aplicabilidad de cada una.

*Queda prohibida la remoción, relleno, transplante, poda, o cualquier obra o actividad que afecte La integralidad*

- *Del flujo hidrológico del manglar*

Para evitar afectaciones a la integralidad del flujo hidrológico de las comunidades vegetales del predio y la zona federal derivadas del cambio de uso del suelo, se ha planteado el alzado del andador del proyecto sobre pilotes, permitiendo así que la dinámica hidrológica de la zona no se vea alterada por la instalación del proyecto.

En relación a la integralidad del flujo hidrológico y de los demás elementos que conforman al Artículo 60 TER, en términos del Diccionario de la Real Academia Española, define el término *integralidad* como *calidad de integral*. Ésta última palabra, a su vez, se define como *dicho de cada una de las partes de un todo: que entra en su composición sin serle esencial, de manera que el todo puede subsistir, aunque incompleto, sin ella*.

Aunado a lo anterior, existen dos argumentos para aseverar que no se afectará la integralidad del flujo hidrológico en el sitio. El primero es que el área donde se realizará el proyecto es extremadamente plana y el karst está expuesto directamente en la superficie, y casi no hay efectos topográficos de interés (Supper, et al., 2009)<sup>26</sup>. Por lo anterior y debido a que el suelo en esta área presenta baja permeabilidad, el agua precipitada suele quedarse estancada, por lo que el flujo superficial es escaso y no se verá afectado por la presencia de las obras. Lo anterior se sustenta con el hecho de que estos tipos de vegetación son los que tienen los menores coeficientes de escurrimiento entre las coberturas analizadas por (Aparicio, 1992)<sup>27</sup>, las cuales se muestran en el **Cuadro III:1**. En dicho cuadro se pueden ver marcados los dos tipos de suelo ocupados por la cobertura de “praderas”, ya que el sitio presenta suelos entre esas dos texturas. Por lo tanto, el coeficiente de escurrimiento puede variar entre 0.05 y 0.17. Este intervalo coincide con el presentado por el INEGI en la Carta

---

<sup>26</sup> Supper, R., Motschka, K., Ahl, A., Bauer-Gottwein, P., Gondwe, B. Mederíz-Alonso, G. Römer, A. Ottowitz, D., Kinzelbach, W. (2009) Spatial mapping of submerged cave systems by means of airborne electromagnetics: an emergin technology to support protection of endangered karst aquifers. Near Surface Geophysics. Pp. 613-627

<sup>27</sup> Aparicio, F. J., 1992. Fundamentos de hidrología de superficie. Primera ed. México, D.F. Grupo Noriega Editores.

de Hidrología Superficial, que indica que la porción del predio donde se encuentra la vegetación de marisma de zacate (tular) con presencia de algunos individuos aislados de mangar, tiene coeficientes de escurrimiento del 10 al 20% (0.1 a 0.2).

**Cuadro III:1. Rangos de coeficientes de escurrimiento reportados por Aparicio, 1992**

Tipo de cobertura del suelo		Ce min	Ce max	
Zonas comerciales	Zona comercial	0.7	0.95	
	Vecindarios	0.5	0.7	
	Unifamiliares	0.3	0.5	
Zonas residenciales	Multifamiliares espaciados	0.4	0.6	
	Multifamiliares compactos	0.6	0.75	
	Semiurbanas	0.25	0.4	
	Casas habitación	0.5	0.7	
Zonas industriales	Espaciada	0.5	0.8	
	Compacta	0.6	0.9	
Parques		0.1	0.25	
Campos de juego		0.2	0.35	
Pacios de ferrocarril		0.2	0.4	
Zonas urbanas		0.1	0.3	
Calles	Asfaltadas	0.7	0.95	
	Concreto hidráulico	0.7	0.95	
Estacionamientos	Adoquinadas	0.7	0.85	
		0.75	0.85	
Techados		0.75	0.95	
Praderas	Suelos arenosos	Planos (S=<0.02)	0.05	0.1
		Medios (0.02<S<0.07)	0.1	0.15
		Escarpados (S>=0.07)	0.15	0.2
	Suelos arcillosos	Planos (S=<0.02)	0.13	0.17
		Medios (0.02<S<0.07)	0.18	0.22
		Escarpados (S>=0.07)	0.25	0.35

Con el desarrollo de las obras se mantendrán esos niveles de escurrimiento debido al diseño, estructuras y materiales a emplear para el desarrollo del proyecto. Adicionalmente, el diseño del proyecto toma en cuenta la dirección de los flujos de suroeste a noreste, es decir hacia la laguna Nopalitos, de tal manera que dicho flujo tampoco se verá afectado en ningún momento.

El segundo argumento para considerar que no se alterará el flujo hidrológico es que la profundidad del nivel freático es de 3.5 m de acuerdo a los resultados del estudio geohidrológico, mientras que, la profundidad máxima de las cimentaciones será de 3 m y la profundidad máxima del canal será de 1.5 m, por lo que dichas dimensiones no provocarán afectaciones a la integralidad del flujo hidrológico subterráneo.



Debido a lo anteriormente expuesto, y toda vez que ninguna obra ni componente del proyecto afectará los individuos de mangle que se encuentran dispersos en el predio, y que la estructura y diseño del proyecto no provocará afectaciones al flujo hidrológico presente en el área de establecimiento del proyecto, no se causará afectación o disminución de la integralidad del flujo hidrológico superficial ni subterráneo.

- *Del ecosistema y su zona de influencia*

De acuerdo con la Ley General de Vida Silvestre, la palabra Ecosistema se refiere a la unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados, es decir, se trata de un “sistema interactivo conformado por los organismos bióticos y su ambiente abiótico” (Ellenberg, 1973 citado por Armenteras, 2016)<sup>28</sup>.

Dichos organismos bióticos se dividen en especies, poblaciones y comunidades, mismas que interactúan entre sí, y a su vez con el medio abiótico que los rodea, conformado por elementos tales como suelo, agua, temperatura, vientos, precipitación, pendiente, entre otros. La relación dinámica existente entre estos componentes, así como los distintos procesos físicos, químicos y biológicos que se llevan a cabo dentro de él, constituyen a un ecosistema.

Con respecto al ecosistema donde se pretende llevar a cabo el proyecto, está constituido por dos comunidades vegetales: Vegetación Secundaria derivada de Selva Mediana Subperennifolia y marisma de zacate con individuos de mangle botoncillo y rojo distribuidos de manera dispersa. De dicha vegetación, el 62.22% de la superficie del predio, que es equivalente a 26.38 ha, se mantendrá como área libre de obras, de las cuales 23.86 ha corresponden a la vegetación de marisma de zacate. Inmersos en dicha vegetación, se encuentran los individuos dispersos de mangle.

Sin embargo, resulta importante destacar que el diseño del proyecto se realizó de manera debidamente planificada, buscando en todo momento que los elementos que constituyen al proyecto respeten a los individuos dispersos de mangle. Aunado a esto, resulta importante mencionar que el establecimiento del proyecto tampoco provocará modificaciones o alteraciones a la integralidad de los elementos abióticos tales como: las condiciones climáticas, edafológicas, hidrológicas, geológicas, así como los ciclos biogeoquímicos que se presentan en el sitio o las zonas aledañas al mismo,

---

<sup>28</sup> Armenteras, D. G. (2016). Revisión del concepto de ecosistema como “unidad de la naturaleza” 80 años después de su formulación. Revista. Revista Ecosistemas, 25(1), 83-89.

Por lo anteriormente expuesto, no se comprometerá la integridad del ecosistema ni de su zona de influencia.

- *De su productividad natural*

De acuerdo con Odum (1972)<sup>29</sup>, la productividad primaria o básica de un sistema ecológico, una comunidad o parte de ésta, se define como la velocidad a la que es almacenada la energía por actividad fotosintética o quimiosintética de organismos productores (principalmente las plantas verdes) en forma de sustancias orgánicas susceptibles de ser utilizadas como material alimenticio. Por otra parte, las porciones de almacenamiento de energía a los niveles de los consumidores se designan como productividad secundaria.

En este sentido, la vegetación de marisma de zacate que no forme parte del área de desplante del proyecto, así como los individuos dispersos de mangle, mismos que se respetarán en todo momento, podrán continuar desarrollándose en las superficies libres del predio. Aunado a lo anterior, resulta importante enfatizar en que la productividad natural de los individuos dispersos de mangle que se encuentran en el predio, no se verán comprometidos por el desarrollo del proyecto, toda vez que su diseño se realizó de manera estratégica, buscando librar en todo momento a dichos individuos dispersos.

En conclusión, la productividad primaria de los individuos dispersos de mangle, así como de la vegetación de marisma de zacate que no forme parte de la superficie de desplante del proyecto, no se verá modificada ni reducida por el desarrollo del mismo.

- *De la capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos*

En cuanto a la capacidad de carga natural del ecosistema, este concepto no aplica a las actividades de urbanización, que únicamente involucra el desmonte, despalme, pedraplen y nivelación del terreno, así como las obras de servicios, entre los que se encuentran las redes hidrosanitarias, planta de tratamiento, redes energía eléctrica y alumbrado público, telefonía, vialidades interiores con sus correspondientes pasos de agua. Por otra parte, no existen en la zona instrumentos que regulen la intensidad máxima de cambio de uso de suelo o desmonte, tales como planes de desarrollo urbano o programas de ordenamiento ecológico locales, por lo que no existe la base para determinar la capacidad de carga natural del ecosistema. Sin embargo, el proyecto contempla el mantenimiento del 68.39 % de la superficie ocupada por la vegetación de marisma de zacate.

---

<sup>29</sup> Odum, E. P., 1972. Ecología. Tercera ed. México, D.F.: Interamericana.

En relación a la capacidad de carga para turistas, de acuerdo con lo citado por Cifuentes et al. (1999)<sup>30</sup>, la capacidad de carga turística es un tipo específico de capacidad de carga ambiental y se refiere a la capacidad biofísica y social del entorno respecto de la actividad turística y su desarrollo. Representa el máximo nivel de uso por visitantes que un área puede mantener. Se puede definir la capacidad de carga ambiental como la capacidad que posee un ecosistema para mantener organismos mientras mantiene su productividad, adaptabilidad y capacidad de regeneración. Representa el límite de la actividad humana: si éste es excedido, el recurso se deteriorará.

A pesar de que no se contempla la realización de visitas guiadas por los turistas, se realizó un ejercicio hipotético para estimar la capacidad de carga del sitio, simulando que se lleve a cabo esta actividad. La capacidad de carga turística se determinó mediante la metodología propuesta por Cifuentes (1992)<sup>31</sup>, la cual se describe con detalle en el apartado IX.2.1 del presente DTU-B Regional, considerando los siguientes supuestos:

1. Una persona necesita un mínimo de 1 m<sup>2</sup> para moverse libremente.
2. La superficie total disponible contempla el área destinada a andador peatonal y andador deck, la cual será aprovechada para realizar recorridos para la observación de aves y paisaje. Esta superficie es de 13,734.25 m<sup>2</sup>.
3. El tiempo de apertura del sitio a las visitas y recorridos es de 8 horas al día
4. Cada visita dura un máximo de 2 horas
5. Se tiene la capacidad para realizar 4 visitas por día por visitante.
6. El número máximo de visitas guiadas por día sería de 3, ya que el objetivo del proyecto en realidad no es el de realizar recorridos ecoturísticos.
7. La capacidad de manejo de área se estableció en el 5% de la capacidad de carga real.

En el **Cuadro III:2**, se presenta la base de los cálculos realizados para la capacidad de carga turística del sitio.

*Cuadro III:2. Cálculo de la capacidad de carga turística para el proyecto Pastizales*

Parámetro	Cantidad	Unidades
<b>Capacidad de carga física</b>		
Superficie disponible	13,734.25	m <sup>2</sup>
Superficie requerida por un visitante	1	m <sup>2</sup>
Tiempo de apertura	8	hrs

<sup>30</sup> Cifuentes Arias, M., Mesquita, C. A. B., Méndez, J., Morales, M. E., & Aguilar, N. (1999). Capacidad de carga turística de las áreas de uso público del Monumento Nacional Guayabo, Costa Rica (No. 338.4791 C236c). Turrialba, CR: WWF.

<sup>31</sup> Cifuentes, M. (1992). Determinación de capacidad de carga turística en áreas protegidas (No. 194). Bib. Orton IICA/CATIE.

Parámetro	Cantidad	Unidades
Duración de la visita	2	hrs
Número de visitas por turista	4	Visitantes
CCF	54,937	Visitantes
<b>Capacidad de carga real</b>		
Factor de Accesibilidad	0.1000	
Factor Días soleados	0.0849	
Factor Días de apertura	0.1425	
Factor de días libres de inundación	0.1000	
Factor de visitas guiadas por día	0.7500	
Factor de horas de sol por día	0.4563	
CCR	89,748	Visitantes
<b>Capacidad de carga efectiva</b>		
Capacidad de manejo	5%	
CCE	4,487	Visitantes

En este sentido, se determinó que la capacidad de carga efectiva del sitio sería de 4,487 visitas por día si se llevaran a cabo recorridos guiados en el sitio. Sin embargo, como añade O'Reilly (1986), la capacidad de carga depende de las metas y especificaciones de cada desarrollo. Por lo tanto, un área natural protegida debería tener una menor densidad que la misma área empleada como parque de atracciones; así, la densidad deseada está relacionada con el uso que se le dé al desarrollo.

Por otro lado, en edificio con uso de hotel, es decir el de uso turístico se contempla una densidad de 140 cuartos con una ocupación máxima de 4 personas por cuarto, lo que da una ocupación total de 560 personas. Si se considera la superficie ocupada por las obras en la vegetación de marisma de zacate, que es de 11.03 ha, se tiene una carga total de 51 personas por hectárea en uso turístico con el 100% de ocupación del hotel, por lo que no se rebasaría la capacidad de carga del sitio para fines turísticos. Aun considerando los 2,300 habitantes en el equivalente de 575 viviendas, la cantidad de personas es menor a la capacidad de carga.

Con la información anterior, se puede concluir que no se rebasa la capacidad de carga para el uso turístico.

- *De las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje*

Debido a las características que presenta el área de establecimiento del proyecto, en particular, las que presentan los individuos dispersos de mangle presentes en el sitio, estos no cuentan con las condiciones idóneas para ser zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; además, aunado a lo anterior, derivado de la visita realizada al

sitio de establecimiento del proyecto no se encontró presencia alguna de aves que realicen anidación, o de peces o alevines.

Por otro lado, resulta importante mencionar que las obras y estructuras con las que contará el proyecto se instalarán en lugares estratégicos, de tal manera que se evite en todo momento la remoción, afectación o perturbación de los individuos de mangle presentes en el área destinada al establecimiento de las obras del proyecto.

Teniendo en consideración las condiciones anteriormente expuestas, no se trata de un sitio donde se lleve a cabo anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje, no obstante, debido a que se mantendrán libres de obras las áreas cubiertas por los individuos de mangle, las zonas que pudiesen presentar alguna de las condiciones antes mencionadas en algún futuro, no se verán comprometidas.

- *O bien de las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales,*

De acuerdo con Batllori y Flebes (2007)<sup>32</sup>, los individuos dispersos de mangle que se encuentran en el predio son los llamados de tierra adentro asociados a laguna continentales y se desarrollan con presencia de agua dulce, desvinculados por completo de la influencia marina. Por lo tanto, el sitio donde se ubica el proyecto y los individuos de mangle no presenta interacción con ríos, dunas, zona marítima ni corales, por lo que esta especificación no le es aplicable al sitio donde se pretende ubicar el proyecto. Sin embargo, resulta importante aclarar que el establecimiento del proyecto no contraviene con lo establecido por el presente apartado del Artículo.

- *O que provoque cambios en las características y servicios ecológicos.*

De acuerdo con lo señalado por Batllori y Flebes (2007), no todos los ecosistemas de manglar proporcionan los mismos servicios ambientales en la misma medida; ellos hacen una diferenciación de los servicios ambientales proporcionados por cada tipo de ecosistema. De acuerdo con Adame, et al. (2015)<sup>33</sup>, el tipo de vegetación de mangle que se puede observar en el sitio del proyecto, tiene una provisión de servicios ecosistémicos de baja a media porque son individuos aislados de mangle, que proporcionan poca protección contra los huracanes. Además, el sitio está inundado con agua de calidad relativamente alta y, por lo tanto, ofrece poco servicio en la depuración del agua.

---

<sup>32</sup> Batllori, E. & Flebes, J. L., 2007. Límites máximos permisibles para el aprovechamiento del ecosistema de manglar. Gaceta Ecológica, Volumen 82, pp. 5-23.

<sup>33</sup> Adame, M. F. y otros, 2015. Selecting cost effective areas for restoration of ecosystem services. Conservation Biology, 29(2), pp. 493-502.

La baja provisión de servicios ambientales que proporciona la vegetación de manglar en el sitio no se verá afectada por las obras del proyecto, toda vez que las obras y estructuras con las que se contarán, obedecen a un diseño del proyecto debidamente planificado, lo cual permitió que se libre en todo momento aquellos individuos dispersos de manglar con los que se tiene presencia. En este sentido, cabe destacar que se dejará libre de obras el 68.39 % de la superficie ocupada por marisma de zacate que es equivalente a 23.86 ha, y las obras que se ubican en está respetarán la totalidad de los individuos de mangle que se encuentran dispersos.

- *Se exceptuarán de la prohibición a que se refiere el párrafo anterior las obras o actividades que tengan por objeto proteger, restaurar, investigar o conservar las áreas de manglar.*

El desarrollo del proyecto Pastizales no pretende la remoción o afectación de los individuos de mangle dispersos en el sitio de establecimiento del proyecto, por tal motivo, su diseño tomó en consideración a dichos individuos para asegurar que ninguna de las obras o estructuras coincidan o se encuentren en áreas adyacentes a este tipo de vegetación, con el propósito de evitar cualquier tipo de afectación a los mismos.

Por otro lado, el proyecto tiene considerado realizar acciones para proteger, restaurar, investigar o conservar las áreas de manglar, dichas acciones se verán reflejadas en la implementación del Programa de Medidas de Compensación en Beneficio de los Humedales, anexo al presente Documento Técnico Unificado.

En conclusión, el proyecto Pastizales no contraviene con las disposiciones establecidas por el Artículo 60 TER, toda vez que los individuos dispersos de mangle que se encuentran en el sitio de establecimiento del proyecto se respetarán en su totalidad, dado que el proyecto sigue un diseño debidamente planificado que busca en todo momento no provocar afectación alguna a los individuos de mangle.

### **III.1.8 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos**

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) con fecha de reforma 19 de enero de 2018, es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos en el territorio nacional. Sus disposiciones son de orden público y tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos

y de manejo especial, y prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.

Con base en lo dispuesto en el **artículo 5** de esta ley, que establece los criterios por los que un generador de residuos puede clasificarse como Gran Generador, se determinó que el proyecto entra dentro de esta categoría, debido a la cantidad de residuos de manejo especial y de residuos sólidos urbanos que se generarán durante la instalación y operación, respectivamente. Por lo anterior, se hace necesario presentar el Plan Integral de Manejo de Residuos correspondiente, en concordancia con la misma Ley de orden estatal. El artículo 5 que clasifica al proyecto como gran generador dice a la letra:

**“ARTÍCULO 5.-** Para los efectos de esta Ley se entiende por:

*(...) **Gran Generador:** Persona física o moral que genere una cantidad igual o superior a 10 toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida.”<sup>34</sup>*

La generación de residuos de manejo especial, será principalmente durante las actividades de desmonte, despalle y preparación del sitio, se obtendrán residuos de composición vegetal, rocas y tierras, considerando volúmenes mayores de 10 toneladas con referencia a las estimaciones realizadas.

### **III.1.9 Ley de Acciones Urbanísticas del Estado de Quintana Roo**

Dado que el proyecto se localiza en una zona que no se encuentra regulada por ningún instrumento de planeación urbana a nivel municipal, y con el objetivo de sustentar el proyecto en el marco normativo aplicable en materia de desarrollo urbano, se consideró lo establecido en la Ley Acciones Urbanísticas del Estado de Quintana Roo para la determinación de la densidad, dimensiones mínimas de los lotes y áreas mínima libre, en el diseño del proyecto. En este sentido, se observaron los artículos 16, 23 y 46 de la Ley mencionada y se describió la forma en la que éstos se cumplen en el diseño del proyecto.

**Artículo 16.** *Los fraccionamientos y conjuntos urbanos habitacionales se clasifican por su densidad y por el valor de los lotes o viviendas.*

*Por densidad, se clasifican en baja, media y alta, correspondiendo respectivamente a menos de veinticuatro viviendas por hectárea, de veinticuatro a sesenta viviendas por hectárea, y más de sesenta viviendas por hectárea respectivamente. Por el valor de los lotes o viviendas, se clasificará conforme a las normas federales aplicables.*

---

<sup>34</sup> Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos

*En ningún caso podrán autorizarse conjuntos urbanos habitacionales para vivienda social mayores de noventa unidades individuales o de aprovechamiento exclusivo.*

En relación a lo establecido en este artículo, el proyecto corresponde a un conjunto habitacional de densidad baja, ya que la densidad aplicada en el diseño del mismo es menor a las 24 viviendas por hectárea.

**Artículo 23.** *Los lotes y unidades de aprovechamiento exclusivo de tipología habitacional tendrán las siguientes medidas mínimas:*

...

*IV. Los lotes unifamiliares rurales, serán destinados a habitación aun cuando podrán tener utilización agropecuaria, se ubicarán fuera de los centros de población, no podrán tener un frente menor a 20.0 metros y una superficie no menor a 600.0 metros cuadrados, y*

...

*V. Las unidades privativas o de aprovechamiento individual o exclusivo en conjuntos urbanos para vivienda unifamiliar no será inferior a lo que indican las fracciones anteriores.*

*En los conjuntos habitacionales plurifamiliares, la unidad de vivienda mínima no será inferior a 45 metros cuadrados y deberá ajustarse a las normas de habitabilidad que fijen los reglamentos municipales en la materia. Al menos un 20% del perímetro de la unidad deberá tener vista hacia espacio abierto al interior o exterior del inmueble, sin perjuicio de las disposiciones de iluminación y ventilación naturales aplicables.*

...

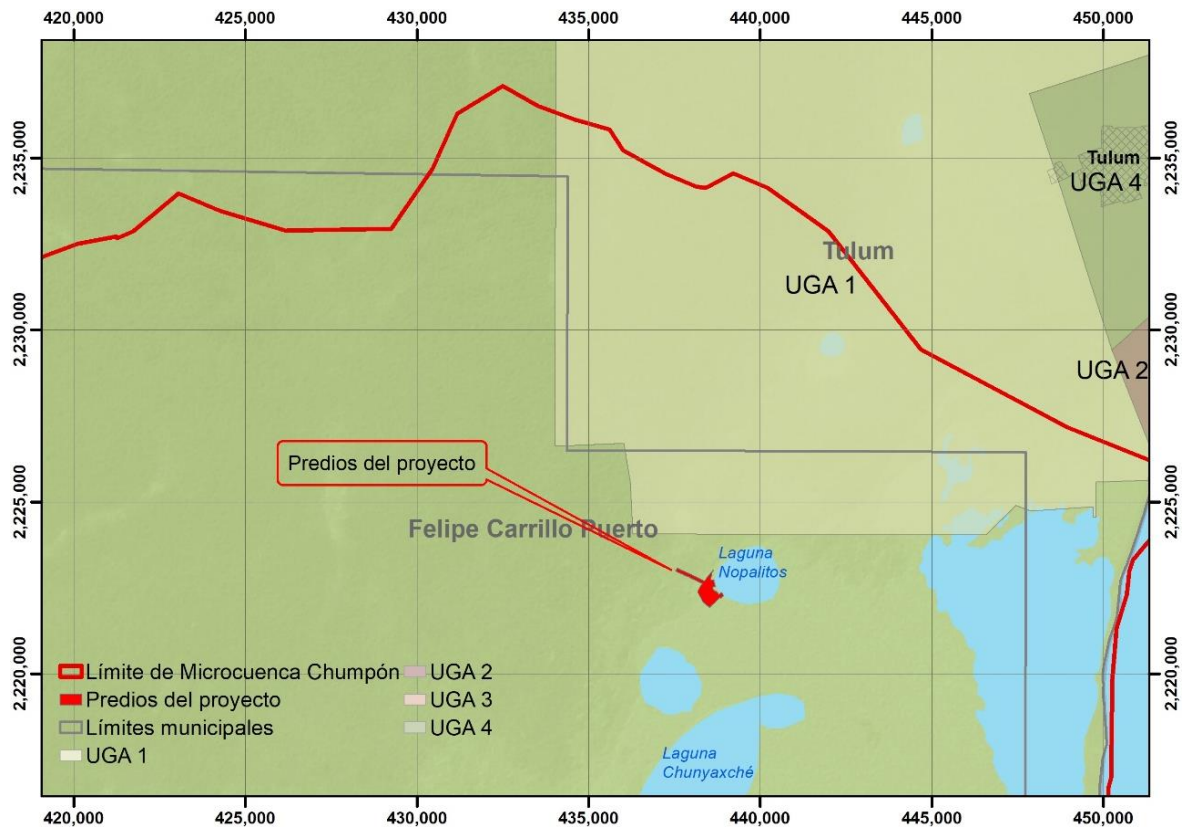
El proyecto se diseñó aplicando una densidad de viviendas acorde con el tamaño mínimo de lotes unifamiliares; es decir, considerando un lote mínimo de 600 m<sup>2</sup>, correspondería una densidad máxima de 16.67 viviendas por hectárea. El Proyecto "Pastizales", incluye el establecimiento de 575 viviendas en una superficie neta de 36.69 ha (es decir, la superficie resultante de restar a la superficie total del predio, la superficie destinada a las vialidades). En este sentido, la densidad aplicada es de 15.12 viviendas por hectárea, por lo que no se rebasa la densidad máxima inferida del lote mínimo.



## III.2 PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO (POET)

### III.2.1 Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial

El área donde se pretende instalar el proyecto no se rige bajo ningún Programa de Ordenamiento Ecológico Local, por lo que no se aplican a las actividades del proyecto. El área más cercana regida por un ordenamiento de este tipo, corresponde al Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial Corredor Cancún-Tulum, cuya zona más cercana se ubica a aproximadamente 2 km al norte de los predios del proyecto (**Figura III:2**).



*Figura III:2. Ubicación de los predios con respecto al Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial Corredor Cancún-Tulum.*

El proyecto únicamente se encuentra dentro del área de aplicación del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, el cual se comenta y se vincula en el próximo apartado.

### III.2.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe<sup>35</sup>

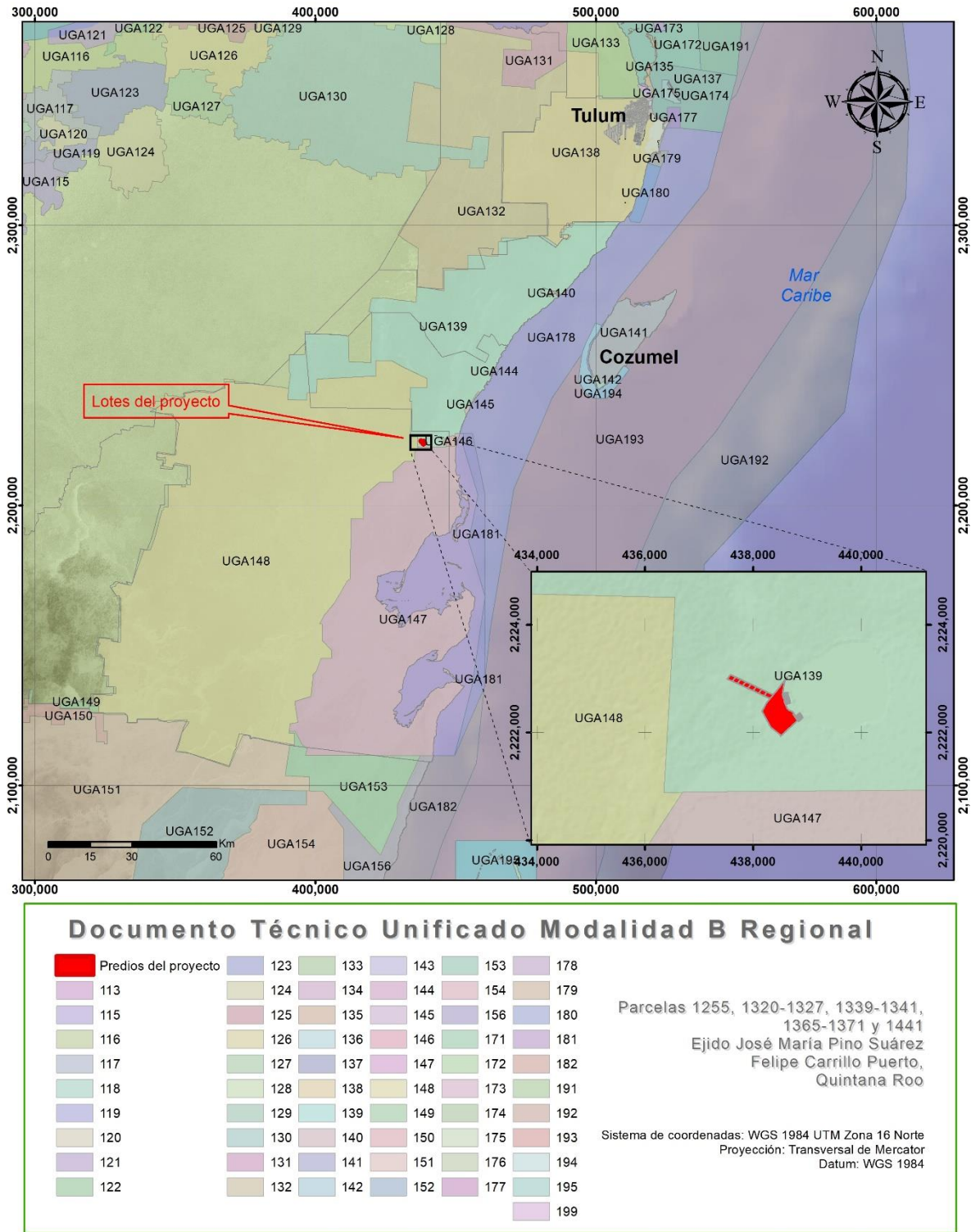
La Estrategia Nacional para el Ordenamiento Ecológico del Territorio en Mares y Costas establece que el Golfo de México y Mar Caribe es una región costero-marina que sustenta ecosistemas de valor único, como son los arrecifes coralinos, manglares, lagunas y dunas costeras, los cuales se encuentran bajo alta presión de actividades humanas, por lo que se requiere promover instrumentos de planeación del territorio adecuados a sus condiciones.

La propuesta de Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe fue sometida a un proceso de consulta pública del 8 de diciembre del año 2009 al 16 de marzo del año 2010, y el proyecto final del mismo fue aprobado durante la Sexta Sesión del Órgano Ejecutivo del Comité de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe el 9 de marzo del año 2011.

Las obras planteadas en el presente Documento Técnico Unificado, quedarían situadas dentro de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 139 (**Figura III:3**), a la que le aplican 65 Acciones y Criterios Generales (**Cuadro III:3**), 61 Acciones y Criterios Específicos y 14 Criterios de Regulación Ecológica de la Zona Costera Inmediata Mar Caribe. Cabe señalar que, el área donde se insertará el proyecto está ubicado a 11 kilómetros de la costa de los municipios de Tulum y Felipe Carrillo Puerto.

---

<sup>35</sup> Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe. DOF. 24 de noviembre de 2012.



**Figura III:3** Posición del área del proyecto "Pastizales" en el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de México y Mar Caribe

### III.2.2.1 Acciones generales aplicables a todas las UGA's.

Cuadro III:3. Acciones generales del POEMGMyMC.

CLAVE	ACCIONES GENERALES	VINCULACIÓN
G001	Promover el uso de tecnologías y prácticas de manejo para el uso eficiente del agua en coordinación con la CONAGUA y demás autoridades competentes.	Esta acción general es aplicable para las instituciones encargadas de la planeación y ejecución de las políticas públicas de desarrollo, y de acuerdo a la descripción del proyecto que se muestra en el presente Documento Técnico Unificado, el proyecto hará un uso eficiente del agua que consumirá, promoviendo las mejores tecnologías para su optimización y tratando eficientemente toda el agua de desecho que se genere.
G002	Promover el establecimiento del pago por servicios ambientales hídricos en coordinación con la CONAGUA y las demás autoridades competentes.	Esta acción general es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos. El predio del proyecto actualmente no está sujeto a pago por servicios ambientales hídricos por el uso que se le pretende dar.
G003	Impulsar y apoyar la creación de UMA para evitar el comercio de especies de extracción y sustituirla por especies de producción.	Las acciones del proyecto no involucran el manejo de especies de fauna silvestre o flora en algún estatus de protección. La aplicación de la presente acción general corresponde a las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos.
G004	Instrumentar o en su caso reforzar las campañas de vigilancia y control de las actividades extractivas de flora y fauna silvestre, particularmente para las especies registradas en la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categoría de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010).	No se realizarán actividades extractivas de flora y fauna silvestre. Además, la presente acción general es responsabilidad de instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos.
G005	Establecer bancos de germoplasma, conforme a la legislación aplicable.	No se realizará manejo de bancos de germoplasma dentro de las obras contempladas en el proyecto. La aplicación de la acción general en comento corresponde a las autoridades encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos.

CLAVE	ACCIONES GENERALES	VINCULACIÓN
G006	Reducir la emisión de gases de efecto invernadero.	En el uso de la maquinaria y equipo de transporte y supervisión, se dará cumplimiento a las Normas Oficiales Mexicanas de acuerdo a su objeto y campo de aplicación, y se proponen en el presente Documento Técnico Unificado las estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales en el Capítulo VII.
G007	Fortalecer los programas económicos de apoyo para el establecimiento de metas voluntarias para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y comercio de Bonos de Carbono.	La presente acción general es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos.
G008	El uso de organismos genéticamente modificados debe realizarse conforme a la legislación vigente.	No se realizará manejo de Organismos Genéticamente Modificados dentro de las actividades del proyecto. La acción general en comento es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares.
G009	Planificar las acciones de construcción de infraestructura, en particular la de comunicaciones terrestres para evitar la fragmentación del hábitat.	No se realizarán obras relacionadas con infraestructura, ni obras que impliquen la fragmentación de hábitats donde se inserta el predio del proyecto. La observancia de esta acción general corresponde a las instituciones y autoridades encargadas de la planeación y ejecución de obras de infraestructura, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos.
G010	Instrumentar campañas y mecanismos para la reutilización de áreas agropecuarias para evitar su expansión hacia áreas naturales.	El predio donde se insertará el proyecto no se encuentra dentro de un área de uso agropecuario ni pretende el establecimiento de alguna. La presente acción general es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares.
G011	Instrumentar medidas de control para minimizar las afectaciones producidas a los ecosistemas costeros por efecto de las actividades humanas.	El predio del proyecto no se encuentra sobre la costa. Las acciones que se proponen para minimizar las afectaciones producidas a los ecosistemas costeros por efecto de las actividades humanas, se enlistan en el Capítulo VII del presente Documento Técnico Unificado. La acción general en comento es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares.
G012	Impulsar la ubicación o reubicación de parques industriales en sitios ya	El proyecto no contempla la instalación de un parque industrial. Esta acción general es para la observancia de las instituciones encargadas

CLAVE	ACCIONES GENERALES	VINCULACIÓN
	perturbados o de escaso valor ambiental.	de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos.
<b>G013</b>	Evitar la introducción de especies potencialmente invasoras en o cerca de las coberturas vegetales nativas.	En ninguna etapa o área del proyecto se introducirán especies potencialmente invasoras, ya que se usarán solamente especies nativas para las áreas verdes.
<b>G014</b>	Promover la reforestación en los márgenes de los ríos.	No se localizan ríos en el área donde se establecerá el proyecto. La aplicación de acción general en comento les corresponde a las instituciones encargadas de la planeación y ejecución de políticas pública.
<b>G015</b>	Evitar el asentamiento de zonas industriales o humanas en los márgenes o zonas inmediatas a los cauces naturales de los ríos.	No se localizan ríos en el área donde se establecerá el proyecto. Esta acción general corresponde a las instituciones y autoridades encargadas de la planeación y ejecución de políticas públicas de desarrollo, por lo que no le es aplicable a los particulares.
<b>G016</b>	Reforestar las laderas de las montañas con vegetación nativa de la región.	La zona donde se establecerá el proyecto no es una zona montañosa. Esta acción general es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación.
<b>G017</b>	Desincentivar las actividades agrícolas en las zonas con pendientes mayores a 50%.	No se realizará ninguna actividad agrícola dentro de las contempladas en el proyecto.
<b>G018</b>	Recuperar la vegetación que consolide los márgenes de los cauces naturales en el ASO, de conformidad por lo dispuesto en la Ley de Aguas Nacionales, la Ley General de Vida Silvestre y demás disposiciones jurídicas aplicables	No se observaron cauces naturales permanentes en el área de establecimiento del proyecto ni se realizará afectación a la vegetación en los márgenes de los mismos. La presente acción general es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación.
<b>G019</b>	Los planes o programas de desarrollo urbano del área sujeta a ordenamiento deberán tomar en cuenta el contenido de este Programa de Ordenamiento, incluyendo las disposiciones aplicables sobre riesgo frente a cambio climático en los asentamientos humanos.	El área donde se localiza el proyecto no está actualmente sujeta a un plan de desarrollo urbano. La aplicación de la presente acción general corresponde a las instituciones y autoridades municipales encargadas de la planeación del desarrollo urbano.

CLAVE	ACCIONES GENERALES	VINCULACIÓN
G020	Recuperar y mantener la vegetación natural en las riberas de los ríos y zonas inundables asociadas a ellos.	El área donde se localizará el proyecto no corresponde a riberas de ríos o zonas inundables de los mismos. La acción general en comento es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares.
G021	Promover las tecnologías productivas en sustitución de las extractivas.	La presente acción general es para la observancia por parte de las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos.
G022	Promover el uso de tecnologías productivas intensivas en sustitución de las extensivas.	El proyecto no contempla actividades productivas extensivas. Esta acción general es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos.
G023	Implementar campañas de control de especies que puedan convertirse en plagas.	El proyecto no contempla el manejo de ninguna especie que potencialmente pueda convertirse en plaga. Esta acción general es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación ambiental. Debido a lo anterior, la misma no le es aplicable al proyecto sujeto a evaluación.
G024	Promover la realización de acciones de forestación y reforestación con restauración de suelos para incrementar el potencial de sumideros forestales de carbono, como medida de mitigación y adaptación de efectos de cambio climático.	Esta acción general es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos.
G025	Fomentar el uso de especies nativas que posean una alta tolerancia a parámetros ambientales cambiantes para las actividades productivas.	La forestación de las dunas propuestas contempla el uso de pastos nativos. Sin embargo, la presente acción general es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos.
G026	Identificar las áreas importantes para el mantenimiento de la conectividad ambiental en gradientes altitudinales y promover su conservación (o rehabilitación).	El proyecto no se ubica en una zona con gradientes altitudinales. Se ubica al oriente de la península de Yucatán. La acción general en comento es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos.

CLAVE	ACCIONES GENERALES	VINCULACIÓN
G027	Promover el uso de combustibles de no origen fósil.	La presente acción general es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos.
G028	Promover el uso de energías renovables.	La acción general en comentario es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos. Debido a lo anterior, la misma no le es aplicable al proyecto sujeto a evaluación.
G029	Promover un aprovechamiento sustentable de la energía.	Las medidas de mitigación propuestas en la presente evaluación consideran la optimización de las acciones para minimizar el impacto ambiental y hacer un uso eficiente de los recursos. Sin embargo, esta acción general es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación y ejecución de las políticas públicas.
G030	Fomentar la producción y uso de equipos energéticamente más eficientes.	Con el diseño del proyecto propuesto, se han buscado utilizar eficientemente todas las actividades que impliquen consumo de energía. Esta acción general es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación y ejecución de las políticas públicas, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos.
G031	Promover la sustitución a combustibles limpios, en los casos en que sea posible, por otros que emitan menos contaminantes que contribuyan al calentamiento global.	El uso de todos los vehículos involucrados en la etapa constructiva del proyecto, cumplirán con las especificaciones de emisiones permitidas por la legislación aplicable.
G032	Promover la generación y uso de energía a partir de hidrógeno.	Con el diseño del proyecto propuesto, se han buscado utilizar eficientemente todas las actividades que impliquen consumo de energía. La observancia de esta acción general corresponde a las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos.
G033	Promover la investigación y desarrollo en tecnologías limpias.	Con el diseño del proyecto propuesto, se han buscado utilizar eficientemente todas las actividades que impliquen consumo de energía. Esta acción general es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos.



CLAVE	ACCIONES GENERALES	VINCULACIÓN
G034	Impulsar la reducción del consumo de energía de viviendas y edificaciones a través de la implementación de diseños bioclimático, el uso de nuevos materiales y de tecnologías limpias.	Con el diseño de las edificaciones del proyecto propuesto, se han buscado utilizar eficientemente todas las actividades que impliquen consumo de energía. La aplicación de la acción general en comento corresponde a las instituciones y autoridades encargadas de la planeación y ejecución, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos.
G035	Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones domésticas existentes.	Con el diseño de las instalaciones domésticas que incluye el proyecto propuesto, se han buscado utilizar eficientemente todas las actividades que impliquen consumo de energía. La presente acción general es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos.
G036	Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones industriales existentes.	No existen instalaciones industriales en el área donde se realizará el proyecto. La acción general en comento es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación de desarrollo urbano.
G037	Elaborar modelos (sistemas mundiales de zonificación agro-ecológica) que permitan evaluar la sostenibilidad de la producción de cultivos; en diferentes condiciones del suelo, climáticas y del terreno.	No se realizarán actividades agrícolas dentro del proyecto. La aplicación de la acción general en comento corresponde a las instituciones encargadas de la planeación y ejecución de las políticas públicas.
G038	Evaluar la potencialidad del suelo para la captura de carbono.	La presente acción general es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación.
G039	Promover y fortalecer la formulación e instrumentación de los ordenamientos ecológicos locales en el ASO.	La acción general en comento es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación ambiental, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos.
G040	Fomentar la participación de las industrias en el Programa Nacional de Auditoría Ambiental.	La aplicación de acción general en comento corresponde a las instituciones encargadas de la planeación y ejecución de las políticas públicas, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos. Debido a lo anterior, la misma no le es aplicable al proyecto sujeto a evaluación.

CLAVE	ACCIONES GENERALES	VINCULACIÓN
G041	Fomentar la elaboración de Programas de Desarrollo Urbano en los principales centros de población de los municipios.	Esta acción general es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación del desarrollo urbano, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos. El presente proyecto acata todos los instrumentos de planeación aplicables al mismo.
G042	Fomentar la inclusión de las industrias de todo tipo en el Registro de Emisión y Transferencia de Contaminantes (RETC) y promover el Sistema de Información de Sitios Contaminados en el marco del Programa Nacional de Restauración de Sitios Contaminados.	La presente acción general es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos. Debido a lo anterior, la misma no le es aplicable al proyecto sujeto a evaluación.
G043	LA SEMARNAT, considerará el contenido aplicable de este Programa. En su participación para la actualización de la Carta Nacional Pesquera, Asimismo, lo considerará en las medidas tendientes a la protección de quelonios, mamíferos marinos y especies bajo un estado especial de protección, que dicte de conformidad con la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable.	La acción general en comento es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos. Debido a lo anterior, la misma no le es aplicable al proyecto sujeto a evaluación.
G044	Contribuir a la construcción y reforzamiento de las cadenas productivas y de comercialización interna y externa de las especies pesqueras.	El presente proyecto no contempla actividades productivas en la etapa en que se propone en el presente Documento Técnico Unificado. La acción general en comento es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos.
G045	Consolidar el servicio de transporte público en las localidades nodales.	La aplicación de esta acción general corresponde a las dependencias encargadas de la planeación y ejecución de políticas públicas.
G046	Fomentar la ampliación o construcción de infraestructuras que liberen tránsito de paso, corredores congestionados y mejore el servicio de transporte.	No se realizarán obras relacionadas con infraestructura urbana. La acción general en comento es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación urbana y ambiental.

CLAVE	ACCIONES GENERALES	VINCULACIÓN
G047	Impulsar la diversificación de actividades productivas.	La presente acción general es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación.
G048	Instrumentar y apoyar campañas para la prevención ante la eventualidad de desastres naturales.	Esta acción general es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación. Debido a lo anterior, la misma no le es aplicable al proyecto sujeto a evaluación.
G049	Fortalecer la creación o consolidación de los comités de protección civil.	El cumplimiento de la presente acción general corresponde a las instituciones encargadas de la planeación y ejecución de las políticas públicas en materia de protección civil.
G050	Promover que las construcciones de las casas habitación sean resistentes a eventos hidrometeorológicos	Con el diseño del proyecto se buscó que todas las construcciones sean resistentes a fenómenos hidrometeorológicos. El cumplimiento de la presente acción general es responsabilidad de las instituciones encargadas de la planeación y ejecución de las políticas públicas en materia de protección civil y planeación urbana.
G051	Realizar campañas de concientización sobre el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos.	Las campañas a las que se refiere la presente acción general corresponden a las autoridades municipales encargadas de la ejecución de las políticas públicas en materia de residuos.
G052	Implementar campañas de limpieza, particularmente en asentamientos suburbanos y urbanos (descacharrización, limpieza de solares, separación de basura, etc.).	Las campañas a las que se refiere la presente acción general corresponden autoridades municipales competentes en la limpia y recolección de residuos.
G053	Instrumentar programas y mecanismos de reutilización de las aguas residuales tratadas.	El diseño del proyecto contempla el uso y reúso eficiente de las aguas residuales. Sin embargo, la presente acción general es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos.

CLAVE	ACCIONES GENERALES	VINCULACIÓN
G054	Promover en el sector industrial la instalación y operación adecuada de plantas de tratamiento para sus descargas.	El proyecto no es de naturaleza industrial. La acción general en comento es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos.
G055	La remoción parcial o total de vegetación forestal para el cambio de uso del suelo en terrenos forestales, o para el aprovechamiento de recursos maderables en terrenos forestales y preferentemente forestales, solo podrá llevarse a cabo de conformidad con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y demás disposiciones jurídicas aplicables.	La remoción de vegetación forestal para el cambio de uso del suelo en terreno forestal, se llevará a cabo de conformidad con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y demás disposiciones jurídicas aplicables.
G056	Promover e impulsar la construcción y adecuada operación de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos, peligrosos o de manejo especial de acuerdo a la normatividad vigente.	La presente acción general es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación ambiental, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos. Para contribuir al cumplimiento de este criterio, se adjunta al presente Documento Técnico Unificado, el Programa de Manejo de Residuos del mismo.
G057	Promover los estudios sobre los problemas de salud relacionados con los efectos del cambio climático.	La aplicación de esta acción general corresponde a las instituciones y dependencias de la planeación y ejecución de políticas públicas en materia de salud.
G058	La gestión de residuos peligrosos deberá realizarse conforme a lo establecido por la legislación vigente y los lineamientos de la CICOPLAFEST que resulten aplicables.	No se contempla la generación de residuos peligrosos y su disposición en el área del proyecto. El mantenimiento de la maquinaria se realizará en áreas propiamente equipadas. Dichos residuos se manejarán conforme a lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento.
G059	El desarrollo de infraestructura dentro de un ANP, deberá ser consistente con la legislación aplicable, el Programa de Manejo y el Decreto de creación correspondiente.	El proyecto no se inserta dentro de una Área Natural Protegida, por lo que este criterio no le es aplicable al proyecto.

CLAVE	ACCIONES GENERALES	VINCULACIÓN
G060	Ubicar la construcción de infraestructura costera en sitios donde se minimice el impacto sobre la vegetación acuática sumergida.	El proyecto está diseñado para minimizar el impacto sobre la vegetación acuática sumergida, como se detalla en el Capítulo VII del presente Documento Técnico Unificado: Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales. Por lo anterior, se prevé el cumplimiento de esta acción general.
G061	La construcción de infraestructura costera se deberá realizar con proceso y materiales que minimicen la contaminación del ambiente marino.	No se contempla la instalación de infraestructura costera, por lo que el presente criterio no le es aplicable al proyecto.
G062	Implementar procesos de mejora de la actividad agropecuaria y aplicar mejores prácticas de manejo.	El proyecto no consiste en la realización de actividad agropecuaria, por lo que la acción general en comento no es aplicable al proyecto.
G063	Promover la elaboración de ordenamientos pesqueros y acuícolas a diferentes escalas y su vinculación con los ordenamientos ecológicos.	Esta acción general es para la observancia de las instituciones encargadas de la planeación, por lo que no le es aplicable a los particulares en la elaboración de proyectos.
G064	La construcción de carreteras, caminos, puentes o vías férreas deberá evitar modificaciones en el comportamiento hidrológico de los flujos subterráneos o superficiales o atender dichas modificaciones en caso de que sean inevitables.	El presente proyecto está diseñado de tal manera que se minimizan las modificaciones en el comportamiento hidrológico de los flujos subterráneos o superficiales.
G065	La realización de obras y actividades en Áreas Naturales Protegidas, deberá contar con la opinión de la Dirección del ANP o en su caso de la Dirección Regional que corresponda, conforme lo establecido en el Decreto y Programa de Manejo del área respectiva.	El proyecto no se inserta dentro de una Área Natural Protegida, por lo que este criterio no le es aplicable al proyecto.

### III.2.2.2 Acciones específicas aplicables a la UGA 139

La UGA 139 “Solidaridad” tiene una superficie de 327,229 ha, y se encuentra principalmente en el municipio de Solidaridad. Sus características se muestran en la **Cuadro III:4** y los criterios las 61 acciones específicas que le aplican, en la **Cuadro III:5**.

**Cuadro III:4. Características de la UGA 139 "Solidaridad"**

TIPO DE UGA	Regional	Mapa
<b>Nombre:</b>	Solidaridad	
<b>Municipio:</b>	Solidaridad	
<b>Estado:</b>	Quintana Roo	
<b>Población:</b>	135,237 habitantes	
<b>Superficie:</b>	327,229.174 ha	
<b>Subregión:</b>	Aplicar criterios de Zona Costera Inmediata Mar Caribe	
<b>Islas:</b>	-	
<b>Puerto Turístico:</b>	Presente	
<b>Puerto Comercial:</b>	Presente	
<b>Puerto Pesquero:</b>	-	
<b>Nota</b>	-	

**Cuadro III:5. Acciones y criterios aplicables a la UGA 139**

Acciones y Criterios							
Acción	Aplicación	Acción	Aplicación	Acción	Aplicación	Acción	Aplicación
A-001	Aplica	A-027	Aplica	A-053	Aplica	A-079	NA
A-002	Aplica	A-028	Aplica	A-054	Aplica	A-080	NA
A-003	Aplica	A-029	Aplica	A-055	Aplica	A-081	NA
A-004	NA	A-030	Aplica	A-056	Aplica	A-082	NA
A-005	Aplica	A-031	Aplica	A-057	Aplica	A-083	NA
A-006	Aplica	A-032	Aplica	A-058	Aplica	A-084	NA
A-007	Aplica	A-033	Aplica	A-059	Aplica	A-085	NA
A-008	Aplica	A-034	NA	A-060	Aplica	A-086	NA
A-009	Aplica	A-035	NA	A-061	Aplica	A-087	NA
A-010	Aplica	A-036	NA	A-062	Aplica	A-088	NA
A-011	Aplica	A-037	Aplica	A-063	Aplica	A-089	NA
A-012	Aplica	A-038	Aplica	A-064	Aplica	A-090	NA
A-013	Aplica	A-039	Aplica	A-065	Aplica	A-091	NA
A-014	Aplica	A-040	Aplica	A-066	Aplica	A-092	NA
A-015	Aplica	A-041	NA	A-067	Aplica	A-093	NA
A-016	Aplica	A-042	NA	A-068	Aplica	A-094	NA
A-017	Aplica	A-043	NA	A-069	Aplica	A-095	NA
A-018	Aplica	A-044	Aplica	A-070	Aplica	A-096	NA
A-019	Aplica	A-045	NA	A-071	Aplica	A-097	NA
A-020	Aplica	A-046	Aplica	A-072	Aplica	A-098	NA
A-021	Aplica	A-047	NA	A-073	NA	A-099	NA
A-022	Aplica	A-048	NA	A-074	NA	A-100	NA

Acciones y Criterios							
Acción	Aplicación	Acción	Aplicación	Acción	Aplicación	Acción	Aplicación
A-023	Aplica	A-049	NA	A-075	NA		
A-024	Aplica	A-050	Aplica	A-076	NA		
A-025	Aplica	A-051	Aplica	A-077	Aplica		
A-026	Aplica	A-052	Aplica	A-078	NA		

Para ambas clases de criterios y acciones, los responsables para su instrumentación y seguimiento en el Programa de Ordenamiento Ecológico del Golfo de México y Mar Caribe, son los indicados en el Anexo 6 del mismo Programa. Es decir, las autoridades estatales, municipales o dependencias de la Administración Pública Federal en el rubro de sus respectivas competencias, tales como: SEMARNAT, SAGARPA, SEP, SEDESOL, SECTUR, CONAGUA, CFE, SEMAR, SCT, PEMEX, SENER, INAPESCA, SE, CDI, SEGOB, INAH, SSA, CONANP, Municipios y Estados.

La ejecución de tales acciones y criterios son de observancia para las autoridades en el ámbito de su respectiva competencia (anexo 6 del instrumento en comento). El proyecto no transgrede ni compromete la aplicación de dichas acciones y criterios en su gran mayoría. Dichos criterios y acciones se muestran en el **Cuadro III:6**.

**Cuadro III:6. Responsables de la instrumentación de los criterios y acciones aplicables a la UGA 139**

CRITERIO	ACCIONES-CRITERIOS	PRINCIPALES RESPONSABLES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO	
A001	Fortalecer los mecanismos para el control de la comercialización y uso de agroquímicos y pesticidas.	SAGARPA, Estados.	SEMARNAT,	Este criterio no le es aplicable al proyecto, ya que no implica la comercialización ni el uso de agroquímicos y pesticidas.
A002	Instrumentar mecanismos de capacitación para el manejo adecuado de agroquímicos y pesticidas.	SAGARPA, Estados.	SEMARNAT,	Este criterio no le es aplicable al proyecto, ya que no implica la comercialización ni el uso de agroquímicos y pesticidas.
A003	Fomentar el uso de fertilizantes orgánicos y abonos verdes en los procesos de fertilización del suelo de actividades agropecuarias y forestales.	SAGARPA, Estados.	SEMARNAT,	Este criterio no le es aplicable al proyecto, ya que no implica la comercialización ni el uso de agroquímicos y pesticidas.
A005	Evitar las pérdidas de agua durante los procesos de distribución de la misma.	Estados, Municipios		El diseño, construcción y operación de la infraestructura de distribución de agua del proyecto, estarán encaminados a evitar las pérdidas de agua.

CRITERIO	ACCIONES-CRITERIOS	PRINCIPALES RESPONSABLES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
A006	Implementar programas para la captación de agua de lluvia y el uso de aguas grises.	SEMARNAT, SEDESOL, SECTUR, Estados, Municipios	La implementación de programas para la captación de agua de lluvia y el uso de aguas grises corresponde a las autoridades competentes.
A007	Promover la constitución de áreas destinadas voluntariamente a la conservación o ANP en áreas aptas para la conservación o restauración de ecosistemas naturales.	SEMARNAT, SAGARPA, Estados, Municipios	La promoción de áreas destinadas voluntariamente a la conservación corresponde a las autoridades encargadas de la planeación y ejecución de las políticas públicas al respecto, por lo que no es aplicable al proyecto.
A008	Evitar las actividades humanas en las playas de anidación de tortugas marinas, salvo aquellas que estén autorizadas en los programas de conservación	SEMAR, SEMARNAT, SECTUR, Estados y municipios	El proyecto no se ubica en playas de anidación de tortugas marinas, por lo que no le es aplicable este criterio.
A009	Fortalecer la inspección y vigilancia en las zonas de anidación y reproducción de las tortugas marinas.	SEMAR, SEMARNAT, Estados y municipios	El proyecto no se ubica en playas de anidación de tortugas marinas, por lo que no le es aplicable este criterio.
A010	Fortalecer el apoyo económico de las actividades de conservación de las tortugas marinas.	SEMAR, SEMARNAT, Estados y municipios	El proyecto no se ubica en playas de anidación de tortugas marinas, por lo que no le es aplicable este criterio.
A011	Establecer e impulsar programas de restauración y recuperación de la cobertura vegetal original para revertir el avance de la frontera agropecuaria	SEMARNAT, SAGARPA, Estados, Municipios	El proyecto no incluye actividades agrícolas, por lo que no implica el avance de la frontera agropecuaria. Por lo anterior, el proyecto no le es aplicable.
A012	Promover la preservación de las dunas costeras y su vegetación natural, -a través de la ubicación de la infraestructura detrás del cordón de dunas frontales.	SEMARNAT, SAGARPA, Municipios	El proyecto no se encuentra en un área ocupada por dunas costeras, por lo que no le es aplicable el presente criterio.
A013	Establecer las medidas necesarias para evitar la introducción de especies potencialmente invasoras por actividades marítimas en los términos establecidos por los artículos 76 y 77 de la Ley de	SEMARNAT, SEMAR, SCT, Estados	En ninguna etapa del proyecto se contempla la introducción de especies potencialmente invasoras. Únicamente se utilizarán especies nativas en las áreas verdes. Por esta



CRITERIO	ACCIONES-CRITERIOS	PRINCIPALES RESPONSABLES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	Navegación y Comercio Marítimo.		razón, el proyecto cumple con el presente criterio.
A014	Instrumentar campañas de restauración, reforestación y recuperación de manglares y otros humedales en las zonas de mayor viabilidad ecológica	SEMARNAT, SEMAR, Estados, Municipios	Dado que en el predio se localizan áreas con presencia de mangle, se implementará un programa de compensación, por las distancias de las obras a estas áreas.
A015	Promover e impulsar la reubicación de instalaciones que se encuentran sobre las dunas arenosas en la zona costera del ASO.	SEMARNAT, SAGARPA, Municipios	El proyecto no implica la realización de obras sobre dunas arenosas, por lo que no le es aplicable este criterio.
A016	Establecer corredores biológicos para conectar las ANP existentes o las áreas en buen estado de conservación dentro del ASO.	SEMARNAT, SEMAR, Estados, Municipios	Esta acción no corresponde a los particulares, sino a las autoridades encargadas de la planeación y la ejecución de las estrategias de conservación.
A017	Establecer e impulsar programas de restauración, reforestación y recuperación de zonas degradadas	SAGARPA, SEMARNAT, Estados, Municipios	El proyecto contempla los programas de Rescate de Flora y de Reforestación y Jardinería y de compensación de la vegetación de manglar, por lo que contribuye al cumplimiento de este criterio.
A018	Promover acciones de apoyo a la protección y recuperación de especies bajo algún régimen de protección considerando en la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categoría de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010), así como las competencias del Consejo Técnico Consultivo Nacional para la Conservación y	SEMARNAT, Estados.	El proyecto contempla la implementación de un programa de Rescate de Flora y de Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre, que incluyen medidas para la recuperación y reubicación de aquellos ejemplares que pertenezcan a especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

CRITERIO	ACCIONES-CRITERIOS	PRINCIPALES RESPONSABLES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre.		
A-019	Los programas de remediación que se implementen, deberán ser formulados y aprobados de conformidad con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y demás normatividad aplicable.	SEMARNAT, Estados.	El proyecto no implica ni contempla la ejecución de algún programa de remediación, ya que no se ubica en un sitio contaminado ni que haya presentado contingencia ambiental.
A-020	Promover el uso de tecnologías de manejo de la caña en verde para evitar las emisiones producidas en los periodos de zafra.	SEMARNAT, Estados.	El proyecto no consiste en la producción de caña ni alguno de sus productos, por lo que este criterio no le es aplicable.
A-021	Fortalecer los mecanismos de control de emisiones y descargas para mejorar la calidad del aire, agua y suelos, particularmente en las zonas industriales y urbanas del ASO	SEMARNAT, Estados	El proyecto no se encuentra en ninguna zona industrial o urbana. El fortalecimiento de los mecanismos de control corresponde a las autoridades ambientales estatales y federales.
A-022	Fomentar programas de remediación y monitoreo de zonas y aguas costeras afectadas por hidrocarburos.	SEMAR, SEMARNAT, PEMEX, Estados.	El fomento de programas de remediación de zonas y aguas costeras corresponde a las autoridades competentes. Además, el proyecto no pretende ubicarse en alguna zona costera afectada por hidrocarburos.
A-023	Aplicar medidas preventivas y correctivas de contaminación del suelo con base a riesgo ambiental, así como la aplicación de acciones inmediatas o de emergencia y tecnologías para la	SEMARNAT, Estados.	El proyecto no se considera una actividad altamente riesgosa ni se pretende ubicar en un sitio contaminado ni susceptible de emergencia,

CRITERIO	ACCIONES-CRITERIOS	PRINCIPALES RESPONSABLES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	remediación in situ, en términos de la legislación aplicable.		por lo que no le aplica el presente criterio.
A-024	Fomentar el uso de tecnologías para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y partículas al aire por parte de la industria y los automotores	SEMARNAT, Estados.	El fomento del uso de tecnologías de reducción de gases de efecto invernadero corresponde a las autoridades competentes. Además de lo anterior, el proyecto no consiste en una actividad industrial ni relacionada con automotores.
A-025	Efectuar programas de remediación y de rehabilitación integral de sitios contaminados por actividades industriales, de conformidad con la LGPGIR y su Reglamento.	SEMARNAT, Estados.	El sitio del proyecto no constituye un sitio contaminado por actividad industrial, por lo que no le es aplicable el presente criterio.
A-026	Promover e impulsar el uso de tecnologías "Limpias" y "Ambientalmente amigables" en las industrias registradas en el ASO y su área de influencia. Fomentar que las industrias que se establezcan cuenten con las tecnologías de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero	SEMARNAT, Estados, Municipios	El proyecto no se considera un alto generador de gases de efecto invernadero.
A-027	Mantener al mínimo posible la superficie ocupada por las instalaciones de infraestructura en las playas para evitar su perturbación	SEMARNAT, SEMAR, Estados, Municipios	El proyecto no incluye obras en playas, por lo que no le es aplicable el presente criterio.
A-028	Promover las medidas necesarias para que la instalación de infraestructura de ocupación permanente sobre el primero o segundo cordón de dunas eviten efectos negativos sobre su estructura o función ecosistémica.	SEMARNAT, SEMAR, SCT, Estados, Municipios	El proyecto ni alguno de sus componentes implica la construcción de obras o instalaciones en primero o segundo cordón de dunas, por lo que no le es aplicable el presente criterio.

CRITERIO	ACCIONES-CRITERIOS	PRINCIPALES RESPONSABLES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
A-029	Promover la preservación del perfil de la costa y los patrones naturales de circulación de las corrientes alineadas a la costa. Salvo cuando dichas modificaciones correspondan a proyectos de infraestructura que tengan por objeto mitigar o remediar los efectos causados por alguna contingencia meteorológica o desastre natural.	SEMARNAT, SEMAR, SCT, Estados.	El proyecto no implica la modificación del perfil de la costa ni los patrones de corrientes alineadas a la costa, ya que no se encuentra en la zona costera. Por estas razones, no le es aplicable este criterio.
A-030	Generar o adaptar tecnologías constructivas y de ingeniería que minimicen la afectación al perfil costero y a los patrones de circulación de aguas costeras.	SEMARNAT, SEMAR, Estados.	El proyecto no implica la modificación del perfil de la costa ni los patrones de corrientes alineadas a la costa, ya que no se encuentra en la zona costera. Por estas razones, no le es aplicable este criterio.
A-031	Evitar la modificación de las características de las barras arenosas que limitan los sistemas lagunares costeros.	SEMARNAT, SEMAR, Estados, Municipios	El proyecto no se encuentra en alguna barra arenosa que limite un sistema lagunar costero, por lo que no le es aplicable este criterio.
A-032	Promover el mantenimiento de las características naturales, físicas y químicas de playas y dunas costeras.	SEMARNAT, SEMAR, Estados, Municipios	El proyecto no se encuentra en ninguna playa ni duna costera, por lo que no le es aplicable este criterio.
A-033	Fomentar el aprovechamiento de la energía eólica excepto cuando su infraestructura pueda afectar corredores de especies migratorias.	SENER, CFE.	El fomento de la energía eólica corresponde a las autoridades competentes, por lo que no le es aplicable al proyecto.
A-037	Fomentar la generación energética por medio de energía solar.	SENER, CFE, Estados, Municipios	El fomento de la energía solar corresponde a las autoridades competentes, por lo que no le es aplicable al proyecto.
A-038	Impulsar el uso de los residuos agrícolas para la generación de energía y reducir los riesgos de incendios forestales en las regiones más secas.	SENER, CFE, Estados, Municipios	El impulso del uso de residuos agrícolas para la generación de energía corresponde a las autoridades competentes. Además, el proyecto no

CRITERIO	ACCIONES-CRITERIOS	PRINCIPALES RESPONSABLES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
			contempla la generación de residuos agrícolas. Por estas razones, el presente criterio no le es aplicable.
A-039	Promover la reducción del uso de agroquímicos sintéticos a favor del uso de mejoradores orgánicos.	SAGARPA, SEMARNAT, Estados, Municipios	Por su naturaleza, el proyecto no requiere el uso de agroquímicos, por lo que el presente criterio no le es aplicable.
A-040	Impulsar la sustitución de las actividades de pesca extractiva por actividades de producción acuícola con especies nativas de la zona en la cual se aplica el programa y con tecnologías que no contaminen el ambiente y cuya infraestructura no afecte los sistemas naturales.	SEMARNAT, SAGARPA	El proyecto no contempla actividades pesqueras por lo que este criterio no le es aplicable al mismo.
A-044	Diversificar la base de especies en explotación comercial en las pesquerías.	SAGARPA, INAPESCA	El proyecto no contempla actividades pesqueras por lo que este criterio no le es aplicable al mismo.
A-050	Promover el desarrollo de Programas de Desarrollo Urbano y Programas de Conurbación con el fin de dotar de infraestructura de servicios a las comunidades rurales.	SEDESOL, Estado Municipios,	La proporción del desarrollo de PDU's y Programas de conurbación es competencia de las autoridades federales, estatales y municipales, por lo que no le es aplicable al proyecto.
A-051	Promover la construcción de caminos rurales, de terracería o revestidos entre las localidades estratégicas para procesos de mejorar la comunicación.	SEDESOL, Estado Municipios,	La proporción caminos entre las localidades es competencia de las autoridades federales, estatales y municipales, por lo que no le es aplicable al proyecto
A-052	Promover el uso sostenible de la tierra/agricultura (cultivos, ganado, pastos y praderas, y bosques) y prácticas de manejo y tecnología que favorezcan la captura de carbono.	SAGARPA, CDI, SEMARNAT, SEDESOL, SE, SECTUR, Estados y Municipios	En el cambio de uso del suelo se considera mantener una superficie libre de obras y destinada a la conservación que contribuirán a la captura de carbono en el sitio.
A-053	Desincentivar y evitar el desarrollo de actividades productivas extensivas.	SAGARPA, CDI, SEMARNAT, SEDESOL, SE, SECTUR, Estados y Municipios	El proyecto no contempla el desarrollo de actividades productivas extensivas, por lo que cumple con el presente criterio.

CRITERIO	ACCIONES-CRITERIOS	PRINCIPALES RESPONSABLES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
A-054	Promover la sustitución de tecnologías extensivas por sus correspondientes intensivas en las actividades acordes a la aptitud territorial, utilizando esquemas de manejo y tecnología adecuada para minimizar el impacto ambiental.	SAGARPA, CDI, SEMARNAT, SEDESOL, SE, SECTUR, Estados.	La promoción e inducción de actividades intensivas corresponde a las autoridades correspondientes, por lo que el presente criterio no le es aplicable al proyecto.
A-055	Coordinar los programas de gobierno que apoyan a la producción agropecuaria para actuar sinérgicamente sobre el territorio y la población que lo ocupa.	SAGARPA, CDI, SEMARNAT, SEDESOL, SE, SECTUR, Estados y Municipios.	La coordinación de programas de gobierno corresponde a las autoridades competentes, además de que el proyecto no contempla la producción agropecuaria. Por estas razones, el criterio en comento no es aplicable al proyecto.
A-056	Identificar e implementar aquellos cultivos aptos a las condiciones ambientales cambiantes.	SAGARPA, CDI, SEMARNAT, SEDESOL, Estados y Municipios	El proyecto no consiste en la implementación de cultivos, por lo que el proyecto no le es aplicable.
A-057	El establecimiento de zonas urbanas no debe realizarse en zonas de riesgo industrial, zonas de riesgo ante eventos naturales y zonas susceptibles de inundación y derrumbe. Tampoco deberá establecerse en zonas de restauración ecológica, en humedales, dunas costeras ni sobre manglares.	SEDESOL, SEGOB, Municipios, Estado	El proyecto no consiste en el establecimiento de una zona urbana, por lo que no es aplicable el presente criterio.
A-058	Realizar campañas para reubicar a personas fuera de las zonas de riesgo.	SEDESOL, SEGOB, Municipios, Estado	La realización de campañas para la reubicación de personas fuera de las zonas de riesgo, no corresponde a los proyectos ni a los particulares si no a las autoridades competentes, por lo que este criterio no le es aplicable al Proyecto.
A-059	Identificar, reforzar o dotar de equipamiento básico a las localidades estratégicas para la conservación y/o el desarrollo sustentable.	SEDESOL, SEGOB, Municipios, Estado	Esta acción corresponde a las autoridades correspondientes y no a los particulares, por lo que no le es aplicable al proyecto.
A-060	Establecer y mejorar sistemas de alerta temprana ante eventos hidrometeorológicos extremos.	SEDESOL, SEGOB, Municipios, Estado	El establecimiento y mejora de sistemas de alerta temprana ante eventos

CRITERIO	ACCIONES-CRITERIOS	PRINCIPALES RESPONSABLES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
			<p>hidrometeorológicos extremos es competencia de las autoridades correspondientes. A pesar de ello, durante la operación del proyecto, en caso de activación de estas alarmas, se establecerán las medidas pertinentes para la protección de huéspedes y residentes, tales como la evacuación, protección de instalaciones y resguardo de mobiliario, equipo y documentación; así como otras medidas que establezcan dichas autoridades.</p>
A-061	<p>Mejorar las condiciones de las viviendas y de infraestructura social y comunitaria en las localidades de mayor marginación</p>	<p>SEDESOL, Estado Municipios,</p>	<p>La mejora de las condiciones de la vivienda y de infraestructura social y comunitaria corresponde a las autoridades competentes y no a los particulares, por lo que no le es aplicable al proyecto.</p>
A-062	<p>Fortalecer y consolidar las capacidades organizativas y de infraestructura para el manejo adecuado y disposición final de residuos peligrosos y de manejo especial. Asegurar el Manejo Integral de los Residuos Peligrosos.</p>	<p>SEMARNAT, Estados</p>	<p>El fortalecimiento y la consolidación de la infraestructura para el manejo y disposición final de residuos peligroso y de manejo especial corresponde a las autoridades correspondientes. Cabe señalar que en ninguna área del proyecto se llevará a cabo dicha disposición final.</p>
A-063	<p>Instalar nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales municipales y optimizar las ya existentes.</p>	<p>Municipios</p>	<p>El proyecto contempla la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales para tratar sus propias aguas cumpliendo con las normas correspondientes. No requiere del uso de los sistemas municipales de tratamiento.</p>

CRITERIO	ACCIONES-CRITERIOS	PRINCIPALES RESPONSABLES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
A-064	Completar la conexión de todas las viviendas al sistema de colección de aguas residuales municipales y a las plantas de tratamiento.	Municipios.	El proyecto contempla la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales para tratar sus propias aguas cumpliendo con las normas correspondientes. No requiere del uso de los sistemas municipales de tratamiento.
A-065	Instrumentar programas de recuperación y mejoramiento de suelos mediante el uso de lodos inactivados de las plantas de tratamiento de aguas servidas municipales.	SEMARNAT, Municipios.	La instrumentación de estos programas de recuperación y mejoramiento de suelos mediante los lodos de las PTAR's, es competencia de las autoridades correspondientes. Sin embargo, como parte de la mitigación de impactos y las estrategias de aprovechamiento de los residuos se implementará el composteo de los lodos de la planta de tratamiento del proyecto para el enriquecimiento del suelo en las áreas de reforestación y conservación, previo tratamiento.
A-066	Incrementar la capacidad de tratamiento de las plantas para dar tratamiento terciario a los efluentes e inyectar aguas de mayor calidad al manto freático en apoyo, en su caso, a la restauración de humedales.	Municipios	El incremento de la capacidad de las plantas hasta el tratamiento terciario es competencia de las autoridades municipales.
A-067	Incrementar la capacidad de captación de aguas pluviales en las zonas urbanas y turísticas.	Municipios.	El incremento de la capacidad de captación de las aguas pluviales en zonas urbanas y turísticas es competencia de los municipios.
A-068	Promover el manejo integral de los residuos sólidos, peligrosos y de manejo especial para evitar su impacto ambiental en el mar y zona costera.	SEDESOL, Municipios	Se implementará un Plan de Mano de Residuos que establecerá las estrategias para el manejo adecuado de los residuos generados durante la operación del proyecto.



CRITERIO	ACCIONES-CRITERIOS	PRINCIPALES RESPONSABLES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
A-069	Promover el tratamiento o disposición final de los residuos sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial para evitar su disposición en mar.	SEMAR, SEMARNAT, SEDESOL, Municipios.	Se implementará un Plan de Mano de Residuos que establecerá las estrategias para el manejo adecuado de los residuos generados durante la operación del proyecto.
A-070	Realizar campañas de colecta y concentración de residuos sólidos en la zona costera para su disposición final.	SEDESOL, Municipios.	La realización de campañas de colecta y concentración de residuos en la zona costera corresponde a las autoridades competentes.
A-071	Diseñar e instrumentar acciones coordinadas entre sector turismo y sector conservación para reducir al mínimo la afectación de los ecosistemas en zonas turísticas y aprovechar al máximo el potencial turístico de los recursos. Impulsar y fortalecer las redes de turismo de la naturaleza (ecoturismo) en todas sus modalidades como una alternativa al desarrollo local respetando los criterios de sustentabilidad según la norma correspondiente.	SECTUR, Estados SEMARNAT,	El diseño, instrumentación y fomento de las acciones y estrategias coordinadas entre sector turismo y sector conservación corresponde a las autoridades competentes, por lo que no le es aplicable esta acción al proyecto.
A-072	Promover que la operación de desarrollos turísticos se haga con criterios de sustentabilidad ambiental y social, a través de certificaciones ambientales nacionales o internacionales, u otros mecanismos.	SECTUR, Estados. SEMARNAT,	El proyecto se diseñó para obedecer a criterios de sustentabilidad ambiental y social observando las mejores prácticas del sector. La promoción de las certificaciones ambientales corresponde a las autoridades competentes.
A-077	La construcción, modernización y ampliación de la infraestructura aeroportuaria deberá minimizar la afectación de la estructura y función de los ecosistemas y sus bienes y servicios ambientales, entre éstos: flujos hidrológicos, conectividad de ecosistemas, especies en riesgo, recarga de acuíferos y hábitats críticos.	SCT, SEMARNAT, Estados.	El proyecto no consiste en la construcción, modernización ni ampliación de infraestructura aeroportuaria, por lo que no le es aplicable el presente criterio.

### III.2.2.3 Criterios de la Zona Costera Inmediata del Mar Caribe (aplican para la UGA 139)

Estos criterios y acciones son aplicables a la UGA 139, y se refieren a aquellas implementar en la Zona Costera Inmediata al Mar Caribe. En total son 14 acciones, mismas que se muestran en el **Cuadro III:7**.

**Cuadro III:7. Vinculación del Proyecto con las acciones aplicables a la Zona Costera Inmediata Mar Caribe, de acuerdo con el POEMyR.**

CLAVE	ACCIONES-CRITERIOS	CUMPLIMIENTO
ZMC-01	Con el fin de proteger y preservar las comunidades arrecifales, principalmente las de mayor extensión, y/o riqueza de especies en la zona, y aquellas que representan valores culturales particulares, se recomienda no construir ningún tipo de infraestructura en las áreas ocupadas por dichas formaciones.	El área de instalación del proyecto no es próxima a comunidades arrecifales. El proyecto no se encuentra sobre la costa por lo que el presente criterio no le es aplicable al proyecto.
ZMC-02	Dado que los pastos marinos representan importantes ecosistemas para la fauna marina, debe promoverse su conservación y preservación, por lo que se debe evitar su afectación y pérdida en caso de alguna actividad o proyecto. Los estudios de impacto ambiental en esta zona, deberán demostrar la no afectación y pérdida de estos ecosistemas.	No se afectarán zonas con pastos marinos. El proyecto no se encuentra sobre la costa por lo que el presente criterio no le es aplicable al proyecto.
ZMC-03	Se prohíbe la captura de mamíferos marinos, aves y reptiles salvo para fines de investigación, rescate y traslado con fines de conservación y preservación.	El proyecto no contempla la captura de mamíferos marinos, aves o reptiles, así como ninguna actividad semejante o relacionada.
ZMC-04	Con el fin de preservar zonas coralinas, principalmente las más representativas por su extensión, riqueza y especies presentes, la ubicación y construcción de posibles puntos de anclaje deberán estar sujetas a estudios específicos que la autoridad correspondiente solicite.	El área de instalación del proyecto no es próxima a zonas coralinas. El proyecto no se encuentra sobre la costa por lo que el presente criterio no le es aplicable al proyecto.
ZMC-05	Salvo en casos de rescate o con fines científicos para su conservación y preservación, no se debe permitir la recolección, remoción o trasplante de organismos vivos o muertos en las zonas arrecifales u otro ecosistema representativo.	Las actividades propias del establecimiento del proyecto no contemplan la recolección, remoción o trasplante de organismos vivos o muertos. En el área propuesta voluntariamente a la conservación se pretenden llevar a cabo actividades de conservación como se detalla en el Capítulo VII: Estrategias de prevención y mitigación de impactos ambientales.

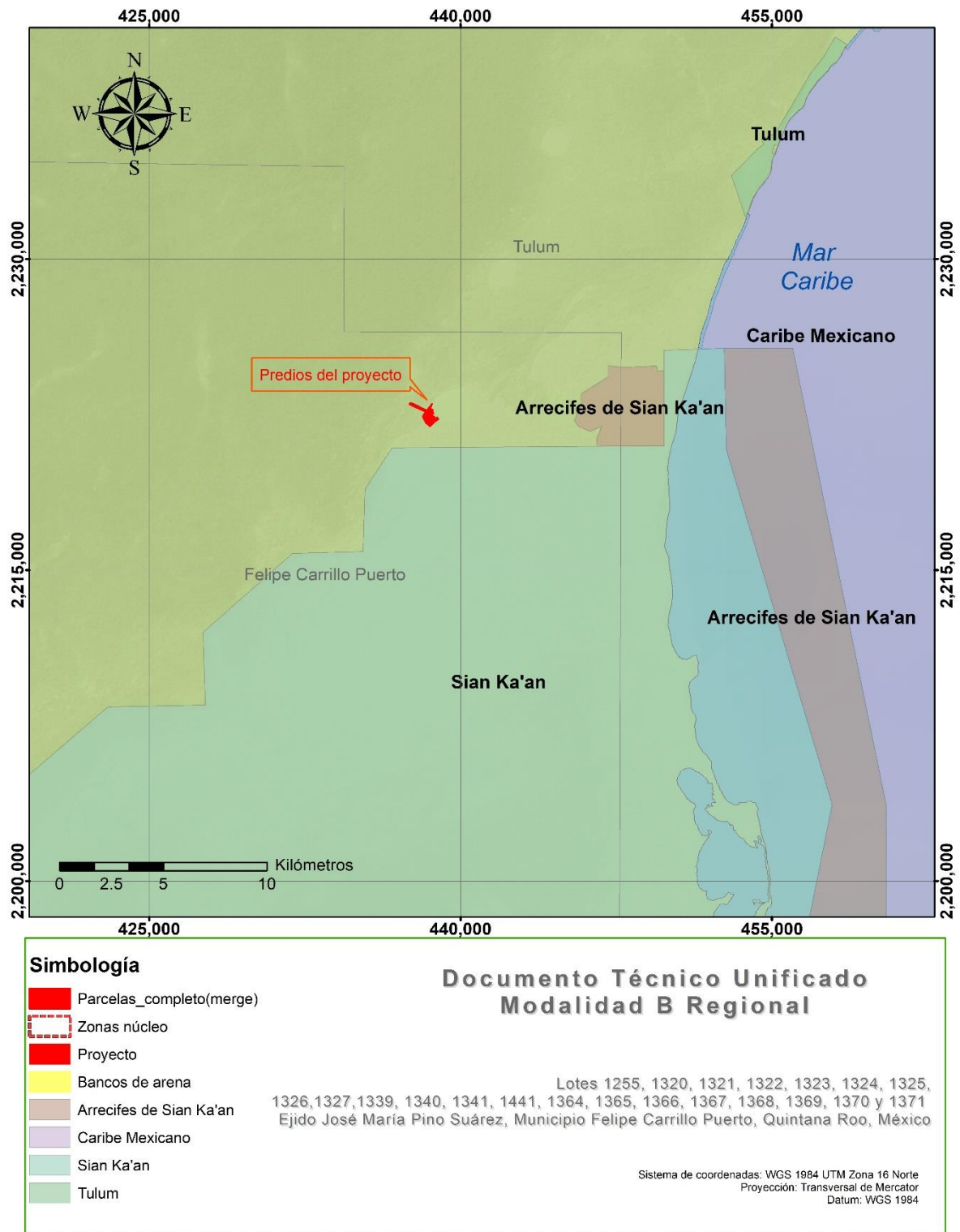
CLAVE	ACCIONES-CRITERIOS	CUMPLIMIENTO
ZMC-06	La construcción de estructuras promotoras de playas deberá estar avaladas por las autoridades competentes y contar con los estudios técnicos y específicos que la autoridad requiera para este fin.	El presente <b>Documento Técnico Unificado</b> tiene el objetivo de dar cumplimiento a los artículos 28 y 30 de la LGEEPA y el 5 de su Reglamento en materia de EIA, además de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
ZMC-07	Como una medida preventiva para evitar contaminación marina no debe permitirse el vertimiento de hidrocarburos y productos químicos de ningún tipo en los cuerpos de agua en esta zona.	El proyecto no se encuentra sobre zonas marinas por lo que el presente criterio no le es aplicable al proyecto.
ZMC-08	Con el objeto de coadyuvar en la preservación de las especies de tortugas que año con año arriban en esta zona costera, es recomendable que las actividades recreativas marinas eviten llevarse a cabo entre el ocaso y el amanecer, esto en la temporada de anidación, principalmente en aquellos sitios de mayor incidencia de dichas especies.	El proyecto no se encuentra sobre zonas costeras por lo que el presente criterio no le es aplicable al proyecto.
ZMC-09	Con el objetivo de preservar las comunidades arrecifales en la zona, es importante que cualquier actividad que se lleve a cabo en ellos y su zona de influencia estén sujetas a permisos avalados que garanticen que dichas actividades no tendrán impactos adversos sobre los valores naturales o culturales de los arrecifes, con base en estudios específicos que determinen su capacidad de carga.	El proyecto no se encuentra sobre zonas costeras ni arrecifales por lo que el presente criterio no le es aplicable al proyecto.
ZMC-10	Con el fin de prevenir la contaminación y deterioro de las zonas marinas, es recomendable la difusión de las normas ambientales correspondientes en toda actividad náutica en la zona.	El proyecto no se encuentra sobre zonas marinas por lo que el presente criterio no le es aplicable al proyecto.
ZMC-11	Se requerirá que, en caso de alguna actividad relacionada con obras de canalización y dragado debidamente autorizadas, se utilicen mallas geotextiles y otras tecnologías que eviten la suspensión y dispersión de sedimentos, en el caso de que exista el riesgo de que se afecten o resulten dañados recursos naturales por estas obras.	Se utilizarán las mejores tecnologías para evitar la dispersión de sedimentos durante las obras de canalización.
ZMC-12	Los proyectos relacionados con muelles de gran tamaño (para embarcaciones mayores de 500TRB [Toneladas de Registro Bruto] y/o 49 pies de eslora), deberán contar con estudios de impacto ambiental que incluyan estudios específicos batimétricos, topográficos, de mecánica de suelos y geohidrológicos, donde se demuestre que se asegura el mantenimiento de los procesos de transporte litoral, la calidad del agua marina, y la no afectación de comunidades marinas presentes en la zona, así	Dentro de las obras y actividades del proyecto no se contempla la construcción de ningún muelle o marina de gran tamaño; únicamente el muelle rústico dentro de la laguna.

CLAVE	ACCIONES-CRITERIOS	CUMPLIMIENTO
	como autorización por parte del INAH en caso de existir vestigios arqueológicos en el sitio.	
ZMC-13	Las embarcaciones utilizadas para la pesca comercial o deportiva deberán portar los colores y claves distintivas asignadas por la Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura, en los Lineamientos para los Mecanismos de Identificación y Control del Esfuerzo Pesquero, así como el permiso de pesca correspondiente.	Dada la naturaleza del proyecto, este no requerirá ni contempla la operación de embarcaciones de pesca comercial o deportiva; razón por la cual este criterio no les aplica a las obras sujetas a evaluación de impacto ambiental.
ZMC-14	Por las características de gran volumen de los efluentes subterráneos de los sistemas asociados a la zona oriente de la Península de Yucatán y por la importancia que revisten los humedales como mecanismo de protección del ecosistema marino ante el arrastre de contaminantes de origen terrígeno en particular para esta región los fosfatos y algunos metales pesados producto de los desperdicios generados por el turismo, se recomienda en las UGA terrestres correspondientes (UGA:139, UGA:152 y UGA:156) estudiar la factibilidad y promover la creación de áreas de protección mediante políticas, estrategias y control de uso del suelo en esquemas como los Ordenamientos Ecológicos locales o mediante el establecimiento de ANP federales, estatales, municipales, o áreas destinadas voluntariamente a la conservación que actúen de manera sinérgica para conservar los atributos del sistema costero colindante y contribuyan a completar un corredor de áreas protegidas sobre toda la zona costera del Canal de Yucatán y Mar Caribe, en particular para mantener o restaurar la conectividad de los sistemas de humedales de la Península de Yucatán.	Con el fin de contribuir al establecimiento de esquemas de protección que permitan alcanzar la sustentabilidad del proyecto, se pretenden establecer mecanismos de protección y conservación del hábitat de las especies presentes en el área del proyecto. Se anexa al presente DTU-B, el Programa de Compensación en Beneficio de los Humedales con el fin de contribuir al cumplimiento del presente criterio.

### III.3 DECRETOS Y PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

#### III.3.1 Áreas naturales protegidas

Los predios donde se pretende ubicar el proyecto no se encuentran dentro de ninguna Área Natural Protegida de competencia Federal, Estatal o Municipal. Sin embargo, se encuentran aproximadamente 1 Km de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an (**Figura III:4**)



*Figura III:4. Ubicación del proyecto con respecto a las áreas naturales protegidas.*

### III.3.2 Regiones prioritarias

#### III.3.2.1 Región Hidrológica Prioritarias

El proyecto no se encuentra dentro de ninguna Región Hidrológica Prioritaria establecida por la CONABIO, tal como se presenta en la **Figura III:5**.

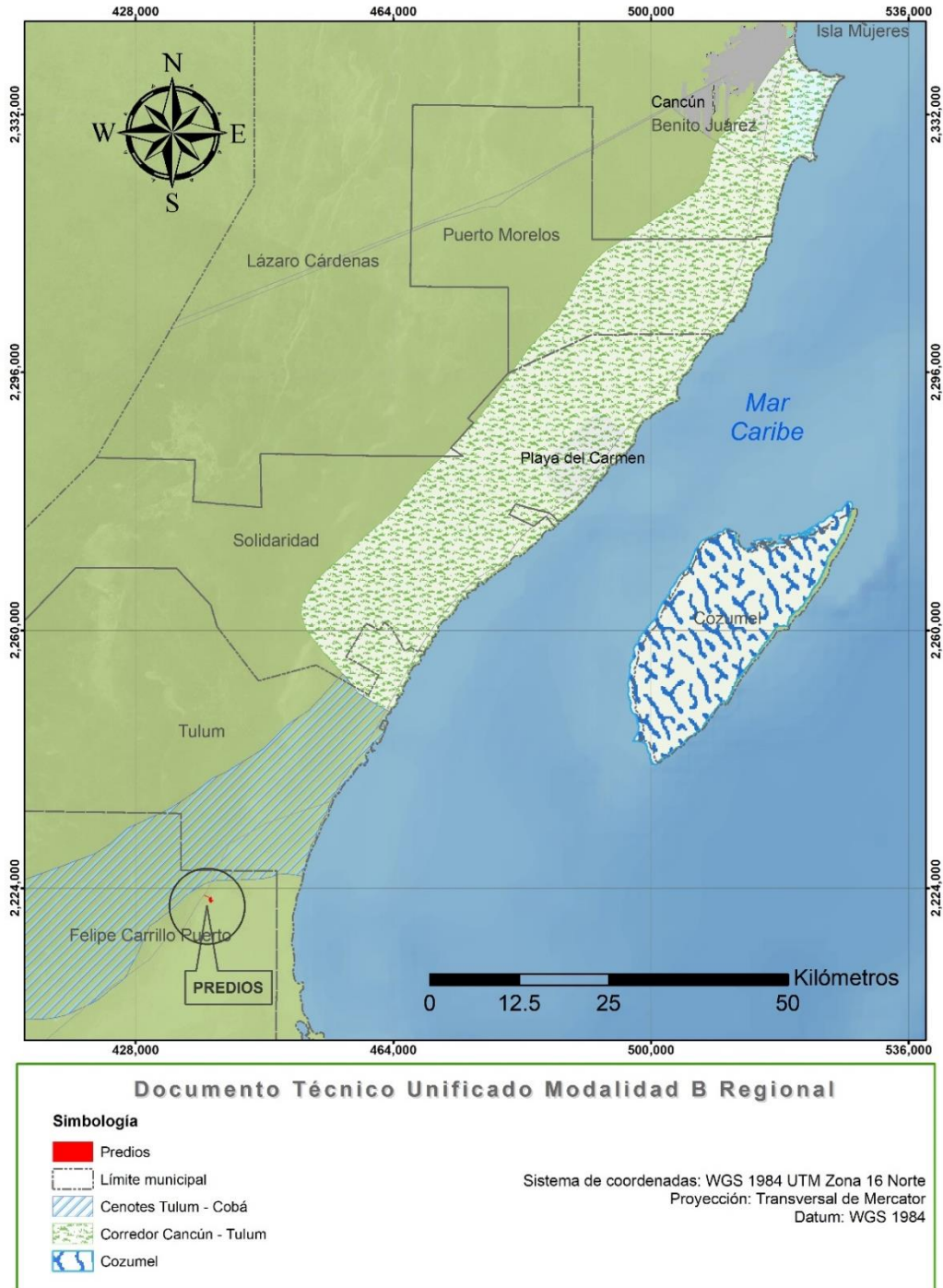
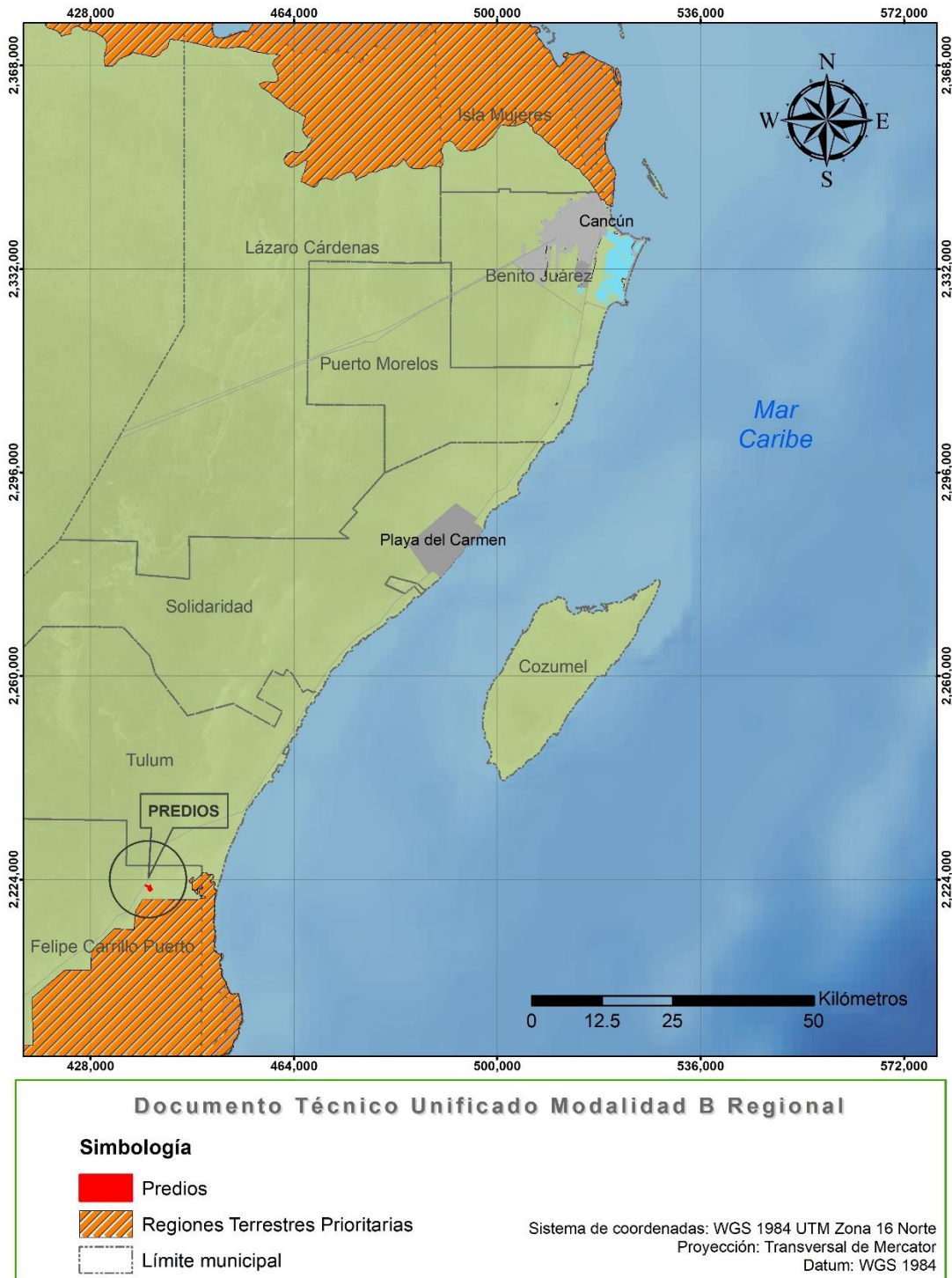


Figura III:5. Ubicación del proyecto de acuerdo a las Regiones Hidrológicas Prioritarias

### III.3.2.2 Regiones Terrestres Prioritarias

Como se muestra en la **Figura III:6**, el conjunto de predios donde se pretende ubicar el proyecto no se encuentra dentro de ninguna Región Terrestre Prioritaria establecida por el CONABIO.



**Figura III:6. Ubicación del proyecto en relación a la Regiones Terrestres Prioritarias.**

### III.3.2.3 Regiones Marinas Prioritarias

De acuerdo al mapa de las Regiones Marinas Prioritarias que se presenta en la **Figura III:7**, el predio donde se pretende localizar el proyecto no se encuentra en ninguna Región Marina Prioritaria establecida por la CONABIO.

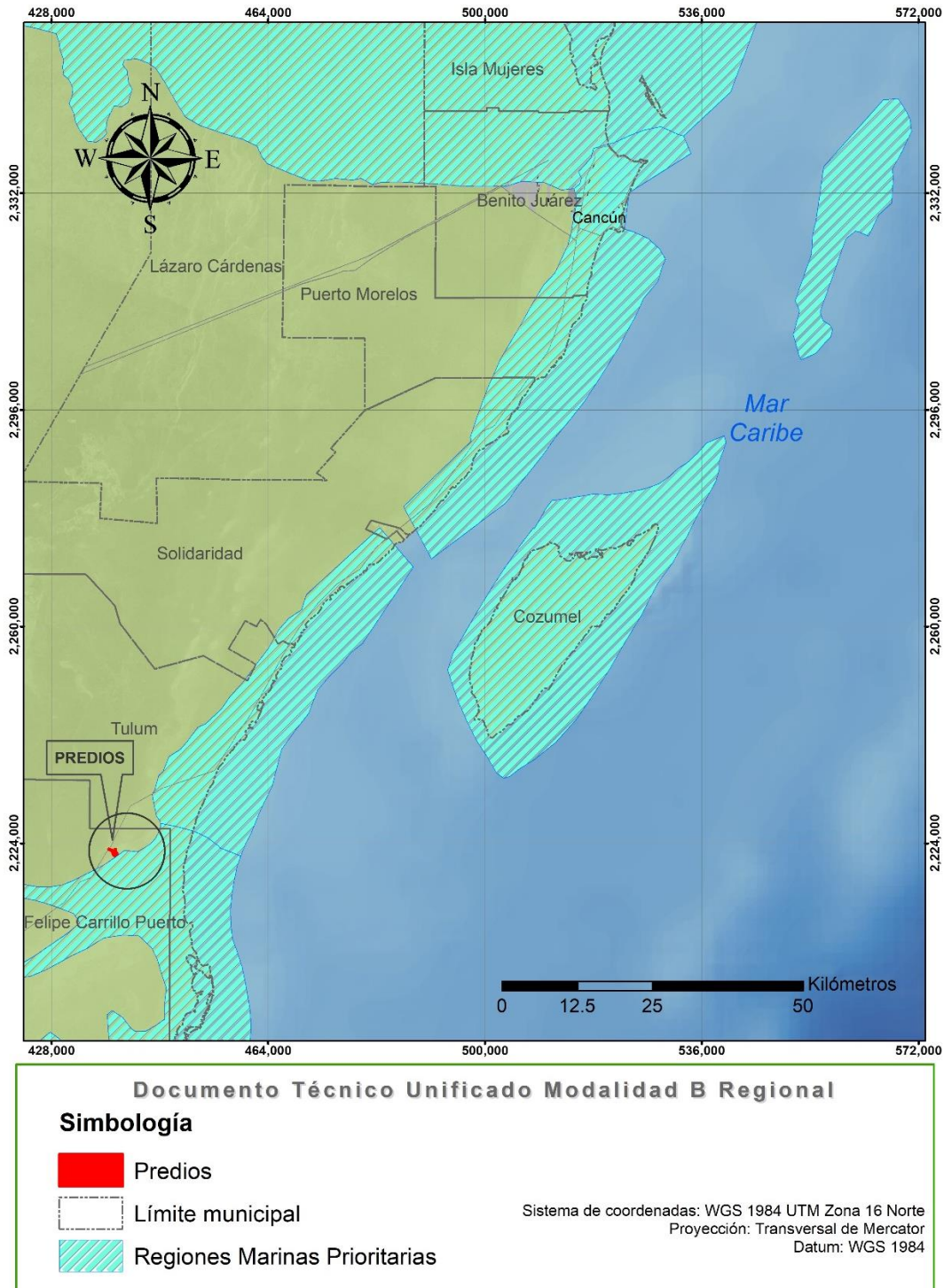


Figura III:7. Ubicación del proyecto en relación a la Regiones Terrestres Prioritarias.



### III.4 AREAS DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES (AICAS)

Los predios no se encuentran en ninguna de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves establecidas por la CONABIO, tal como se muestra en la **Figura III:8**.

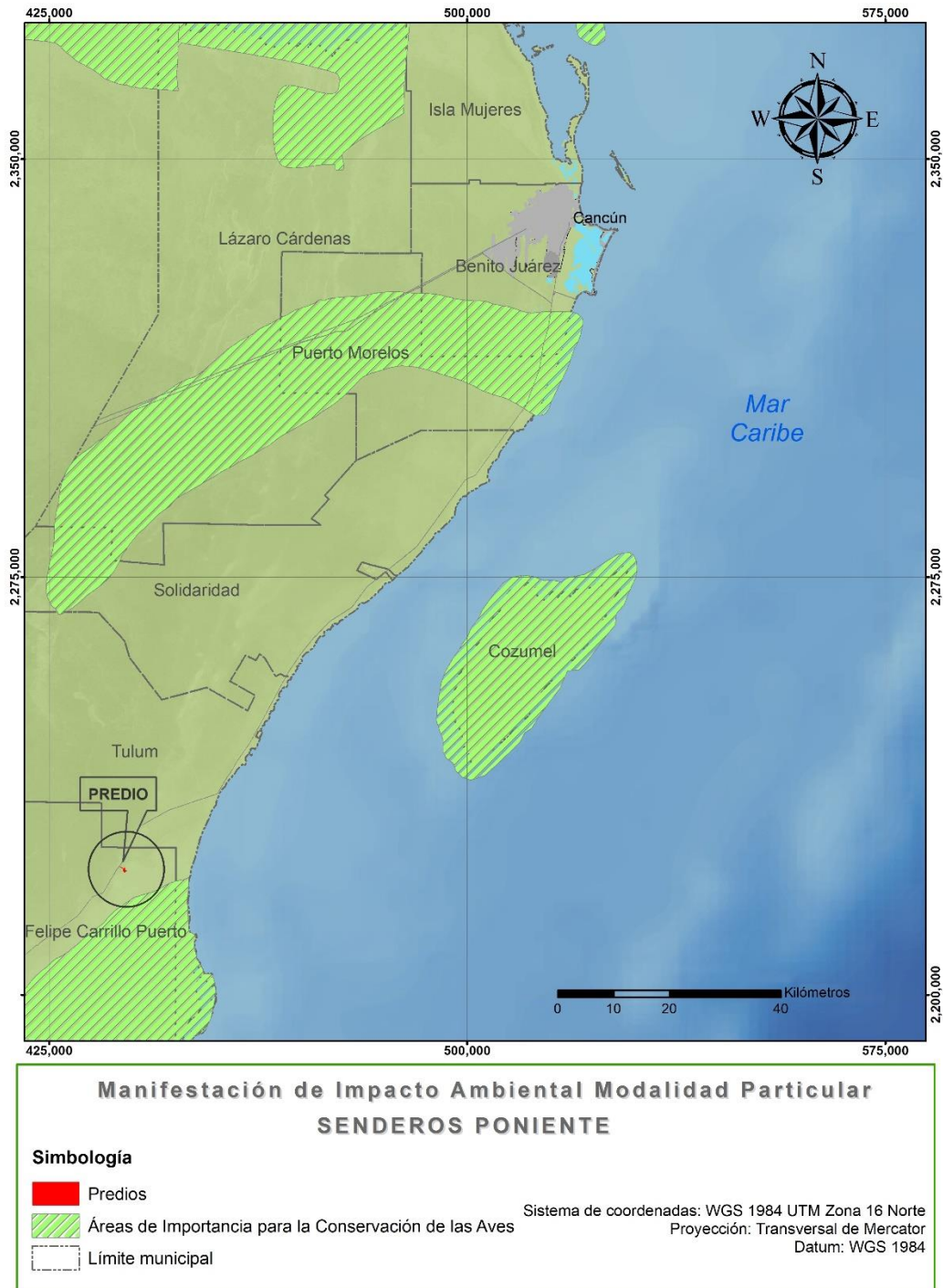


Figura III:8. Ubicación del proyecto en relación a las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS).

### III.5 SITIOS DE MANGLAR CON RELEVANCIA BIOLÓGICA Y CON NECESIDADES DE REHABILITACIÓN ECOLÓGICA.

En lo que respecta a los Sitios de Manglar con Relevancia Biológica y con Necesidades de Rehabilitación Ecológica, establecidos por la CONABIO, el proyecto incide en el sitio identificado con la clave PY 77, tal como puede observarse en la **Figura III:9**.

Este sitio tiene una superficie de 588,408.26 Ha. De acuerdo con información de la propia CONABIO (2009)<sup>36</sup>, el área es considerada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza como patrimonio mundial natural, ubicándose dentro de los primeros sitios con mayor valor en recursos de humedales y zonas marinas, debido a la presencia de humedales de agua dulce, recursos marinos-costeros, manglares y arrecifes de coral.

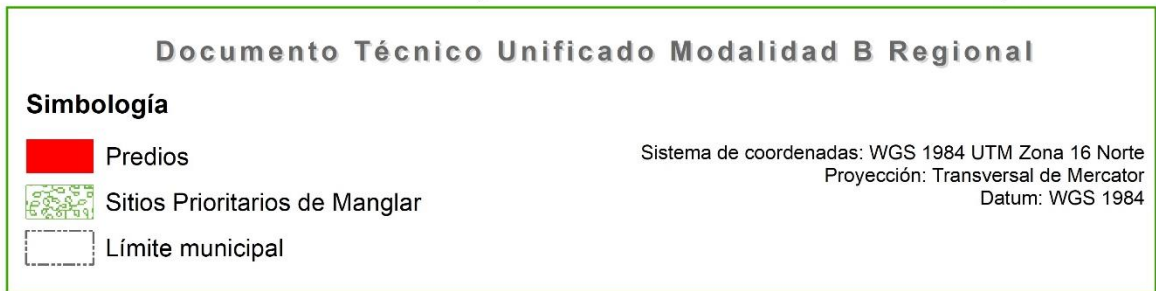
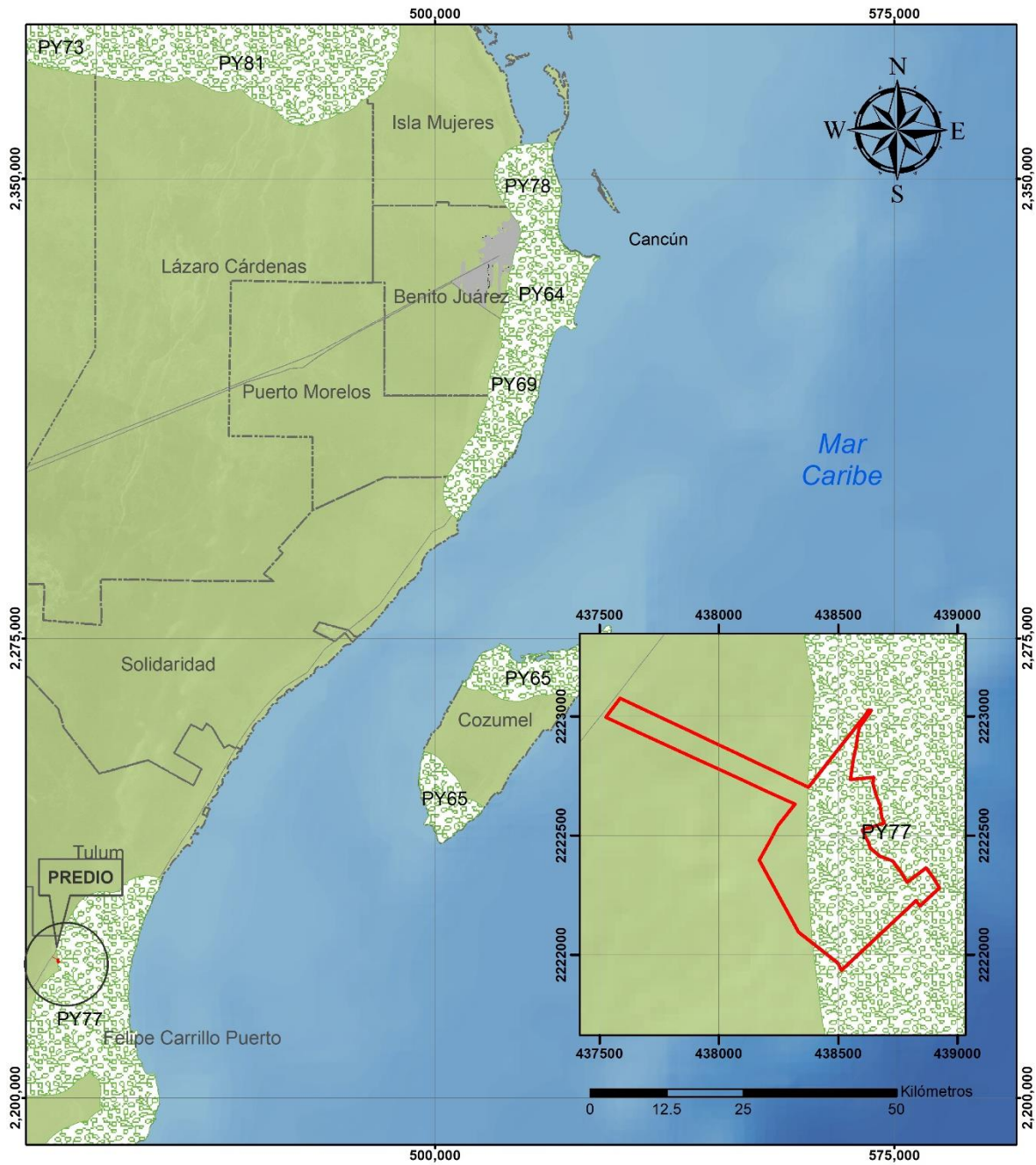
Se caracteriza por la presencia de ecosistemas íntegros y representativos de la provincia biogeográfica de la Península de Yucatán; es un área extensa, biodiversa y que no depende de otras áreas en cuestión de recursos hídricos. Así mismo el área mantiene a especies de flora y fauna amenazadas o en peligro de extinción.

Respecto a la vegetación destaca un gran número de endemismos. En la zona se reporta la presencia de selvas bajas inundables y petenes, ambas características de la región de Península de Yucatán. La zona de Sian Ka'an se considera como de transición, donde se desarrollan organismos mesoamericanos y antillanos.

En relación al proyecto, éste procurará la conservación de todos los organismos de mangle que se encuentra en el área, evitando que éstos sean afectados por el área de desplante del mismo. Cabe señalar que los individuos de mangle que se presentan en la zona se encuentran en forma dispersa y aislada y fueron considerados en el diseño del proyecto para evitar su afectación.

---

<sup>36</sup> Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), 2009. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. México D.F.: CONABIO.



*Figura III:9. Ubicación del proyecto con respecto a los sitios*

## III.6 NORMAS OFICIALES MEXICANAS

### III.6.1 Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003

Esta norma establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. La norma es obligatoria para todo usuario de la cuenca hidrológica, dentro del marco del plan global de manejo de la cuenca hidrológica. La Norma Oficial Mexicana en comento tiene por objeto establecer las especificaciones que regulen el aprovechamiento sustentable en humedales costeros para prevenir su deterioro, fomentando su conservación y, en su caso, su restauración. Para efectos de la Norma se entiende por humedal costero las unidades hidrológicas integrales que contengan comunidades vegetales de manglares. Las disposiciones contenidas en la Norma son de observancia obligatoria para los responsables de la realización de obras o actividades que se pretendan ubicar en humedales costeros o que, por sus características, puedan influir negativamente en éstos.

El primer punto a considerar en relación a la aplicabilidad de la norma sujeta a revisión es que su campo de aplicación se establece dentro del marco del **Plan Global de Manejo de la Cuenca Hidrológica**, instrumento cuya existencia no se verifica. Adicionalmente, el numeral 0.18 establece *se considerará en los Estudios Preventivos y los Ordenamientos Ecológicos el balance de fuerzas entre el régimen hidrológico de la cuenca continental y la suma de fuerzas de las corrientes y mareas oceánicas existentes, mismas que determinan la mezcla de aguas dulce y salada recreando las condiciones estuarinas, determinantes en los humedales costeros y las comunidades vegetales que soportan* y el numeral 0.019 establece *que debe existir un ordenamiento y valoración apropiada de los servicios ambientales que proveen estos ecosistemas, cuyo valor ecológico, económico directo e indirecto, cultural, científico y recreativo debe mantenerse*; cuando ningún ordenamiento aplicable a la zona donde se pretende ubicar el proyecto, considera lo establecido en estos numerales. En otras palabras, no existen estudios preventivos oficiales en la zona que hayan sido incorporados a instrumentos de ordenamiento o publicados de forma independiente, que consideren el régimen hidrológico de la cuenca continental y la suma de fuerzas de las corrientes y mareas oceánicas existentes, mismas que determinan la mezcla de aguas dulce y salada recreando las condiciones estuarinas, determinantes en los humedales costeros y las comunidades vegetales que soportan; ni de los servicios ambientales que proveen estos ecosistemas. Por lo anteriormente expuesto, al no existir la base sobre la cual se sustenta su campo de aplicación, esta norma no resulta aplicable al proyecto.

En segundo lugar, para efectos de la norma (numeral 3.36) se entiende por *Humedales costeros: Ecosistemas costeros de transición entre aguas continentales y marinas, cuya vegetación se caracteriza por ser halófito e hidrófito, estacional o permanente, y que dependen de la circulación continua del agua salobre y marina. Asimismo, se incluyen las regiones marinas de no más de 6 m de profundidad en relación al nivel medio de la marea más baja.* Por otra parte, el numeral 1.2 establece que para efectos de esta Norma se entiende por humedal costero *las unidades hidrológicas integrales que contengan comunidades vegetales de manglares;* y finalmente, de acuerdo con el 3.69 *la unidad hidrológica está constituida por: el cuerpo lagunar costero y/o estuarino, y la comunidad vegetal asociada a él (manglares, marismas y pantanos), las unidades ambientales terrestres circundantes, la o las bocas que pueden ser permanentes o estacionales, la barrera y playa, los aportes externos (ríos, arroyos permanentes o temporales, aportes del manto freático) y la zona de influencia de la marea, oleaje y corriente litoral.*

Atendiendo a estas definiciones, la norma no es aplicable al proyecto debido, toda vez que el sitio donde se pretende ubicar no cumple cabalmente las condiciones para ser considerado un humedal costero, ya que la vegetación no depende de la circulación continua de agua salobre y marina, debido a que no se encuentra en una zona conectada directamente con el mar y tampoco constituye una región marina de menos de 6 m de profundidad en relación al nivel medio de la marea más baja. Por otra parte, el sitio no cumple con las características establecidas por el numeral 3.69 para ser considerado como unidad hidrológica, ya que el cuerpo de agua no es lagunar costero, ya que constituye una laguna interior y tampoco estuarino, toda vez que no presenta una *fisiografía semicerrada con conexión al mar abierto y cuya característica es la dilución de agua marina con aporte de agua dulce proveniente de un escurrimiento continental con salinidad entre 3 y 25 partes por mil*, tal como lo establece el numeral 3.23 de la propia norma. Además de lo anterior, el estudio geohidrológico realizado para la zona donde se pretende localizar el proyecto, concluye, entre otros aspectos, que la zona se caracteriza por no presentar una influencia significativa de las mareas en su dinámica hidrológica.

No obstante, suponiendo que las especificaciones de la Norma le sean aplicables al proyecto, pese que al interior del predio solamente existen individuos dispersos de mangle, se procede a realizar la revisión de las especificaciones NOM-022-SEMARNAT-2003, de la cual se desglosa a continuación:

#### 4.0 Especificaciones

El manglar deberá preservarse como comunidad vegetal. En la evaluación de las solicitudes en materia de cambio de uso de suelo, autorización de aprovechamiento de la vida silvestre e impacto ambiental se deberá garantizar en todos los casos la integralidad del mismo, para ello se contemplarán los siguientes puntos:

*-La integridad del flujo hidrológico del humedal costero;*  
*-La integridad del ecosistema y su zona de influencia en la plataforma continental;*  
*-Su productividad natural;*  
*-La capacidad de carga natural del ecosistema para turistas;*  
*-Integridad de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje;*  
*-La integridad de las interacciones funcionales entre los humedales costeros, los ríos (de superficie y subterráneos), la duna, la zona marina adyacente y los corales;*  
*-Cambio de las características ecológicas;*  
*-Servicios ecológicos;*  
*-Ecológicos y eco fisiológicos (estructurales del ecosistema como el agotamiento de los procesos primarios, estrés fisiológico, toxicidad, altos índices de migración y mortalidad, así como la reducción de las poblaciones principalmente de aquellas especies en status, entre otros).*

El proyecto “Pastizales” fue diseñado de tal forma que las obras se distribuyeran respetando en todo momento a los individuos dispersos de manglar que se encuentran dentro del predio, evitando así que no se provoque ninguna afectación a los mismos.

A continuación, se desglosa la revisión del numeral en comento para demostrar el mantenimiento de la integralidad del manglar en relación a cada uno de los puntos establecidos:

- La integridad del flujo hidrológico del humedal costero

Se realizó un estudio hidrológico que posibilita garantizar que se mantenga el flujo hidrológico en las áreas donde se puedan encontrar los individuos de manglar hacia o desde la laguna; ya que no se establecerán obras en aquellas áreas donde existe la presencia de individuos de manglar, de igual forma se ha planteado el alzado del proyecto sobre pilotes, permitiendo así que la dinámica hidrológica de la zona no se vea alterada por la instalación del proyecto.

El diseño del proyecto garantiza que la integridad del flujo hidrológico se mantiene, de tal forma que se mantenga la funcionalidad del sistema. El diseño del proyecto considera los resultados del estudio hidrológico para ello.

Existen dos argumentos para aseverar que no se afectará la integridad del flujo hidrológico en el sitio. El primero es que el área donde se realizará el proyecto es extremadamente plana y el karst está expuesto directamente en la superficie en toda el área y casi no hay

efectos topográficos de interés (Supper, et al., 2009)<sup>37</sup>. Por lo anterior y debido a que el suelo en esta área presenta baja permeabilidad, el agua precipitada suele quedarse estancada, por lo que el flujo superficial es escaso y no se verá afectado por la presencia de las obras. Lo anterior se sustenta con el hecho de que estos tipos de vegetación son los que tienen los menores coeficientes de escurrimiento entre las coberturas analizadas por (Aparicio, 1992)<sup>38</sup>, las cuales se muestran en el **Cuadro III:1**. En dicho cuadro se pueden ver marcados los dos tipos de suelo ocupados por la cobertura de “praderas”, ya que el sitio presenta suelos entre esas dos texturas. Por lo tanto, el coeficiente de escurrimiento puede variar entre 0.05 y 0.17. Este intervalo coincide con el presentado por el INEGI en la Carta de Hidrología Superficial, que indica que la porción del predio donde se encuentra la vegetación de marisma de zacate (tular) con presencia de mangle, tiene coeficientes de escurrimiento del 10 al 20% (0.1 a 0.2).

**Cuadro III:8. Rangos de coeficientes de escurrimiento reportados por Aparicio, 1992**

Tipo de cobertura del suelo		Ce min	Ce max	
<b>Zonas comerciales</b>	Zona comercial	0.7	0.95	
<b>Zonas residenciales</b>	Vecindarios	0.5	0.7	
	Unifamiliares	0.3	0.5	
	Multifamiliares espaciados	0.4	0.6	
	Multifamiliares compactos	0.6	0.75	
	Semiurbanas	0.25	0.4	
<b>Zonas industriales</b>	Casas habitación	0.5	0.7	
	Espaciada	0.5	0.8	
	Compacta	0.6	0.9	
	<b>Parques</b>	0.1	0.25	
	<b>Campos de juego</b>	0.2	0.35	
	<b>Patios de ferrocarril</b>	0.2	0.4	
	<b>Zonas urbanas</b>	0.1	0.3	
<b>Calles</b>	Asfaltadas	0.7	0.95	
<b>Estacionamientos</b>	Concreto hidráulico	0.7	0.95	
	Adoquinadas	0.7	0.85	
		0.75	0.85	
	<b>Techados</b>	0.75	0.95	
<b>Praderas</b>	Suelos arenosos	Planos (S=<0.02)	0.05	0.1
		Medios (0.02<S<0.07)	0.1	0.15
		Escarpados (S>=0.07)	0.15	0.2
	Suelos arcillosos	Planos (S=<0.02)	0.13	0.17

<sup>37</sup> Supper, R., Motschka, K., Ahl, A., Bauer-Gottwein, P., Gondwe, B. Mederíz-Alonso, G. Römer, A. Ottowitz, D., Kinzelbach, W. (2009) Spatial mapping of submerged cave systems by means of airborne electromagnetics: an emergin technology to support protection of endangered karst aquifers. Near Surface Geophysics. Pp. 613-627

<sup>38</sup> Aparicio, F. J., 1992. Fundamentos de hidrología de superficie. Primera ed. México, D.F. Grupo Noriega Editores.

Tipo de cobertura del suelo		Ce min	Ce max
	Medios ( $0.02 < S < 0.07$ )	0.18	0.22
	Escarpados ( $S \geq 0.07$ )	0.25	0.35

Con el desarrollo de las obras se mantendrán esos niveles de escurrimiento. Adicionalmente, diseño del proyecto toma en cuenta la dirección de los flujos de suroeste a noreste, es decir hacia la laguna Nopalitos, de tal manera que dicho flujo tampoco se verá afectado en ningún momento.

El segundo argumento para considerar que no se alterará el flujo hidrológico es que la profundidad del nivel freático es de 3.5 m de acuerdo a los resultados del estudio geohidrológico, mientras que, la profundidad máxima de las cimentaciones será de 3 m y la profundidad máxima del canal será de 1.5 m, por lo que dichas dimensiones no provocarán afectaciones a la integralidad del flujo hidrológico subterráneo.

- La integridad del ecosistema y su zona de influencia en la plataforma continental;

En el diseño del proyecto se procuró la conectividad entre las áreas presencia de individuos dispersos de manglar y la vegetación aledaña a la laguna.

Además, el 62.22% de la superficie del predio que es equivalente a 26.38 ha se mantendrá como área libre de obras, de las cuales 23.86 ha corresponden a la vegetación de marisma de zacate. Como parte del diseño del proyecto, no se afectarán los individuos de mangle que se encuentran dispersos. Por lo anteriormente expuesto, no se comprometerá la integridad del ecosistema ni de su zona de influencia en la plataforma continental, tanto si se considera la superficie del predio como si se considera la superficie ocupada por este tipo de vegetación en la microcuenca.

- Su productividad natural;

De acuerdo con Odum (1972)<sup>39</sup>, la productividad primaria o básica de un sistema ecológico, una comunidad o parte de ésta, se define como la velocidad a la que es almacenada la energía por actividad fotosintética o quimiosintética de organismos productores (principalmente las plantas verdes) en forma de sustancias orgánicas susceptibles de ser utilizadas como material alimenticio. Por otra parte, las porciones de almacenamiento de energía a los niveles de los consumidores se designan como productividad secundaria.

En este sentido, la vegetación de marisma de zacate que no forme parte del área de desplante del proyecto, así como los individuos dispersos de mangle, mismos que se respetarán en todo momento, podrán continuar desarrollándose en las superficies libres

<sup>39</sup> Odum, E. P., 1972. Ecología. Tercera ed. México, D.F.: Interamericana.



del predio. Aunado a lo anterior, resulta importante enfatizar en que la productividad natural de los individuos dispersos de mangle que se encuentran en el predio, no se verán comprometidos por el desarrollo del proyecto, toda vez que su diseño se realizó de manera estratégica, buscando librar en todo momento a dichos individuos dispersos.

En conclusión, la productividad primaria de los individuos dispersos de mangle, así como de la vegetación de marisma de zacate que no forme parte de la superficie de desplante del proyecto, no se verá modificada ni reducida por el desarrollo del mismo.

- La capacidad de carga natural del ecosistema para turistas;

En cuanto a la capacidad de carga natural del ecosistema, este concepto no aplica a las actividades de urbanización, que únicamente involucra el desmonte, despalme, pedraplen y nivelación del terreno, así como las obras de servicios, entre los que se encuentran las redes hidrosanitarias, planta de tratamiento, redes energía eléctrica y alumbrado público, telefonía, vialidades interiores con sus correspondientes pasos de agua. Por otra parte, no existen en la zona instrumentos que regulen la intensidad máxima de cambio de uso de suelo o desmonte, tales como planes de desarrollo urbano o programas de ordenamiento ecológico locales, por lo que no existe la base para determinar la capacidad de carga natural del ecosistema. Sin embargo, el proyecto contempla el mantenimiento del 68.39 % de la superficie ocupada por la vegetación de marisma de zacate.

En relación a la capacidad de carga para turistas, de acuerdo con lo citado por Cifuentes et al. (1999)<sup>40</sup>, la capacidad de carga turística es un tipo específico de capacidad de carga ambiental y se refiere a la capacidad biofísica y social del entorno respecto de la actividad turística y su desarrollo. Representa el máximo nivel de uso por visitantes que un área puede mantener. Se puede definir la capacidad de carga ambiental como la capacidad que posee un ecosistema para mantener organismos mientras mantiene su productividad, adaptabilidad y capacidad de regeneración. Representa el límite de la actividad humana: si éste es excedido, el recurso se deteriorará.

A pesar de que no se contempla la realización de visitas guiadas por los turistas, se realizó un ejercicio hipotético para estimar la capacidad de carga del sitio, simulando que se lleve a cabo esta actividad. La capacidad de carga turística se determinó mediante la metodología

---

<sup>40</sup> Cifuentes Arias, M., Mesquita, C. A. B., Méndez, J., Morales, M. E., & Aguilar, N. (1999). Capacidad de carga turística de las áreas de uso público del Monumento Nacional Guayabo, Costa Rica (No. 338.4791 C236c). Turrialba, CR: WWF.

propuesta por Cifuentes (1992)<sup>41</sup>, la cual se describe con detalle en el apartado IX.2.1 del presente DTU-B Regional, considerando los siguientes supuestos:

1. Una persona necesita un mínimo de 1 m<sup>2</sup> para moverse libremente.
2. La superficie total disponible contempla el área destinada a andador peatonal y andador deck, la cual será aprovechada para realizar recorridos para la observación de aves y paisaje. Esta superficie es de 13,734.25 m<sup>2</sup>.
3. El tiempo de apertura del sitio a las visitas y recorridos es de 8 horas al día
4. Cada visita dura un máximo de 2 horas
5. Se tiene la capacidad para realizar 4 visitas por día por visitante.
6. El número máximo de visitas guiadas por día sería de 3, ya que el objetivo del proyecto en realidad no es el de realizar recorridos ecoturísticos.
7. La capacidad de manejo de área se estableció en el 5% de la capacidad de carga real.

En el **Cuadro III:9**, se presenta la base de los cálculos realizados para la capacidad de carga turística del sitio.

*Cuadro III:9. Cálculo de la capacidad de carga turística para el proyecto Pastizales*

Parámetro	Cantidad	Unidades
<b>Capacidad de carga física</b>		
Superficie disponible	13,734.25	m <sup>2</sup>
Superficie requerida por un visitante	1	m <sup>2</sup>
Tiempo de apertura	8	hrs
Duración de la visita	2	hrs
Número de visitas por turista	4	Visitantes
CCF	54,937	Visitantes
<b>Capacidad de carga real</b>		
Factor de Accesibilidad	0.1000	
Factor Días soleados	0.0849	
Factor Días de apertura	0.1425	
Factor de días libres de inundación	0.1000	
Factor de visitas guiadas por día	0.7500	
Factor de horas de sol por día	0.4563	
CCR	89,747	Visitantes
<b>Capacidad de carga efectiva</b>		
Capacidad de manejo	5%	
CCE	4,487	Visitantes

<sup>41</sup> Cifuentes, M. (1992). Determinación de capacidad de carga turística en áreas protegidas (No. 194). Bib. Orton IICA/CATIE.

En este sentido, se determinó que la capacidad de carga efectiva del sitio sería de 4,487

visitas por día si se llevaran a cabo recorridos guiados en el sitio. Sin embargo, como añade O'Reilly (1986), la capacidad de carga depende de las metas y especificaciones de cada desarrollo. Por lo tanto, un área natural protegida debería tener una menor densidad que la misma área empleada como parque de atracciones; así, la densidad deseada está relacionada con el uso que se le dé al desarrollo.

Por otro lado, en edificio con uso de hotel, es decir el de uso turístico se contempla una densidad de 140 cuartos con una ocupación máxima de 4 personas por cuarto, lo que da una ocupación total de 560 personas. Si se considera la superficie ocupada por las obras en la vegetación de marisma de zacate, que es de 11.03 ha, se tiene una carga total de 51 personas por hectárea en uso turístico con el 100% de ocupación del hotel, por lo que no se rebasaría la capacidad de carga del sitio para fines turísticos. Aun considerando los 2,300 habitantes en el equivalente de 575 viviendas, la cantidad de personas es menor a la capacidad de carga.

Con la información anterior, se puede concluir que no se rebasa la capacidad de carga para el uso turístico.

- Integridad de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje;

Debido a las características que presenta el sitio de establecimiento del proyecto, en particular, las que presentan los individuos dispersos de mangle presentes en el área, estos no cuentan con las condiciones idóneas para ser zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; además, aunado a lo anterior, derivado de la visita realizada al sitio de establecimiento del proyecto no se encontró presencia alguna de aves que realicen anidación, o de peces o alevines.

Por otro lado, resulta importante mencionar que las obras y estructuras con las que contará el proyecto se instalarán en lugares estratégicos, de tal manera que se evite en todo momento la remoción, afectación o perturbación de los individuos de mangle presentes en el área destinada al establecimiento de las obras del proyecto.

Teniendo en consideración las condiciones anteriormente expuestas, no se trata de un sitio donde se lleve a cabo anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje, no obstante, debido a que se mantendrán libres de obras los sitios donde exista presencia de individuos de mangle, las zonas que pudiesen presentar alguna de las condiciones antes mencionadas en algún futuro, no se verán comprometidas.

- Cambio de las características ecológicas;

El numeral 3.11 de la norma define *Característica ecológica* como la estructura, procesos e interrelaciones de los componentes biológicos. Químicos y físicos de los humedales costeros. Estos derivan de las interacciones de procesos individuales, funciones, atributos y valores de los ecosistemas. Por otra parte, en el numeral 3.10 se define el concepto de cambio en la característica ecológica como *la alteración o pérdida del balance en cualquiera de las funciones, procesos y las interrelaciones entre los componentes biológicos, químicos y físicos*.

De acuerdo con Batllori y Flebes (2007)<sup>42</sup>, los individuos dispersos de mangle que se encuentran en el predio son los llamados de tierra adentro asociados a laguna continentales y se desarrollan con presencia de agua dulce, desvinculados por completo de la influencia marina. Por lo tanto, el sitio donde se ubica el proyecto y los individuos de mangle no presenta interacción con ríos, dunas, zona marítima ni corales, por lo que esta especificación no le es aplicable al sitio donde se pretende ubicar el proyecto.

Según estos mismos autores, no todos los ecosistemas de manglar proporcionan los mismos servicios ambientales en la misma medida; ellos hacen una diferenciación de los servicios ambientales proporcionados por cada tipo de ecosistema. De acuerdo con Adame, et al. (2015)<sup>43</sup>, el tipo de vegetación que se puede observar en el sitio del proyecto, tiene una provisión de servicios ecosistémicos de baja a media porque los individuos de manglar se encuentran aislados, lo que proporciona poca protección contra los huracanes. Además, el sitio está inundado con agua de calidad relativamente alta y, por lo tanto, ofrece poco servicio en la depuración del agua.

La baja provisión de servicios ambientales que proporciona la vegetación de manglar en el sitio del proyecto no se verá afectada por las obras del proyecto, toda vez que se dejará libre de obras el 68.39 % de la superficie ocupada por marisma de zacate y las obras que se ubican en esta respetarán la totalidad de los individuos de mangle.

Por lo anterior se sostiene que no se observarán alteraciones o pérdidas de balance de las funciones, procesos y las interacciones entre los componentes biológicos, químicos y físicos del sitio ocupado por marisma de zacate. Además de lo anterior, no se provocará la reducción de poblaciones, con énfasis en especies en estatus de conservación según la

---

<sup>42</sup> Batllori, E. & Flebes, J. L., 2007. Límites máximos permisibles para el aprovechamiento del ecosistema de manglar. Gaceta Ecológica, Volumen 82, pp. 5-23.

<sup>43</sup> Adame, M. F. y otros, 2015. Selecting cost effective areas for restoration of ecosystem services. Conservation Biology, 29(2), pp. 493-502.

NOM-059-SEMARNAT-2010. Por lo tanto, se concluye que no se observarán cambios en las características del ecosistema con lo que se cumple con la especificación en comento.

- La integridad de las interacciones funcionales entre los humedales costeros, los ríos (de superficie y subterráneos), la duna, la zona marina adyacente y los corales

De acuerdo con Batllori y Flebes (2007)<sup>44</sup>, el tipo de formación de mangle que encuentra en el predio es el llamado de tierra adentro asociados a laguna continentales y se desarrollan con presencia de agua dulce, desvinculados por completo de la influencia marina. Por otra parte, el sitio donde se ubica el proyecto y los individuos de mangle, así como en las áreas de pastizal y a la profundidad de excavación y cimentación donde se instalarán las obras, no presenta interacción con ríos superficiales o subterráneos de acuerdo con el estudio geohidrológico y al mapa de ubicación de los ríos subterráneos que se presenta en la **Figura III:10**. Tampoco se encuentra dentro o en el área de influencia de dunas, zona marítima ni corales. Por los aspectos anteriores, esta especificación no le es aplicable al sitio donde se pretende ubicar el proyecto.

---

<sup>44</sup> Batllori, E. & Flebes, J. L., 2007. Límites máximos permisibles para el aprovechamiento del ecosistema de manglar. Gaceta Ecológica, Volumen 82, pp. 5-23.



Figura III:10. Ubicación del proyecto en relación a los ríos subterráneos.

- Servicios ecológicos;

De acuerdo con Batllori y Flebes (2007)<sup>45</sup>, los individuos dispersos de mangle que se encuentran en el predio son los llamados de tierra adentro asociados a laguna continentales y se desarrollan con presencia de agua dulce, desvinculados por completo de la influencia marina. Por lo tanto, el sitio donde se ubica el proyecto y los individuos de mangle no presenta interacción con ríos, dunas, zona marítima ni corales, por lo que esta especificación no le es aplicable al sitio donde se pretende ubicar el proyecto.

Según estos mismos autores, no todos los ecosistemas de manglar proporcionan los mismos servicios ambientales en la misma medida; ellos hacen una diferenciación de los servicios ambientales proporcionados por cada tipo de ecosistema. De acuerdo con Adame, et al. (2015)<sup>46</sup>, el tipo de vegetación que se puede observar en el sitio del proyecto, tiene una provisión de servicios ecosistémicos de baja a media porque los individuos de manglar se encuentran aislados, lo que proporciona poca protección contra los huracanes. Además, el sitio está inundado con agua de calidad relativamente alta y, por lo tanto, ofrece poco servicio en la depuración del agua.

La baja provisión de servicios ambientales que proporciona la vegetación de manglar en el sitio del proyecto no se verá afectada por las obras del proyecto, toda vez que se dejará libre de obras el 68.39 % de la superficie ocupada por marisma de zacate y las obras que se ubican en esta respetarán la totalidad de los individuos de mangle.

Finalmente, como complemento a las medidas de mitigación contempladas en el proyecto, se presenta el Programa de Medidas de Compensación en Beneficio de los Humedales, anexo al presente Documento Técnico Unificado.

- Ecológicos y eco fisiológicos (estructurales del ecosistema como el agotamiento de los procesos primarios, estrés fisiológico, toxicidad, altos índices de migración y mortalidad, así como la reducción de las poblaciones principalmente de aquellas especies en status, entre otros).

En relación a este punto, se reitera que no se alterarán las características estructurales del ecosistema en los sitios donde se encuentran los individuos dispersos de mangle, toda vez que no se realizarán obras en los sitios ocupados por los individuos dispersos de mangle y se

---

<sup>45</sup> Batllori, E. & Flebes, J. L., 2007. Límites máximos permisibles para el aprovechamiento del ecosistema de manglar. Gaceta Ecológica, Volumen 82, pp. 5-23.

<sup>46</sup> Adame, M. F. y otros, 2015. Selecting cost effective areas for restoration of ecosystem services. Conservation Biology, 29(2), pp. 493-502.

mantendrán los procesos primarios en ellas. Por la misma razón, no se provocará estrés fisiológico.

Por otra parte, dada la naturaleza de las obras no se generarán niveles de toxicidad. De igual forma, el proyecto tampoco provocará índices de migración y mortalidad ni la reducción de poblaciones en estatus de protección en los sitios ocupados por los individuos dispersos de mangle, ya que se reitera que, por diseño del proyecto estas áreas se mantendrán libres de obras.

---

#### Especificación 4.1

Toda obra de canalización, interrupción de flujo o desvío de agua que ponga en riesgo la dinámica e integridad ecológica de los humedales costeros, quedará prohibida, excepto en los casos en los que las obras descritas sean diseñadas para restaurar la circulación y así promover la regeneración del humedal costero.

El canal que se pretende abrir como parte del proyecto no podrá el riesgo la dinámica e integridad ecológica del humedal; no interrumpirá el flujo o provocará el desvío de agua de la Laguna Nopalitos, toda vez que, éste es un cuerpo de agua léntico; es decir, no presenta un flujo corriente de agua superficial. Dicho de otra forma, tiene tiempos de residencia muy altos o velocidades de flujo bajos (Jones, et al., 2017)<sup>47</sup>. Además de la razón anterior, la topografía plana del sitio no permitirá un desvío del agua de la Laguna hacia el área del canal, por lo que el agua se mantendrá estancada en dicho cuerpo, ya sea con o sin la presencia de este canal. Por otro lado, el diseño del canal prevé que los individuos de mangle dispersos en el predio se mantengan sin afectación, además de que no habrá conexión de este canal a la Laguna Nopalitos, por lo que las características de este cuerpo de agua se mantendrán.

Por las razones anteriores, se concluye que el proyecto cumplirá con la especificación en comento, ya que no se realizará la interrupción del flujo ni desvío de agua y la canalización no pondrá en riesgo la dinámica e integridad ecológica del sistema.

---

#### Especificación 4.2

Construcción de canales que, en su caso, deberán asegurar la reposición del mangle afectado y programas de monitoreo para asegurar el éxito de la restauración.

No se llevarán a cabo obras de construcción de canales en los sitios donde existe la presencia de individuos de mangle dispersos. El diseño del canal prevé que los individuos de mangle existentes se mantengan sin afectación, por lo que se cumple con esta especificación.

---

<sup>47</sup> Jones, A. E., Hodges, B. R., McClelland, J. W., Hardison, A. K., & Moffett, K. B. 2017. Residence-time-based classification of surface water systems. *Water Resources Research*, 53(7), 5567-5584.



---

#### Especificación 4.3

Los promoventes de un proyecto que requieran de la existencia de canales, deberán hacer una prospección con la intención de detectar los canales ya existentes que puedan ser aprovechados a fin de evitar la fragmentación del ecosistema, intrusión salina, asolvamiento y modificación del balance hidrológico.

En el sitio del proyecto no existen canales que puedan ser aprovechados. Sin embargo, la apertura del canal que se pretende realizar en el proyecto garantiza, por su profundidad (1.5 m de tirante) y por las medidas que se realizarán tales como mallas antidispersión de partículas hacia la laguna, que no habrá intrusión salina, fragmentación del ecosistema (puesto que no ocupará los individuos de mangle), asolvamiento ni modificación del balance hidrológico.

Profundizando sobre la fragmentación del hábitat, se sostiene que ésta no se dará ya que no se ocuparán los sitios con presencia de individuos de mangle, ya que el punto clave es si la intervención del *no hábitat* afecta la continuidad del hábitat con respecto a la especie. Se argumenta, entonces que la fragmentación del hábitat no se ha producido cuando el hábitat ha sido separado por un no hábitat, pero la ocupación, reproducción o supervivencia de la especie no se ha visto afectada. Bajo este argumento, los componentes clave para definir la fragmentación del hábitat son la escala, el mecanismo que causa la separación del hábitat del no hábitat (es decir, el grado en que se ve afectada la conectividad) y la disposición espacial del hábitat y el no hábitat. Por lo tanto, la fragmentación es desde el punto de vista de la especie y no del evaluador (Franklin, et al., 2002)<sup>48</sup>. En este caso, la especie de interés es la de los mangles que conforman la vegetación, los cuales se encuentran de forma dispersa y no de forma continua en el área de vegetación de marisma de zacate. Esto permite que, por el diseño del proyecto, el cual busca librar estos individuos, no se interrumpa la continuidad de la vegetación (especies) de interés, por lo que se puede concluir que no existirá fragmentación.

---

#### Especificación 4.4

El establecimiento de infraestructura marina fija (diques, rompeolas, muelles, marinas y bordos) o cualquier otra obra que gane terreno a la unidad hidrológica en zonas de manglar queda prohibida excepto cuando tenga por objeto el mantenimiento o restauración de ésta.

Ya que el predio no se encuentra en una zona de playa o marina, éste no consistirá en el establecimiento de infraestructura marina fija y tampoco ganará terreno a la unidad hidrológica en la zona de manglar; esta especificación no le es aplicable al proyecto.

---

#### Especificación 4.5

Cualquier bordo colindante con el manglar deberá evitar bloquear el flujo natural del agua hacia el humedal costero.

---

<sup>48</sup> Franklin, A. B., Noon, B. R., & George, T. L. 2002. What is habitat fragmentation? Studies in avian biology, 25, 20-29.

Para el diseño de la infraestructura, edificaciones, muros o cualquier otro elemento del proyecto se considerará los resultados del estudio hidrológico que se propone en la revisión del numeral 4.0, y no se interrumpirá el flujo hidrológico hacia la laguna.

---

#### Especificación 4.6

Se debe evitar la degradación de los humedales costeros por contaminación y asolvamiento.

No existirán rellenos ni se provocará el asolvamiento de la laguna existente en la cercanía del predio. Tanto en la etapa de preparación del sitio y construcción, como en la operación y mantenimiento del proyecto, se tomarán medidas para evitar la infiltración o escurrimiento de aguas residuales a la laguna. Para ello se tomarán medidas como la renta y servicio de limpieza de letrinas portátiles en razón de 1 por cada 20 trabajadores para la etapa de construcción y la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales para la etapa de operación y mantenimiento, ya que no se cuenta con red de drenaje municipal en esa zona. No se depositarán o almacenarán materiales o residuos de ningún tipo directamente en el borde del proyecto que está de frente a la laguna, ni en las áreas colindantes con el manglar para evitar el escurrimiento o infiltración de lixiviados hacia los mismos.

---

#### Especificación 4.7

La persona física o moral que utilice o vierta agua proveniente de la cuenca que alimenta a los humedales costeros, deberá restituirla al cuerpo de agua y asegurarse de que el volumen, pH, salinidad, oxígeno disuelto, temperatura y la calidad del agua que llega al humedal costero garanticen la viabilidad del mismo.

No se verterá agua o utilizará agua directamente del humedal. El agua de aprovechamiento se suministrará mediante pozos de aprovechamiento, previamente autorizados mediante el título de concesión correspondiente emitido por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

---

#### Especificación 4.8

Se deberá prevenir que el vertimiento de agua que contenga contaminantes orgánicos y químicos, sedimentos, carbón metales pesados, solventes, grasas, aceites combustibles o modifiquen la temperatura del cuerpo de agua; alteren el equilibrio ecológico, dañen el ecosistema o a sus componentes vivos. Las descargas provenientes de granjas acuícolas, centros pecuarios, industrias, centros urbanos, desarrollos turísticos y otras actividades productivas que se vierten a los humedales costeros deberán ser tratadas y cumplir cabalmente con las normas establecidas según el caso.

Se evitará el vertimiento, escurrimiento o infiltración de aguas residuales de la etapa de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, mediante el establecimiento de medidas como la renta y servicio de letrinas portátiles, y una planta de tratamiento de aguas residuales, así como el uso de almacenes y materiales impermeabilizantes en el uso y manejo de sustancias riesgosas.

---

#### **Especificación 4.9**

El permiso de vertimiento de aguas residuales a la unidad hidrológica debe ser solicitado directamente a la autoridad competente, quien le fijará las condiciones de calidad de la descarga y el monitoreo que deberá realizar.

Las aguas residuales provenientes de la etapa de construcción serán recolectadas de las letrinas portátiles y depositadas en la planta de tratamiento más cercana. Las aguas residuales provenientes de la etapa de construcción serán tratadas en una planta de tratamiento para su posterior descarga mediante pozos de inyección, sujeto al título de concesión emitido por la CONAGUA y cumplir con las condiciones particulares de descarga correspondientes.

---

#### **Especificación 4.10**

La extracción de agua subterránea por bombeo en áreas colindantes a un manglar debe de garantizar el balance hidrológico en el cuerpo de agua y la vegetación, evitando la intrusión de la cuña salina en el acuífero.

La extracción del agua subterránea respetará los niveles establecidos en el Título de Concesión que para tal efecto emita la CONAGUA, debiendo considerar en su cantidad la prevención de la intrusión salina al acuífero. Para ello, el diseño se tomará en cuenta el estudio hidrológico recomendado en numerales precedentes, específicamente en los que se refiere al equilibrio de carga y descarga.

---

#### **Especificación 4.11**

Se debe evitar la introducción de ejemplares o poblaciones que se puedan tornar perjudiciales, en aquellos casos en donde existan evidencias de que algunas especies estén provocando un daño inminente a los humedales costeros en zona de manglar, la Secretaría evaluará el daño ambiental y dictará las medidas de control correspondientes.

El proyecto no implicará la introducción ni manejo de ejemplares o poblaciones exóticas o que se puedan tornar perjudiciales. En caso de que existan especies que puedan tornarse perjudiciales para el ecosistema (perros ferales, por ejemplo), se dará aviso y solicitar el permiso o indicaciones correspondientes para su manejo a la SEMARNAT.

---

#### **Especificación 4.12**

Se deberá considerar en los estudios de impacto ambiental, así como en los ordenamientos ecológicos el balance entre el aporte hídrico proveniente de la cuenca continental y el de las mareas, mismas que determinan la mezcla de aguas dulce y salada recreando las condiciones estuarinas, determinantes en los humedales costeros y las comunidades vegetales que soportan.

El análisis hidrológico de cuenca hidrológico-forestal (microcuenca Chumpón) y el predio, incluye el balance hídrico entre el aporte de la cuenca, las consideraciones necesarias para determinar el nivel aceptable (natural) de intrusión salina y los límites del aprovechamiento de agua, resultando que se evita el desequilibrio en dicho balance.

---

#### Especificación 4.13

En caso de que sea necesario trazar una vía de comunicación en tramos cortos de un humedal o sobre un humedal, se deberá garantizar que la vía de comunicación es trazada sobre pilotes que permitirán el libre flujo hidráulico dentro del ecosistema, así como garantizar el libre paso de la fauna silvestre. Durante el proceso constructivo se utilizarán métodos de construcción en fase (por sobre posición continua de la obra) que no dañen el suelo del humedal, no generen depósito de material de construcción ni genere residuos sólidos en el área.

El camino requerido en el diseño del proyecto, será cimentado sobre pilotes, permitiendo el flujo hidrológico en la parte terrestre y acuática del mismo. Lo anterior, a reserva de los resultados del estudio hidrológico propuesto para el sitio.

---

#### Especificación 4.14

La construcción de vías de comunicación alledañas, colindantes o paralelas al flujo del humedal costero, deberá incluir drenes y alcantarillas que permitan el libre flujo del agua y de luz. Se deberá dejar una franja de protección de 100 m (cien metros) como mínimo la cual se medirá a partir del límite del derecho de vía al límite de la comunidad vegetal, y los taludes recubiertos con vegetación nativa que garanticen su estabilidad.

El establecimiento de vialidades internas en el proyecto, serán paralelas al flujo hídrico, evitando interrumpirlo y establecer una red de drenaje pluvial para permitir el libre flujo de agua. Para el diseño y ubicación específicos de las vialidades se considerarán los resultados del estudio hídrico referido en numerales precedentes.

---

#### Especificación 4.15

Cualquier servicio que utilice postes, ductos, torres y líneas, deberá ser dispuesto sobre el derecho de vía. En caso de no existir alguna vía de comunicación se deberá buscar en lo posible bordear la comunidad de manglar, o en el caso de cruzar el manglar procurar el menor impacto posible.

Se bordeará los individuos de mangle dispersos en el predio en el diseño y distribución de las redes eléctricas y de drenaje pluvial y sanitario, por lo que se cumplirá con esta especificación.

---

#### Especificación 4.16

Las actividades productivas como la agropecuaria, acuícola intensiva o semi-intensiva, infraestructura urbana, o alguna otra que sea alledaña o colindante con la vegetación de un humedal costero, deberá dejar una distancia mínima de 100 m respecto al límite de la vegetación, en la cual no se permitirá actividades productivas o de apoyo.

Por las dimensiones del predio, no se podrá cumplir con las distancias mínimas a los individuos de mangle, por lo que se aplicará un Programa de Compensación, tal como lo señala el numeral 4.43 de la norma en comento, el cual fue añadido mediante acuerdo publicado en el D.O.F del día 07/05/2004, que a la letra dice:

“4.43 La prohibición de obras y actividades estipuladas en los numerales 4.4 y 4.22 y los límites establecidos en los numerales 4.14 y 4.16 podrán exceptuarse siempre que en el informe preventivo o en la manifestación de impacto ambiental, según sea el caso se

establezcan medidas de compensación en beneficio de los humedales y se obtenga la autorización de cambio de uso de suelo correspondiente”.

---

#### Especificación 4.17

La obtención del material para construcción, se deberá realizar de los bancos de préstamo señalados por la autoridad competente, los cuales estarán ubicados fuera del área que ocupan los manglares y en sitios que no tengan influencia sobre la dinámica ecológica de los ecosistemas que los contienen.

Los materiales requeridos en la etapa de construcción se suministrarán por medio de bancos de materiales autorizados en materia de impacto ambiental y, en su caso de cambio de uso del suelo en terrenos forestales, por la(s) autoridad(es) competente(s).

---

#### Especificación 4.18

Queda prohibido el relleno, desmonte, quema y desecación de vegetación de humedal costero, para ser transformado en potreros, rellenos sanitarios, asentamientos humanos, bordos, o cualquier otra obra que implique pérdida de vegetación, que no haya sido autorizada por medio de un cambio de utilización de terrenos forestales y especificada en el informe preventivo o, en su caso, el estudio de impacto ambiental.

No se realizará el relleno, desmonte, quema o desecación del humedal ni de los individuos de mangle asociados al mismo, por lo que se cumplirá con esta especificación.

---

#### Especificación 4.19

Queda prohibida la ubicación de zonas de tiro o disposición del material de dragado dentro del manglar, y en sitios en la unidad hidrológica donde haya el riesgo de obstrucción de los flujos hidrológicos de escurrimiento y mareas.

El proyecto no implicará ni incluirá la ubicación de alguna zona de tiro o disposición de material de dragado o escombros de ninguna clase, por lo que se cumplirá con esta especificación.

---

#### Especificación 4.20

Queda prohibida la disposición de residuos sólidos en humedales costeros.

No se depositarán residuos sólidos en la zona de marisma de zacate, la laguna o en sus zonas de colindancia, por lo que el proyecto cumplirá con esta especificación.

---

#### Especificación 4.21

Queda prohibida la instalación de granjas camaronícolas industriales intensivas o semiintensivas en zonas de manglar y lagunas costeras, y queda limitado a zonas de marismas y a terrenos más elevados sin vegetación primaria en los que la superficie del proyecto no exceda el equivalente de 10% de la superficie de la laguna costera receptora de sus efluentes en lo que se determina la capacidad de carga de la unidad hidrológica. Esta medida responde a la afectación que tienen las aguas residuales de las granjas camaronícolas en la calidad del agua, así como su tiempo de residencia en el humedal costero y el ecosistema.

Por su naturaleza, el proyecto no contempla la instalación de una granja camaronícola industrial intensiva o semiintensiva, por lo que la presente especificación no es aplicable.

---

#### Especificación 4.22

No se permite la construcción de infraestructura acuícola en áreas cubiertas de vegetación de manglar, a excepción de canales de toma y descarga, los cuales deberán contar previamente con autorización en materia de impacto ambiental y de cambio de utilización de terrenos forestales.

El proyecto no consiste ni incluye la construcción de infraestructura acuícola en el área de vegetación de marisma de zacate ni en los sitios donde se encuentran los individuos dispersos de mangle, por lo que no es aplicable esta especificación al proyecto.

---

#### Especificación 4.23

En los casos de autorización de canalización, el área de manglar a deforestar deberá ser exclusivamente la aprobada tanto en la resolución de impacto ambiental y la autorización de cambio de utilización de terrenos forestales. No se permite la desviación o rectificación de canales naturales o de cualquier porción de una unidad hidrológica que contenga o no vegetación de manglar.

El canal que forma parte del proyecto se construirá fuera de las áreas cubiertas por los individuos de mangle. No se pretende la canalización en los sitios donde se ubican los individuos de mangle, ni la desviación o rectificación de canales naturales.

---

#### Especificación 4.24

Se favorecerán los proyectos de unidades de producción acuícola que utilicen tecnología de toma descarga de agua, diferente a la canalización.

El proyecto no implica la producción acuícola, por lo tanto, no le es aplicable esta especificación.

---

#### Especificación 4.25

La actividad acuícola deberá contemplar preferentemente post-larvas de especies nativas producidas en laboratorio.

No se pretende la actividad acuícola; por lo tanto, al proyecto no le es aplicable esta especificación.

---

#### Especificación 4.26

Los canales de llamada que extraigan agua de la unidad hidrológica donde se ubique la zona de manglares deberá evitar, la remoción de larvas y juveniles de peces y moluscos.

De acuerdo al Manual de Diseño Hidráulico de Canales de Llamada de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca Y Alimentación, (SAGARPA, 2011)<sup>49</sup>, los canales de llamada son estructuras para la captación de agua de escorrentía, los cuales se excavan de manera transversal a una ladera natural, con diversas dimensiones para alimentar a un jagüey u olla de agua. Es decir, en obras de captación que carecen de una cuenca aportadora bien definida o suficiente para abastecer las demandas de agua. Tienen por objeto conducir los escurrimientos superficiales de las laderas naturales a fin de

---

<sup>49</sup> Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca Y Alimentación (2011) Manual de Diseño Hidráulico de Canales de Llamada. SAGARPA, México.

incrementar la capacidad de almacenamiento de un depósito. Sin embargo, el río artificial o canal que pretende construirse como parte del proyecto no tiene la función de incrementar la capacidad de almacenamiento de un depósito ni de extraer agua toda vez que la extracción de agua se realizará por medio de pozos de aprovechamiento. Por lo anterior, el canal no provocará la remoción de larvas y juveniles de peces o moluscos. Aunque estrictamente la especificación en cemento no es aplicable al proyecto ni al canal, de hecho, éste cumplirá con la misma.

---

#### Especificación 4.27

Las obras o actividades extractivas relacionadas con la producción de sal, sólo podrán ubicarse en salitrales naturales; los bordos no deberán exceder el límite natural del salitral, ni obstruir el flujo natural de agua en el ecosistema.

No se pretenden actividades extractivas de producción de sal, por lo que esta especificación no le es aplicable al proyecto.

---

#### Especificación 4.28

La infraestructura turística ubicada dentro de un humedal costero debe ser de bajo impacto, con materiales locales, de preferencia en palafitos que no alteren el flujo superficial del agua, cuya conexión sea a través de veredas flotantes, en áreas lejanas de sitios de anidación y percha de aves acuáticas, y requiere de zonificación, monitoreo y el informe preventivo.

La infraestructura, equipamiento y edificaciones se pretenden realizar en áreas que no tienen presencia de individuos de mangle, por lo que el proyecto no contraviene lo establecido por esta especificación.

---

#### Especificación 4.29

Las actividades de turismo náutico en los humedales costeros en zonas de manglar deben llevarse a cabo de tal forma que se evite cualquier daño al entorno ecológico, así como a las especies de fauna silvestre que en ellos se encuentran. Para ello, se establecerán zonas de embarque y desembarque, áreas específicas de restricción y áreas donde se reporte la presencia de especies en riesgo.

No se prevén actividades de turismo náutico que impliquen embarcaciones motorizadas, únicamente embarcaciones menores no motorizadas (kayaks, canoas y/o balsas), por lo que se cumple con la especificación de evitar cualquier daño ecológico.

---

#### Especificación 4.30

En áreas restringidas los motores fuera de borda deberán ser operados con precaución, navegando a velocidades bajas (no mayor de 8 nudos), y evitando zonas donde haya especies en riesgo como el manatí.

A pesar de que la norma no establece las áreas restringidas, no se prevén actividades que impliquen el uso de motores fuera de borda, por lo que el proyecto cumplirá con esta especificación.

---

#### Especificación 4.31

El turismo educativo, ecoturismo y observación de aves en el humedal costero deberán llevarse a cabo a través de veredas flotantes, evitando la compactación del sustrato y el potencial de riesgo de disturbio a zonas de anidación de aves, tortugas y otras especies.

En caso de pretender realizar ecoturismo o turismo educativo se establecerán veredas flotantes que eviten la compactación del sustrato y disturbio de aves y otras especies.

---

#### Especificación 4.32

Deberá de evitarse la fragmentación del humedal costero mediante la reducción del número de caminos de acceso a la playa en centros turísticos y otros. Un humedal costero menor a 5 km de longitud del eje mayor, deberá tener un solo acceso a la playa y éste deberá ser ubicado en su periferia. Los accesos que crucen humedales costeros mayores a 5 km de longitud con respecto al eje mayor, deben estar ubicados como mínimo a una distancia de 30 km uno de otro.

Los andadores tendrán únicamente el ancho mínimo para el paso de los turistas (grupos pequeños). Se construirán sobre pilotes para mantener el flujo hidrológico.

---

#### Especificación 4.33

La construcción de canales deberá garantizar que no se fragmentará el ecosistema y que los canales permitirán su continuidad, se dará preferencia a las obras o el desarrollo de infraestructura que tienda a reducir el número de canales en los manglares.

El canal que se pretende construir como parte del proyecto permitirá la continuidad de la vegetación de marisma de zacate y no afectará las áreas cubiertas con individuos de mangle, por lo que se cumplirá con esta especificación.

---

#### Especificación 4.34

Se debe evitar la compactación del sedimento en marismas y humedales costeros como resultado del paso de ganado, personas, vehículos y otros factores antropogénicos.

No se compactará el sedimento en áreas pantanosas e inundables (marismas y humedales), por el paso de ganado, personas, vehículos y otros factores antropogénicos, por lo que se cumplirá con esta especificación.

---

#### Especificación 4.35

Se dará preferencia a las obras y actividades que tiendan a restaurar, proteger o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre.

El proyecto no consiste en obras de restauración, protección o conservación de áreas de manglar. Sin embargo, el diseño de las obras y actividades realizarán la protección de estas áreas, por lo que se cumplirá esta especificación.

---

#### Especificación 4.36

Se deberán restaurar, proteger o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre, de acuerdo como se determinen en el Informe Preventivo.



Las obras propuestas en el proyecto protegerán los individuos dispersos de mangle que se puedan encontrar a las orillas e interiores de la laguna cercana, debido a que dichas obras no ocuparan los sitios con presencia de individuos de mangle se logrará su protección.

---

#### Especificación 4.37

Se deberá favorecer y propiciar la regeneración natural de la unidad hidrológica, comunidad vegetales y animales mediante el restablecimiento de la dinámica hidrológica y flujos hídricos continentales (ríos de superficie y subterráneos, arroyos permanentes y temporales, escurrimientos terrestres laminares, aportes del manto freático), la eliminación de vertimientos de aguas residuales y sin tratamiento protegiendo las áreas que presenten potencial para ello.

Ya que se pretende su conservación y que el 68.39% del área cubierta por marisma de zacate se mantendrá libre de obras, se favorecerá la regeneración natural de los sitios con presencia de individuos de mangle y el humedal asociado a éste y a la laguna cercana al predio.

---

#### Especificación 4.38

Los programas proyectos de restauración de manglares deberán estar fundamentados científica y técnicamente y aprobados en la resolución de impacto ambiental, previa consulta a un grupo colegiado. Dicho proyecto deberá contar con un protocolo que sirva de línea de base para determinar las acciones a realizar.

El proyecto no consiste en la formulación o ejecución de un programa de restauración de manglares. Sin embargo, las estrategias y medidas de protección que se establezcan estarán fundamentados científica y técnicamente por lo mencionado en el presente DTU-B Regional y aprobados en la resolución de impacto ambiental.

---

#### Especificación 4.39

La restauración de humedales costeros con zonas de manglar deberá utilizar el mayor número de especies nativas dominantes en el área a ser restaurada, tomando en cuenta la estructura y composición de la comunidad vegetal local, los suelos, hidrología y las condiciones del ecosistema donde se encuentre.

El proyecto no consiste en la restauración de manglares; sin embargo, en la implementación del Programa de Compensación en Beneficio del Humedal propuesto para el proyecto para dar cumplimiento a la especificación 4.43 de la norma en revisión, se establecerán solamente especies nativas y propias del sitio del proyecto y la estructura y composición de la comunidad, descritas en el capítulo IV del presente DTU-B Regional.

---

#### Especificación 4.40

Queda estrictamente prohibido introducir especies exóticas para las actividades de restauración de los humedales costeros.

El proyecto no consiste en la restauración de manglares, no obstante, no se realizará la introducción de especies exóticas en el Programa de Compensación en Beneficio del Humedal, ni en las áreas de manglar del predio o en cualquier otra.

---

#### Especificación 4.41

La mayoría de los humedales costeros restaurados y creados requerirán de por lo menos de tres a cinco años de monitoreo, con la finalidad de asegurar que el humedal costero alcance la madurez y el desempeño óptimo.

El proyecto no consiste en la creación o restauración de humedales costeros o vegetación de manglar. Sin embargo, se propone que, como medida de mitigación de impactos ambientales se establezca un programa de monitoreo con el objetivo de asegurar que se mantiene la cobertura, composición, dinámica hidrológica y procesos ecosistémicos del área.

---

#### Especificación 4.42

Los estudios de impacto ambiental y ordenamiento deberán considerar un estudio integral de la unidad hidrológica donde se ubican los humedales costeros.

El estudio hidrológico propuesto en numerales precedentes tiene el objetivo general de cumplir con la especificación en comento. Dicho estudio incluyó aspectos como la delimitación de la unidad hidrológica donde se encuentra el predio (cuenca, subcuenca, microcuenca, etc.), los cuerpos de agua superficiales (laguna), la dirección de flujo, el balance hídrico, así como otros aspectos relevantes en la zona.

Finalmente, el 7 de mayo de 2004, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) emitió una especificación adicional a la norma sujeta a revisión, mediante el ACUERDO que adiciona la especificación 4.43 a la Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. Dicha especificación adicionada establece lo siguiente:

---

#### Especificación 4.43

La prohibición de obras y actividades estipuladas en los numerales 4.4 y 4.22 y los límites establecidos en los numerales 4.14 y 4.16 podrán exceptuarse siempre que en el informe preventivo o en la manifestación de impacto ambiental, según sea el caso se establezcan medidas de compensación en beneficio de los humedales y se obtenga la autorización de cambio de uso de suelo correspondiente

Para el cumplimiento de esta especificación se anexa al presente DTU-B Regional el Programa de Compensación en Beneficio de los Humedales correspondiente al proyecto; toda vez que por las dimensiones de los predios y del proyecto, no es posible las distancias mínimas a las áreas cubiertas por los individuos de mangle establecidas por el numeral 4.16.

**En conclusión**, con base en los argumentos vertidos en las líneas precedentes, el proyecto cumplirá en lo conducente con lo establecido en la NOM-022-SEMARNAT-2019.

### **III.6.2 Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002**

Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones y los límites máximos permisibles de contaminantes en los lodos y biosólidos provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales, con el fin de posibilitar su aprovechamiento o disposición final y proteger al medio ambiente y la salud humana. Es de observancia obligatoria para todas las personas físicas y morales que generen lodos y biosólidos provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

#### **4. Especificaciones**

*4.1 Las personas físicas o morales interesadas en llevar a cabo el aprovechamiento o disposición final de los lodos y biosólidos a que se refiere esta Norma Oficial Mexicana, deberá de recabar la constancia de no peligrosidad de los mismos en términos del trámite SEMARNAT-07-007.*

En su momento y tras el análisis de los lodos generados y tratados en la planta de tratamiento de aguas residuales, se realizará el trámite SEMARNAT-07-007 ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con el objeto de obtener la constancia de no peligrosidad de los mismo.

*4.1.1 En el caso del proceso de estabilización alcalina, las muestras de lodos deben ser tomadas antes de ser sometidas a este proceso.*

El proceso de tratamiento de lodos no incluye el proceso de estabilización alcalina, por lo que esta especificación no le es aplicable.

*4.2 Los lodos y biosólidos que cumplan con lo establecido en la especificación 4.1, pueden ser manejados como residuos no peligrosos para su aprovechamiento o disposición final como se establece en la presente Norma Oficial Mexicana.*

Los lodos generados en el proceso de tratamiento de aguas residuales serán recolectados por empresas autorizadas por la autoridad estatal al ser considerados residuos de manejo especial de acuerdo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y la NOM-161-SEMARNAT-2011, así como la Ley para la Prevención y Gestión de los Residuos del Estado de Quintana Roo. Lo anterior se realizará de forma posterior a la obtención de la constancia de no peligrosidad de parte de la SEMARNAT, de conformidad con la especificación número 4.1, donde se evidencie que no se trata de los indicados en la NOM-052-SEMARNAT-2005.

*4.3 Para que los biosólidos puedan ser aprovechados, deben cumplir con la especificación 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 y 4.8; y lo establecido en las tablas 1, 2 y 3 de la presente Norma Oficial Mexicana.*

Aunque no se prevé la utilización de los lodos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales para su aplicación como mejorador de suelo o composta en las áreas

verdes del proyecto, el tratamiento de los lodos a través de su digestión y secado, además de las características del agua residual del afluente de la planta, permitirán que éste cumpla con lo establecido en los numerales 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 y 4.8 y las tablas 1, 2 y 3 de esta norma.

*4.4 Los generadores de biosólidos deben controlar la atracción de vectores, demostrando su efectividad. Para lo cual se pueden aplicar cualquiera de las opciones descritas, de manera enunciativa pero no limitativa, en el Anexo 1 u otras que el responsable demuestre que son útiles para ello. Se deben conservar los registros del control por lo menos durante los siguientes 5 (cinco) años posteriores a su generación.*

El proceso de digestión y secado de lodos en la planta de tratamiento de aguas residuales impedirá la formación de vectores y otros organismos perjudiciales.

*4.5 Para efectos de esta Norma Oficial Mexicana los biosólidos se clasifican en tipo: excelente y bueno en función de su contenido de metales pesados; y en clase: A, B y C en función de su contenido de patógenos y parásitos.*

Se estima que los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales propuesta se clasificarán en la categoría de excelentes en función de su contenido de metales pesados y en la clase C, de acuerdo a su contenido de patógenos.

*4.6 Los límites máximos permisibles de metales pesados se establecen en la tabla 1.*

TABLA 1  
 LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA METALES PESADOS EN BIOSOLIDOS

CONTAMINANTE (determinados en forma total)	EXCELENTES mg/kg en base seca	BUENOS mg/kg en base seca
Arsénico	41	75
Cadmio	39	85
Cromo	1 200	3 000
Cobre	1 500	4 300
Plomo	300	840
Mercurio	17	57
Níquel	420	420
Zinc	2 800	7 500

*4.7 Los límites máximos permisibles de patógenos y parásitos en los lodos y biosólidos se establecen en la tabla 2.*

TABLA 2  
 LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA PATOGENOS Y PARASITOS EN LODOS Y BIOSOLIDOS

CLASE	INDICADOR BACTERIOLOGICO DE CONTAMINACION	PATOGENOS	PARASITOS
	Coliformes fecales NMP/g en base seca	Salmonella spp. NMP/g en base seca	Huevos de helmintos/g en base seca

<b>A</b>	Menor de 1 000	Menor de 3	Menor de 1(a)
<b>B</b>	Menor de 1 000	Menor de 3	Menor de 10
<b>C</b>	Menor de 2 000 000	Menor de 300	Menor de 35

(a) Huevos de helmintos viables  
 NMP número más probable

El proceso de digestión y secado de lodos en la planta de tratamiento de aguas residuales, permitirá tener un lodo de clase A, compatible con los límites máximos permisibles de la norma que se está vinculando. El tratamiento de los lodos consistirá en un lecho de secado.

*4.8 El aprovechamiento de los biosólidos, se establece en función del tipo y clase, como se especifica en la tabla 3 y su contenido de humedad hasta el 85%.*

TABLA 3  
 APROVECHAMIENTO DE BIOSOLIDOS

TIPO	CLASE	APROVECHAMIENTO
<b>EXCELENTE</b>	A	— Usos urbanos con contacto público directo durante su aplicación — Los establecidos para clase B y C
<b>EXCELENTE BUENO</b>	<b>O</b> B	— Usos urbanos sin contacto público directo durante su aplicación — Los establecidos para clase C
<b>EXCELENTE BUENO</b>	<b>O</b> C	— Usos forestales — Mejoramientos de suelos — Usos agrícolas

El proyecto no incluye el aprovechamiento directo de los lodos generados en el proceso de tratamiento. Estos lodos serán recolectados y conducidos hasta el sitio de disposición final por una empresa autorizada para tal efecto, por la dependencia estatal correspondiente.

*4.9 La aplicación de los biosólidos en terrenos con fines agrícolas y mejoramiento de suelos se sujetará a lo establecido en la Ley Federal de Sanidad Vegetal y conforme a la normatividad vigente en la materia.*

En el proyecto no se pretende la aplicación de biosólidos en terrenos con fines agrícolas o mejoramiento de suelos, por lo que la especificación en comento no le es aplicable al mismo.

*4.10 Para la disposición final de los lodos y biosólidos, éstos deben cumplir con la especificación 4.1 y con los límites máximos permisibles para el contenido del indicador de contaminación, patógenos y parásitos especificados en la tabla 2, para clase C.*

Los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales cumplirán con lo establecido en la tabla 2 para lodos de la clase C, ya que se dirigirán a un sitio de disposición final.

*4.11 Los sitios para la disposición final de lodos y biosólidos, serán los que autorice la autoridad competente, conforme a la normatividad vigente en la materia.*

La disposición final de los lodos generados en la planta de tratamiento se realizará en sitios autorizados por la autoridad estatal para tal efecto.

*4.12 Los lodos y biosólidos que cumplan con lo establecido en la presente Norma Oficial Mexicana, pueden ser almacenados hasta por un periodo de dos años. El predio en el que se almacenen debe ser habilitado para que no existan infiltraciones al subsuelo y contar con un sistema de recolección de lixiviados.*

No se pretende el almacenamiento de los lodos por tiempo prolongado. Se realizará la recolección de estos residuos por medio de empresas autorizadas por la autoridad estatal para tal efecto, las cuales los conducirán a sitios autorizados.

4.13 Se permite la mezcla de dos o más lotes de lodos o biosólidos, siempre y cuando ninguno de ellos esté clasificado como residuo peligroso y su mezcla resultante cumpla con lo establecido en la presente Norma Oficial Mexicana.

Dada la estandarización del proceso de tratamiento, los lodos generados tendrán la misma calidad. La generación de éstos solo variará en cantidad en función del nivel de ocupación del hotel, por lo que no se modificará la calidad de los mismos con la mezcla de lotes de lodos generados en diferentes tiempos.

#### *4.14 Muestreo y análisis de lodos y biosólidos*

*El generador de lodos y biosólidos por medio de laboratorios acreditados debe realizar los muestreos y análisis correspondientes para demostrar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana y deberá conservar los registros por lo menos los siguientes 5 (cinco) años posteriores a su realización.*

En su momento, se llevarán a cabo los análisis de los lodos generados en el proceso de tratamiento de aguas residuales, los cuales se conservarán durante los cinco años siguientes. Estos análisis se realizarán con la frecuencia determinada en el numeral siguiente por un laboratorio acreditado por la instancia competente.

*4.15 La frecuencia de muestreo y análisis para los lodos y biosólidos se realizará en función del volumen de lodos generados como se establece en la tabla 4.*

TABLA 4

FRECUENCIA DE MUESTREO Y ANALISIS PARA LODOS Y BIOSOLIDOS

Volumen generado por año (Ton/Año) en base seca	Frecuencia de muestreo y análisis	Parámetros a determinar
Hasta 1,500	Una vez al año	Metales pesados, indicador bacteriológico de contaminación, patógenos y parásitos
Mayor de 1,500 hasta 15,000	Una vez por semestre	Metales pesados, indicador bacteriológico de contaminación, patógenos y parásitos
Mayor de 15,000	Una vez por trimestre	Metales pesados, indicador bacteriológico de contaminación, patógenos y parásitos

Para el cálculo de la producción de los lodos a generar en el proceso de tratamiento, se utilizó un factor de 0.055 m<sup>3</sup> de lodo por cada m<sup>3</sup> de agua de influente de acuerdo a los balances de materia generados por Sötemann (2005)<sup>50</sup> y Gómez (2013)<sup>51</sup>. De esta manera, considerando los 598 m<sup>3</sup> a tratar por día, se generará un máximo de 32.89 m<sup>3</sup> de lodos por día, lo que equivale a 33.55 ton/día o 12,245.75 ton/año, considerando una densidad del lodo de 1.02 ton/m<sup>3</sup> (López, et al., 2002)<sup>52</sup>, por lo que la frecuencia de los análisis requeridos es de 1 vez por trimestre para Metales pesados, indicador bacteriológico de contaminación, patógenos y parásitos.

*4.16 El generador podrá quedar exento de realizar el muestreo y análisis de alguno o varios de los parámetros establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana, siempre y cuando la detección de éstos sea en cantidades menores que los límites máximos establecidos, o cuando por la procedencia de los lodos y biosólidos éstos no contengan los contaminantes regulados en la presente Norma Oficial Mexicana, en ambos casos, deberá manifestarlo ante la Secretaría por escrito y bajo protesta de decir verdad. La autoridad se reserva el derecho de verificar dicha información.*

Dependiendo de los resultados de los primeros análisis que se lleven a cabo de los lodos generados en la planta de tratamiento, se solicitará a la SEMARNAT, a través de los informes de cumplimiento de términos y condicionantes correspondientes, la extensión de los muestreos a los lodos.

*4.17 El generador deberá contar con una bitácora de control de lodos y biosólidos, de acuerdo a lo establecido en el Anexo VII.*

La bitácora de control tendrá como mínimo la siguiente información, de acuerdo con el Anexo VII de la norma:

1. Generador
2. Producción en base seca (Ton) por: día y mes
3. Fecha de muestreo
4. Laboratorio que analizó
5. Salida del producto
  - a. Fecha
  - b. Cantidad en base seca (Ton)
  - c. Destinatario

---

<sup>50</sup> Sötemann, S. W., 2005. Modelling Material Mass Balances Over Wastewaters Treatment Plants. Cape Town: University of Cape Town.

<sup>51</sup> Gómez, D., 2013. Tratamiento biológico de las aguas residuales. Ley de conservación de la materia.

<sup>52</sup> López, S. y Ramirez, E.; Cardoso, L.; Mijaylova, P; 2002. Tratamiento de lodos residuales municipales con un proceso aerobio-termofílico, Jiutepec, México.

### III.6.3 Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

La Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo; tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones, mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción y es de observancia obligatoria en todo el Territorio Nacional, para las personas físicas o morales que promuevan la inclusión, exclusión o cambio de las especies o poblaciones silvestres en alguna de las categorías de riesgo, establecidas por la Norma.

En el área ocupada por vegetación de marisma de zacate dentro del conjunto predial correspondiente al proyecto, se identificó la presencia de dos especies de flora incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010, en estatus de Amenazadas. Estas especies son: *Conocarpus erectus* y *Rhizophora mangle*, cuyos individuos, en todo momento y en todas las etapas y áreas del proyecto donde se encuentren, serán respetadas y libradas por dicho proyecto.

En el área ocupada por vegetación de selva mediana subperennifolia se encontraron las especies *Coccothrinax readii* y *Thrinax radiata*, mismas que se encuentran en la categoría de Amenazadas, de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. La totalidad de los individuos de estas especies que se encuentren en el área de cambio de uso de suelo del proyecto serán rescatados y reubicados en las áreas libres del mismo.

El listado de las especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 se presentan en el **Cuadro III:10**.

*Cuadro III:10. Listado de especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, que se identificaron en el predio*

Familia	Nombre científico	Nombre común	Categoría	Tipo de vegetación
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle rojo	A	Marisma de zacate
Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i>	Mangle botoncillo	A	Marisma de zacate
Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i>	Nacax	A	Vs/Selva Mediana Subperennifolia
Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	Chit	A	Vs/Selva Mediana Subperennifolia



Por lo que respecta a la fauna, de las 41 especies identificadas, 5 de ellas están en alguna categoría de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010. De estas especies 3 pertenecen a la clase de los reptiles y 2 a la de las aves; 2 se encuentran en la categoría de Amenazadas (A) y 2 en Protección especial. En la primera categoría (A) se encuentran *Ctenosaura similis* y *Boa constrictor*, mientras que en la segunda (Pr) están *Leptophis mexicanus*, *Eupsittula nana* y *Vireo pallens* (**Cuadro III:11**).

**Cuadro III:11. Listado de especies de fauna en el predio, incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.**

Clase	Orden	Familia	Especie	Categoría
Reptiles	Squamata	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	A
Reptiles	Squamata	Boidae	<i>Boa constrictor</i>	A
Reptiles	Squamata	Colubridae	<i>Leptophis mexicanus</i>	A
Aves	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Eupsittula nana</i>	Pr
Aves	Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo pallens</i>	Pr

#### III.6.4 Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011

Esta norma es obligatoria para los grandes generadores de Residuos de Manejo Especial; los grandes generadores de Residuos Sólidos Urbanos; los grandes generadores y los productores, importadores, exportadores, comercializadores y distribuidores de los productos que al desecharse se convierten en Residuos de Manejo Especial sujetos a un Plan de Manejo y las Entidades Federativas que intervengan en los procesos establecidos en la presente Norma. Quedan excluidos los generadores de residuos provenientes de la Industria Minero-Metalúrgica, de conformidad con los artículos 17 de la Ley y 33 de su Reglamento.

En este sentido, se someterá a la consideración del estado la autorización del Programa de Manejo de Residuos de competencia estatal, previo al inicio de la obra y durante su periodo de operación.

El anexo normativo de esta norma establece que los residuos que se sujetarán a plan de manejo son, entre otros (solo se enlistan aquí los que se generarán en el proyecto):

V. *Lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales, a excepción de los indicados en la NOM-052-SEMARNAT-2005:*

- *Aquellos que se generen por un gran generador en una cantidad mayor a 100 toneladas anuales o su equivalente.*

VII. *Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general, que se generen en una obra en una cantidad mayor a 80 m<sup>3</sup>.*

*VIII. Los productos que al transcurrir su vida útil se desechan y que se listan a continuación:*

...

*c) Otros que al transcurrir su vida útil requieren de un manejo específico y que sean generados por un gran generador en una cantidad mayor a 10 toneladas por residuo al año:*

- *Envases y embalajes de tereftalato de polietileno (PET), polietileno de alta y baja densidad (PEAD y PEBD), policloruro de vinilo (PVC), polipropileno (PP), poliestireno (PS) y policarbonato (PC).*
- *Envases, embalajes y artículos de madera.*
- *Envases, embalajes y perfiles de aluminio.*
- *Envases, embalajes y perfiles de metal ferroso.*
- *Envases, embalajes y perfiles de metal no ferroso.*
- *Papel y cartón.*
- *Vidrio.*
- *Hule natural y sintético.*
- *Envases de multilaminados de varios materiales.*

Durante la preparación del sitio y construcción del proyecto se prevé la generación de Residuos de Manejo Especial derivados de la construcción con un volumen mayor a 80 m<sup>3</sup>. En la actividad de despalme se estimó una cantidad de 64,083.09 m<sup>3</sup> de residuos como roca y suelo, así como 17,171.91 ton al año de residuos de construcción como concreto, ladrillo pedacera de metales, madera, entre otros. Para un adecuado manejo de estos residuos se entregará ante la autoridad en materia de Residuos del Estado de Quintana Roo un Plan de Manejo de Residuos para su revisión y previa autorización. En el presente documento se anexa las estrategias de manejo de residuos de manera general haciendo referencia principalmente a los Residuos Peligrosos, los cuales son de observancia de la autoridad Federal, mientras que los regulados por la presente norma son de competencia estatal.

### **III.7 PLANES O PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO (PDU)**

El sitio donde pretende ubicarse el proyecto no se encuentra dentro del área de aplicación de ningún Plan o Programa de Desarrollo Urbano (PDU).

### **III.8 OTROS INSTRUMENTOS**

El proyecto no es vinculable con otros instrumentos de regulación.



# IV DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

---

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

De conformidad con el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, la delimitación del área de estudio se realiza considerando las cuencas, subcuencas y microcuencas hidrológico-forestales donde se ubicará el proyecto. Además de lo anterior, la cuenca y microcuenca están consideradas como criterios para delimitar un sistema ambiental regional (SAR), de acuerdo a los Lineamientos que Establecen Criterios Técnicos de Aplicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, establecidos por la SEMARNAT. Para fines de la caracterización y análisis del sistema ambiental y posterior evaluación de impactos ambientales derivados de las actividades del cambio de uso de suelo, construcción y operación del proyecto que se llevará a cabo, se ha delimitado como área de estudio la extensión de la microcuenca.

Lo anterior se debe, en principio a que la referencia geográfica de las microcuencas es una delimitación real del territorio que facilita el manejo del recurso hidrológico y su interrelación con los factores físicos y bióticos, tomando en cuenta las necesidades y recursos de las comunidades, así como la interrelación de las mismas en las decisiones de políticas de desarrollo (De Alba Rosano & Pineda Lopez, 2007)<sup>53</sup>. De acuerdo con Tobar (2011)<sup>54</sup>, en la microcuenca ocurren interacciones indivisibles entre los aspectos económicos (relacionados a los bienes y servicios producidos en su área), sociales (asociados a los patrones de comportamiento de las poblaciones usuarias directas e

---

<sup>53</sup> De Alba Rosano, C. F. & Pineda López, R. F., 2007. Ordenamiento Territorial Comunitario con Visión de Cuencas.

<sup>54</sup> Tobar, J., 2011. La microcuenca como ámbito de planificación de los recursos naturales. Nota Técnica 1. En: "Apoyo a la rehabilitación productiva y el manejo sostenible de microcuencas en municipios de Ahuachapán a consecuencia de la tormenta Stan y la erupción del volcán Ilamatepec". El Salvador: Food and Agriculture Organization.

indirectas de los recursos de la cuenca) y ambientales (vinculados al comportamiento o reacción de los recursos naturales frente a los dos aspectos anteriores). La microcuenca es el ámbito lógico para planificar el uso y manejo de los recursos naturales, en la búsqueda de la sostenibilidad de los sistemas de producción y los diferentes medios de vida. Ningún otro ámbito geográfico que pudiera considerarse, sea natural o político, guarda esta relación de forma tan estrecha y tangible.

Para fines de la evaluación de los impactos ambientales derivados de las actividades del cambio de uso de suelo que se llevará a cabo por el proyecto, se ha delimitado como área de estudio la extensión de la microcuenca, esto debido, en principio por la importancia del agua como elemento vital (Cruz, 2003)<sup>55</sup>. En segundo lugar, se considera adecuada la microcuenca adecuada para la delimitación del sistema ambiental regional por su carácter sistémico; es decir, por su interrelación con todos los demás recursos (bosque, suelo, fauna). La cuenca como unidad hidrológica constituye un ámbito biofísico y socioeconómico lógico para caracterizar, diagnosticar, planificar y evaluar el uso de los recursos naturales, el análisis ambiental y el impacto global de las prácticas y actividades que se realizan en ella (Jiménez, 2004)<sup>56</sup>.

Para realizar la caracterización del sistema ambiental regional se adoptó el enfoque de sistemas y particularmente la delimitación del sistema a través de cuencas por las siguientes razones [ (World Vision, 2004), (Faustino & Jiménez, 2000)<sup>57</sup> y (Jiménez, 2004)]:

- Tienen un límite físicamente definido.
- Está conformada por diferentes subsistemas: social, económico, político, institucional, cultural, legal, tecnológico, productivo, físico y biológico.
- Existen entradas y salidas, como en el análisis del ciclo hidrológico donde se permite cuantificar que a la cuenca ingresa una cantidad de agua por medio de la precipitación y otras formas; y luego existe una cantidad que sale de la cuenca, por medio de su río principal en las desembocaduras o por el uso que adquiera el agua.
- Se producen interacciones entre sus elementos, por ejemplo, si se deforesta irracionalmente en la parte alta, es posible que en épocas lluviosas se produzcan inundaciones en las partes bajas.

---

<sup>55</sup> Cruz G. B., 2003. La cuenca como unidad de planeación ambiental. En: 4° Seminario sobre instrumentos económicos para cuencas ambientales. 2003. Dirección general de Investigación de Política y Economía Ambiental. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT

<sup>56</sup> Jiménez, F. (2004). La cuenca hidrográfica como unidad de planificación, manejo y gestión de los recursos naturales. Experiencias en gestión y valoración del agua. Volumen 9.

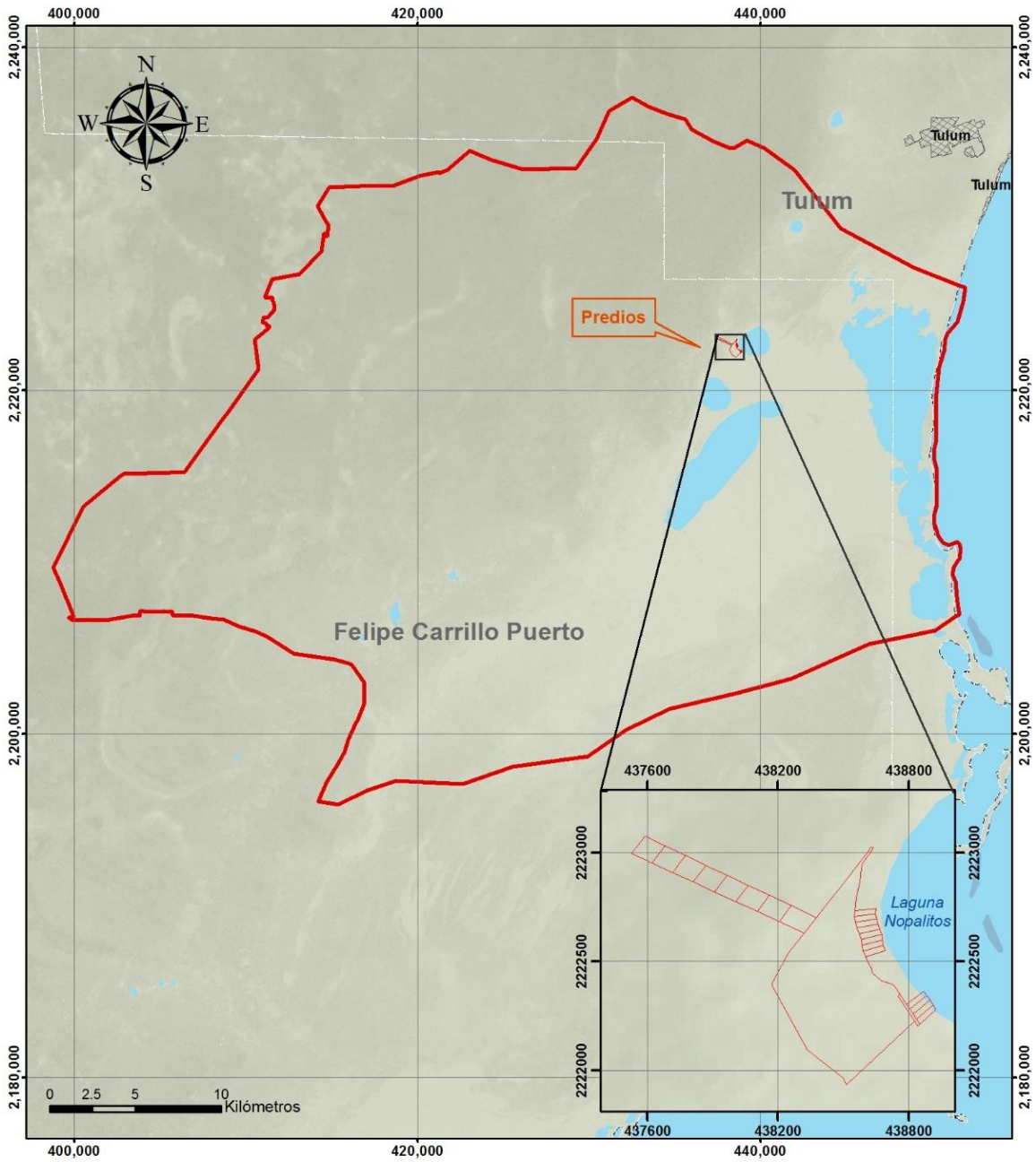
<sup>57</sup> World Vision. 2004. Manual de manejo de cuencas. El Salvador. 154 p

- Existen interrelaciones entre los fenómenos que se dan en ella, por ejemplo, la degradación de un recurso como el agua, está en relación con la falta de educación ambiental, con la falta de aplicación de leyes, con las tecnologías inapropiadas, etc.
- Existen elementos que le dan una estructura y función, existen componentes en su interior que le dan una estructura y función, tales como: las áreas con cultivos, la ganadería, los bosques y selvas, los centros de población, las agroindustrias, hidroeléctricas, tomas de agua, los caminos y puentes, las áreas naturales protegidas, las escuelas, los hospitales, entre otros.
- Desde el punto de vista biofísico, un enfoque de la cuenca definida hidrológicamente permite una visión de sistema y una conciliación entre unidades pequeñas, como parcelas de agricultores y unidades grandes, como las ecorregiones. Además, permite delimitar claramente la unidad de análisis y estudio, facilitando el desarrollo de estudios de insumo-producto, la toma de decisiones, los modelos de simulación, los sistemas de expertos.
- Permite el análisis integral de las causas, efectos y posibles soluciones de los problemas.

Lo anterior se debe, en principio a que la referencia geográfica de las microcuencas es una delimitación real del territorio que facilita el manejo del recurso hidrológico y su interrelación con los factores físicos y bióticos, tomando en cuenta las necesidades y recursos de las comunidades, así como la interrelación de las mismas en las decisiones de políticas de desarrollo (De Alba Rosano & Pineda Lopez, 2007). De acuerdo con Tobar (2011), en la microcuenca ocurren interacciones indivisibles entre los aspectos económicos (relacionados a los bienes y servicios producidos en su área), sociales (asociados a los patrones de comportamiento de las poblaciones usuarias directas e indirectas de los recursos de la cuenca) y ambientales (vinculados al comportamiento o reacción de los recursos naturales frente a los dos aspectos anteriores). La microcuenca es el ámbito lógico para planificar el uso y manejo de los recursos naturales, en la búsqueda de la sostenibilidad de los sistemas de producción y los diferentes medios de vida. Ningún otro ámbito geográfico que pudiera considerarse, sea natural o político, guarda esta relación de forma tan estrecha y tangible.

La cuenca hidrológica, concebida como un sistema territorial dinámico presenta permanentemente flujos de entrada y salida que determinan sus debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas. Por tanto, la delimitación del área de estudio desde la visión cuenca o microcuenca facilita la aplicación de un análisis ambiental con enfoque sistémico, lo cual permite analizar y evaluar factores involucrados dentro de contextos mayores o menores desde diversos escenarios (administrativos, económicos, naturales y socioculturales).

Finalmente, considerando la escala de influencia del proyecto y los elementos bióticos y abióticos que lo circundan se determinó que el análisis y caracterización fuese realizado a nivel de Microcuenca. Para su delimitación, se recurrió a la cartografía de microcuencas generada por la SAGARPA (2007) para gestión de los programas operativos del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) bajo criterios biofísicos, sociales y productivos y considerados por la SEMARNAT en el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA). La microcuenca utilizada para la delimitación del área de estudio corresponde al número 33-133-01-001 Chumpón, la cual se ubica al centro-sureste del estado de Quintana Roo (**Figura IV:1**). Forma parte de la Región Hidrológica Yucatán Este, a vez dentro de la cuenca denominada “Cuencas Cerradas B” y en la Subcuenca Chunyaxché-Santa Amalia y tiene una superficie de 1,331.94 km<sup>2</sup>.



**DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD B REGIONAL**

Parcelas 1255, 1320-1327, 1339-1341, 1365-1371 y 1441,  
Ejido José María Pino Suárez,  
Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo

**Simbología**

- Predios
- Microcuenca Chumpon
- Límite estatal

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 16 Norte  
Proyección: Transversal de Mercator  
Datum: WGS 1984

Figura IV:1. Delimitación del Sistema Ambiental del Proyecto (microcuenca Chupón)



## IV.2 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR)

### IV.2.1 Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SAR

La microcuenca Chumpón abarca, en su mayor parte, el municipio de Felipe Carrillo Puerto y una porción minoritaria el de Tulum, en el Estado de Quintana Roo. No cuenta con localidades urbanas y tiene 28 localidades rurales con un total de 1,367 habitantes en conjunto, de los cuales 1,306 habitantes (95.54%) corresponden a población indígena.

El área delimitada como sistema ambiental abarca una parte de la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an, en cuya zona de influencia se encuentra el proyecto, en un área que presenta características similares. La Reserva, así como la microcuenca, ocupa una planicie calcárea parcialmente emergida que desciende gradualmente hacia el mar, formando un gradiente de sitios secos a inundables. En este gradiente se desarrollan las selvas medianas, selvas bajas, marismas y manglares, lagunas de agua dulce y salobres (Arellano, 2000)<sup>58</sup>. De acuerdo con Olmsted, et al. (1983)<sup>59</sup>, la reserva de la Biosfera de Sian Ka'an presenta los siguientes tipos de vegetación: selvas medianas subperennifolias, selvas medianas subcaducifolias, selvas bajas inundables y comunidades arboladas, inundables con dosel abierto, tasistales, marismas de zacates, manglares chaparros, petenes, manglares de franja, dunas y cayos y áreas perturbadas. Estos tipos de vegetación también se presentan en de la porción de la microcuenca que no se encuentra dentro la Reserva y que forman parte de su área de influencia.

De acuerdo con la Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, Serie VI (2017)<sup>60</sup> la microcuenca cuenta con 1,080.70 ha de agricultura de temporal anual, que representan el 0.81 % de su superficie total (133,194.42 ha), 418.13 ha de uso de suelo urbano construido (0.31 %), 7,472.00 ha de agua (5.61%), 10,922.96 ha de manglar (8.20 %), 1,567.36 ha de selva baja espinosa subperennifolia (1.18 %), 4,453.15 ha de selva baja subcaducifolia (1.84 %), 39,372.65 ha de selva mediana subperennifolia (29.56 %), 163.52 ha sin vegetación aparente (0.12 %), 15,569.60 ha de tular (11.69 %), 90.03 ha de vegetación de dunas costeras (0.07 %), 53,197.39 ha de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (39.94 %) y 876.47 ha de vegetación secundaria arbustiva de selva mediana

---

<sup>58</sup> Arellano, A., 2000. Manejo Integrado de Zona Costera y Áreas Naturales Protegidas. La Reserva de la Biósfera Sian Ka'an, Quintana Roo. En: Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad & Universidad de Quintana Roo, edits. s.l.:s.n., pp. 445-454.

<sup>59</sup> Olmsted, I. C., López, A. & Durán, R., 1983. Vegetación de Sian Ka'an. En: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología & Centro de Investigaciones de Quintana Roo, edits. Sian Ka'an. Puerto Morelos: s.n., pp. 63-84.

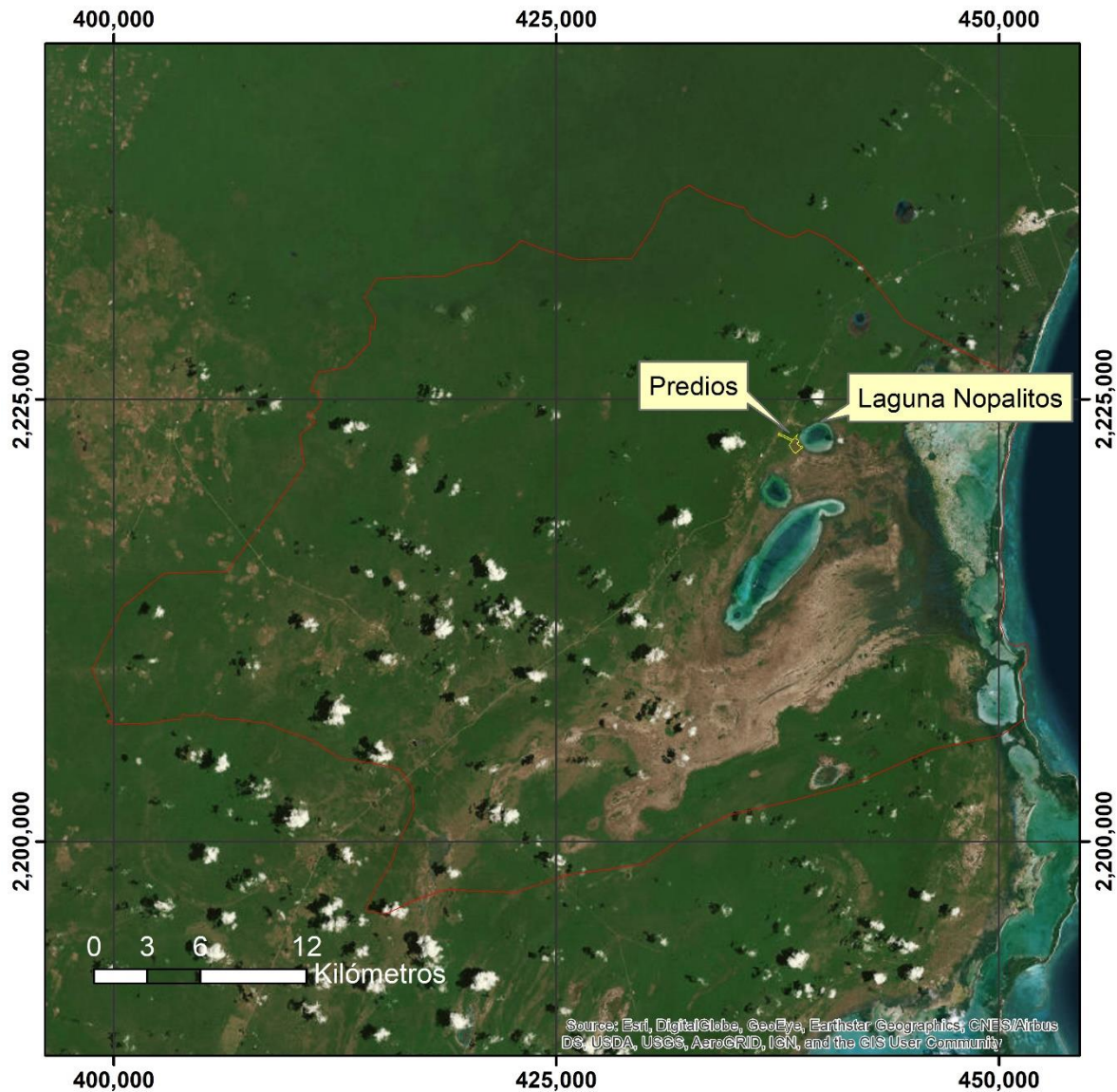
<sup>60</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI.

subperennifolia (0.66 %). Esta información indica que el sistema ambiental presenta un nivel bajo de perturbación y alto nivel de conservación, ya que se encuentra poco desarrollada en términos de infraestructura y actividades humanas, lo cual se evidenciará más adelante en la caracterización detallada de los tipos de uso del suelo y vegetación y en el análisis de los sitios testigo e indicadores de biodiversidad, así como en el análisis socioeconómico de la misma.

El conjunto predial donde se pretende la instalación del proyecto está ubicado al Suroeste de la Laguna Nopalitos en el municipio de Felipe Carrillo Puerto y colinda al Oeste con la carretera federal número 307. Estos predios, en conjunto, presentan solamente dos tipos de vegetación de acuerdo con la carta uso de suelo y vegetación serie VI del INEGI (2017); estos tipos de vegetación son: Selva Mediana Subperennifolia (SMQ) y Tular (VT). Los predios no presentan obras ni indicios de afectación previa a la realización del presente estudio, por lo que se concluye que se encuentra en sus condiciones originales, es decir un nivel bajo de perturbación.

En relación a la vegetación de tipo tular (VT), en la que los predios tienen incidencia, de acuerdo con la Guía para la Interpretación de Cartografía: uso del suelo y vegetación: escala 1:250,000, serie V (ya que la Serie VI no se encuentra disponible), éste tipo de vegetación se describe como sigue: Es una comunidad de plantas acuáticas, distribuida principalmente en altiplanicies y llanuras costeras, en sitios con climas desde cálidos hasta templados, con amplios rangos de temperatura, precipitación y altitud. Se desarrolla en lagunas y lagos de agua dulce o salada y de escasa profundidad, así como en áreas pantanosas, canales y remansos de ríos. Las plantas de esta comunidad viven arraigadas en el fondo y constituyen masas densas con hojas largas y angostas, formando prácticamente un solo estrato herbáceo de 80 cm hasta 2.5 m de altura. Este tipo de vegetación está constituido básicamente por plantas de tule (*Typha sp.*), y tulillo (*Scirpus sp.*), pero también incluye los llamados carrizales de *Phragmites communis* y *Arundo donax* y los “saibadales” de *Cladium jamaicense* del sureste del país. En este sentido, se aclara que la vegetación determinada como “tular” en la carta de uso de suelo y vegetación corresponde a una comunidad caracterizada por la dominancia de esta última especie (*Cladium jamaicense*), a la que para efectos del presente estudio se referirá como marisma de zacate, la cual corresponde y está descrita más específicamente por Arellano (2000).

En la **Figura IV:2** se presenta un mapa donde se visualizan las condiciones del estado actual del SAR (microcuenca Chumpón) y del predio donde se pretende ubicar el proyecto.



*Figura IV:2. Mapa de condiciones iniciales del SAR y los predios del proyecto.*

En los apartados que siguen, se presenta la descripción específica de las condiciones originales de la microcuenca como del conjunto de predios donde se pretende ubicar el proyecto Pastizales.

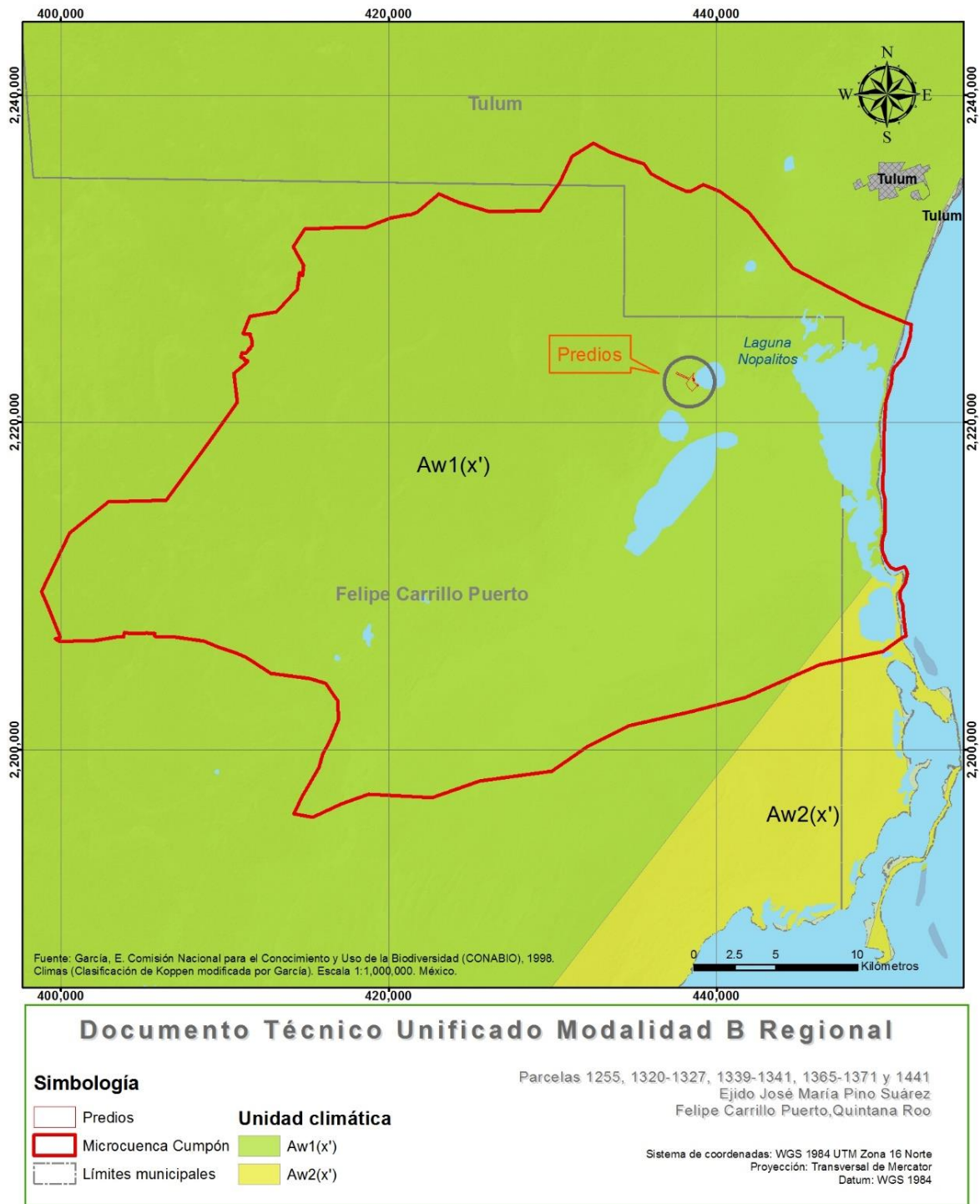
## IV.2.2 Medio abiótico

### IV.2.2.1 Clima y fenómenos meteorológicos

#### IV.2.2.1.1 Clima y fenómenos meteorológicos en el SAR

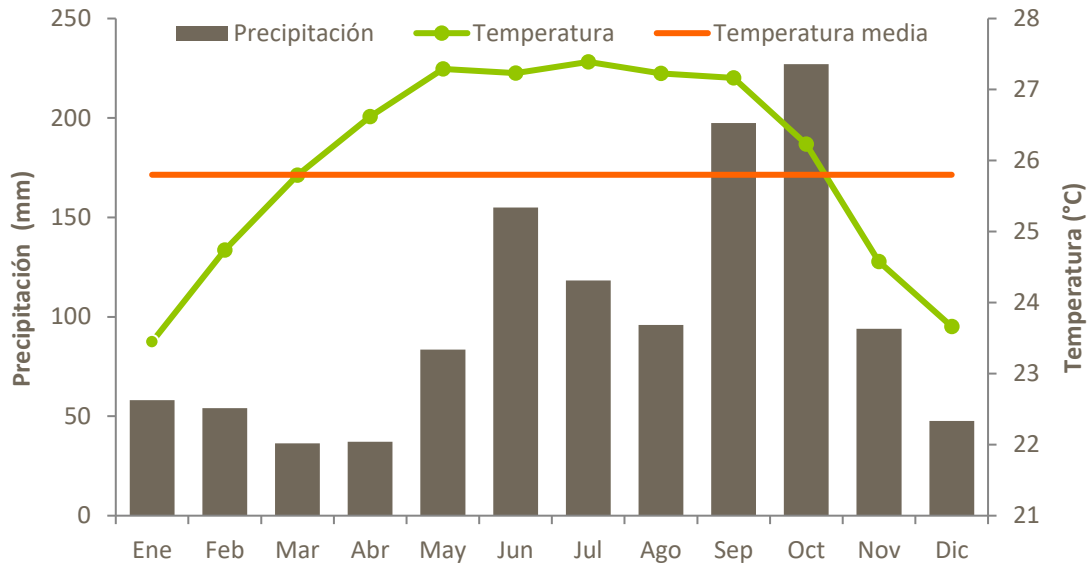
La microcuenca Chumpón se localiza en una zona de clima tipo Aw1(x'), caracterizado como cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes

más frío mayor de 18 °C, precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano mayores al 10.2% anual; así como en una zona de clima Aw2(x'), caracterizado como cálido subhúmedo con temperatura media anual mayor de 22 °C y temperatura del mes más frío mayor de 18 °C. Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual P1 (**Figura IV:3**).



*Figura IV.3. Climas en la microcuenca Chumpón.*

La estación meteorológica más cercana a la microcuenca es la de Tulum, identificada con el número 23025. Tiene una temperatura media anual de 25.8 °C y una precipitación media anual de 1,204.7 mm (**Figura IV:4**), de acuerdo con datos de la Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal de Quintana Roo, correspondientes al periodo de 1995 a 2015.



*Figura IV:4. Diagrama ombrotérmico de la estación meteorológica Tulum (1995-2015).*

En relación a los fenómenos meteorológicos, los huracanes son los más importantes, ya que representan el mayor desastre natural que puede afectar a la Península de Yucatán. En la **Figura IV:5.** se presenta la probabilidad del impacto de un huracán en la zona del Golfo de México. La zona donde se ubica el sistema ambiental determinado (microcuenca Chumpón), tiene una probabilidad media-alta de impacto. De acuerdo con datos presentados por Ihl & Martínez, (2014)<sup>61</sup>, 6 de los 40 huracanes que incidieron en la Península de Yucatán entre 1857 y 2007, hicieron impacto por el Municipio de Felipe Carrillo Puerto, a saber, tres huracanes sin nombre de 1879, 1889 y 1934 con categorías 1, 2 y 1 respectivamente; Hilda de 1955 con categoría 2, Roxanne de 1995 de categoría 3 y Dolly de 1996 de categoría 1.

La temporada de huracanes empieza con frecuencias bajas (aproximadamente 30 eventos de tormentas y huracanes) en mayo y termina en noviembre (110 eventos aproximadamente), alcanzando su máximo en el mes de septiembre con más de 675 eventos, en el periodo 1851-2011 (Ihl & Martínez, 2014).

<sup>61</sup> Ihl, T. & Martínez, O. F., 2014. El Cambio Climático y los Huracanes en la Península de Yucatán. En: O. F. Martínez, ed. Monitoreo de riesgo y desastre: Laboratorio de Observación e Investigación Espacial.

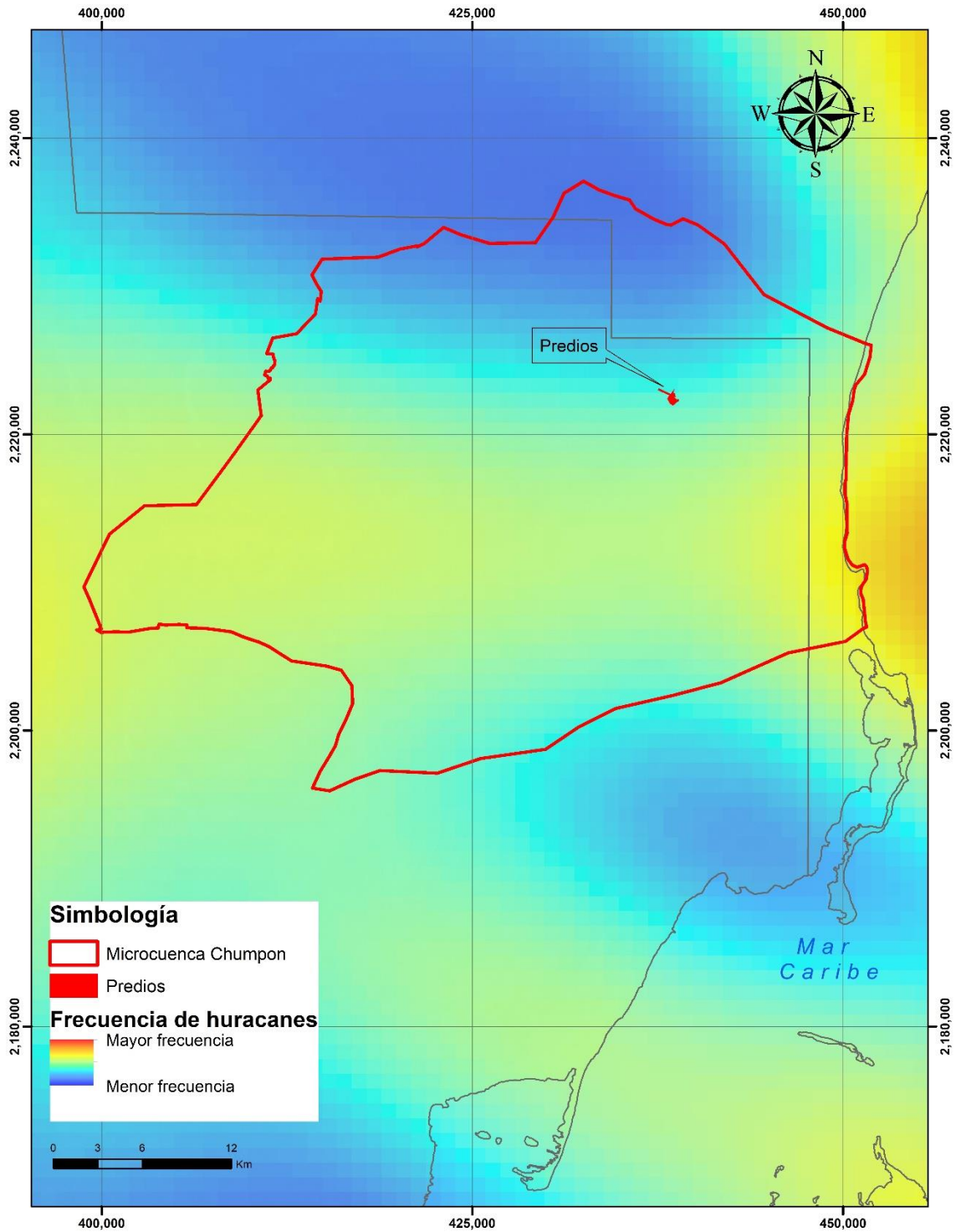


Figura IV:5. Frecuencia de huracanes en la microcuenca Chumpon.

En la **Figura IV:6** (Ihl & Martínez, 2014), se presentan las trayectorias y zonas de impacto de los huracanes que han entrado por el estado de Quintana Roo, así como al resiliencia de las comunidades de la zona. Estos datos indicaron que la marginación es particularmente alta al oeste de Cabo Catoche, en los municipios de Felipe Carrillo Puerto, donde se ubica la

microcuenca y en el sur del Estado. Estas comunidades tienen menos capacidades de recuperarse del impacto de un huracán.

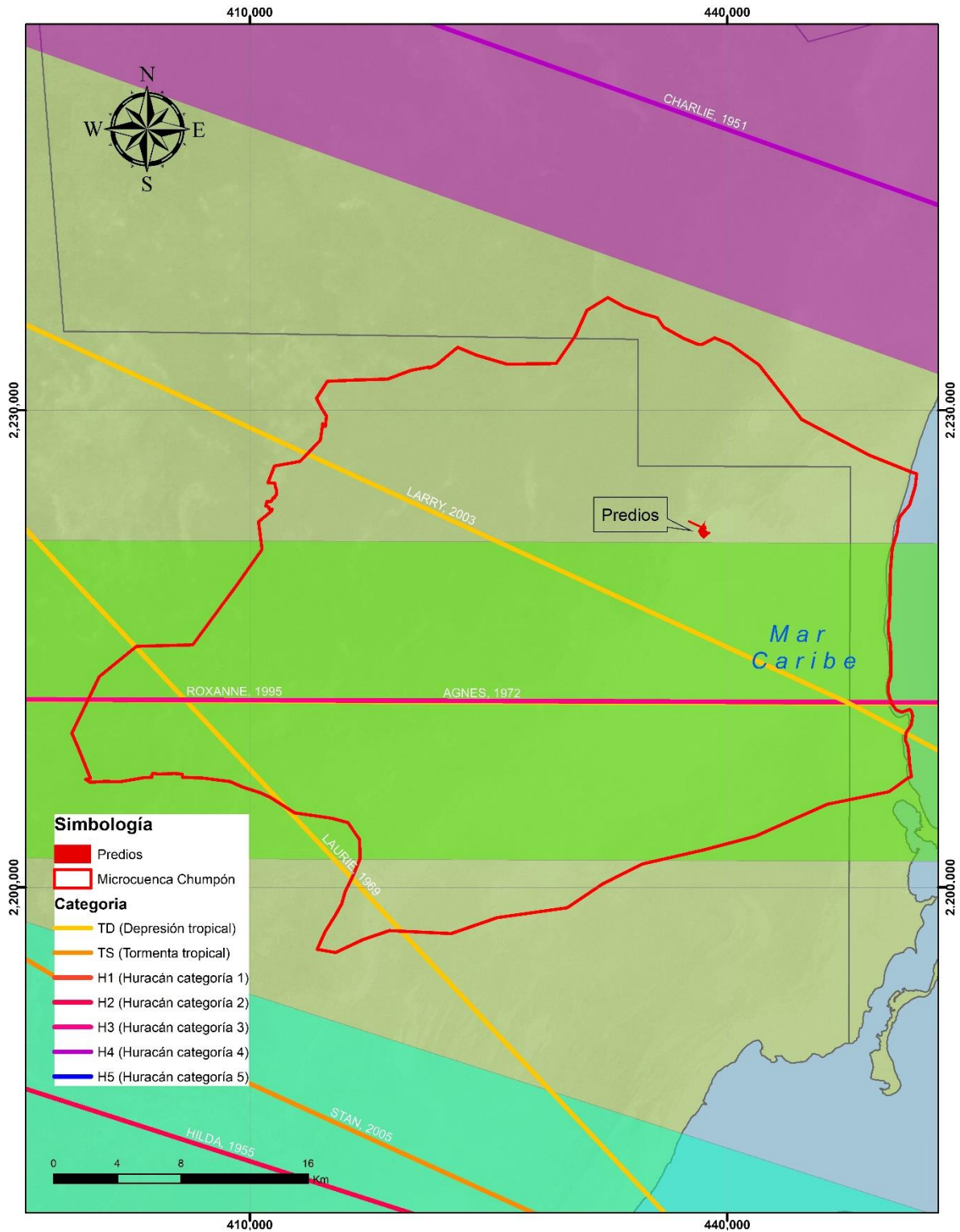


Figura IV:6. Impacto de huracanes en la microcuenca Chumpón.



Otros fenómenos hidrometeorológicos para considerar solo las inundaciones. Estos eventos tienen su origen en fenómenos hidrometeorológicos de todo tipo, depresiones tropicales, tormentas tropicales, huracanes en cualquiera de sus categorías, debido a que generalmente son acompañados por lluvias extraordinarias, que, aunado a la topografía del terreno y la composición del suelo promueve inundaciones. El efecto de las inundaciones tiene diferentes repercusiones en el ámbito natural y social. En el primero, la permanencia del agua afloja el terreno y las raíces de árboles adultos, que aunado a los fuertes vientos son la causa del derribo de éstos. Tal condición ha provocado la predominancia de un dosel de altura media a baja en la mayor parte de la vegetación costera, incluso al interior del territorio municipal. Asimismo, pueden suscitarse también tormentas de marea, que en la zona tienen un riesgo muy bajo (de 0 de probabilidad) de alcanzar hasta 1 m de altura de olas y un riesgo medio (hasta 0.5 de probabilidad) de alcanzar olas de 2 a 6 m de acuerdo con el Atlas de Riesgo Oceanográfico de Quintana Roo (Sara, et al., 2007)<sup>62</sup>.

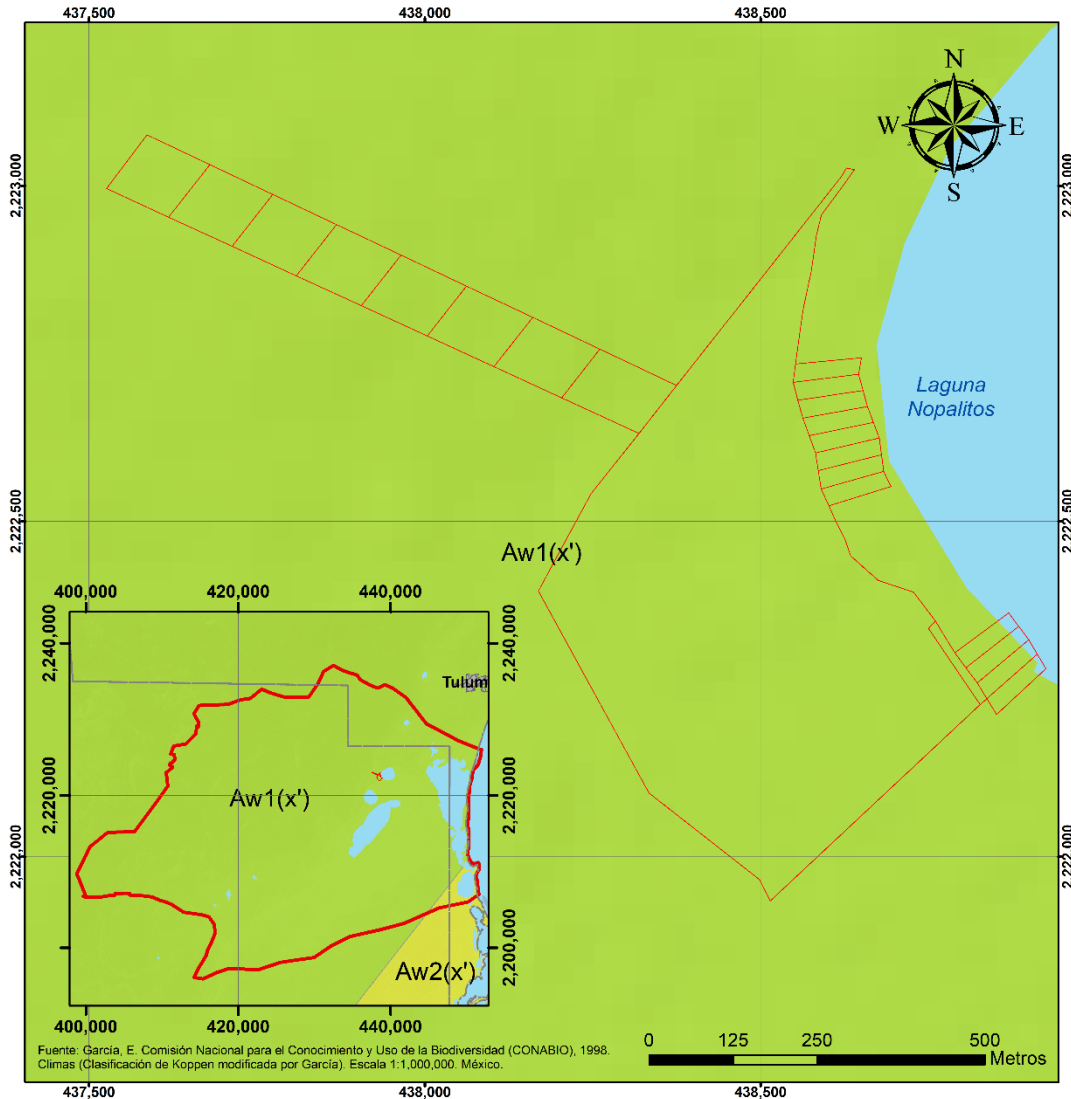
#### IV.2.2.1.2 Clima en el predio

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1981)<sup>63</sup>, al igual que la mayor parte de la microcuenca, el predio se ubica en su totalidad en una zona de clima tipo Aw1(x'), caracterizado como cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano mayores al 10.2% anual (**Figura IV:7**).

---

<sup>62</sup> Sara, C., Iturbe, A., Alfonso, P. & Silva, R., 2007. Atlas de Riesgo Oceanográfico: Quintana Roo. En: Chetumal, Quintana Roo.: Universidad de Quintana Roo, Centro de Información Geográfica de la División de Ciencia e Ingeniería: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

<sup>63</sup> García, E., 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana. México



**Documento Técnico Unificado Modalidad B Regional**

**Simbología**

Predios	Aw1(x')	Parcelas 1255, 1320-1327, 1339-1341, 1365-1371 y 1441 Ejido José María Pino Suárez Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo  Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 16 Norte Proyección: Transversal de Mercator Datum: WGS 1984
Microcuenca Cumpón	CUERPO DE AGUA	
Límites municipales		

*Figura IV:7. Mapa de climas de en el predio*

De acuerdo con datos del servicio meteorológico nacional para la estación Tulum (23025), que es la más cercana al predio, se registró un total de 91.7 días de lluvia en el periodo de 1951 a 2010, distribuidos conforme a lo indicado por el **Cuadro IV:1**.

**Cuadro IV:1. Número de días con lluvia promedio de acuerdo a datos del SMN para la estación Tulum.**

Mes	Número de días con lluvia
Enero	7.2
Febrero	4.7
Marzo	3.3
Abril	3.3
Mayo	6.1
Junio	9.7
Julio	8.5
Agosto	9.1
Septiembre	12.8
Octubre	11.4
Noviembre	8.5
Diciembre	7.1
<b>Total</b>	<b>91.7</b>

Los vientos predominantes para la estación Tulum son del Noreste (40%) y del Sureste (22%), siendo estos últimos los que registran velocidades medias más altas (9.8 km/h). Los vientos del NE se presentan en otoño-invierno, del Sureste en primavera-verano y del Norte en invierno-primavera. No se registran vientos del Sur, Suroeste ni Oeste. Por otra parte, las calmas registradas por la estación Carrillo Puerto (siendo esta la más próxima al Municipio) son altas, además de que la velocidad del viento dominante es de 2 m/s, esto en condiciones normales. La dirección de los vientos dominantes y las calmas presentes en la estación Carrillo Puerto se presentan en la **Figura IV:8**.

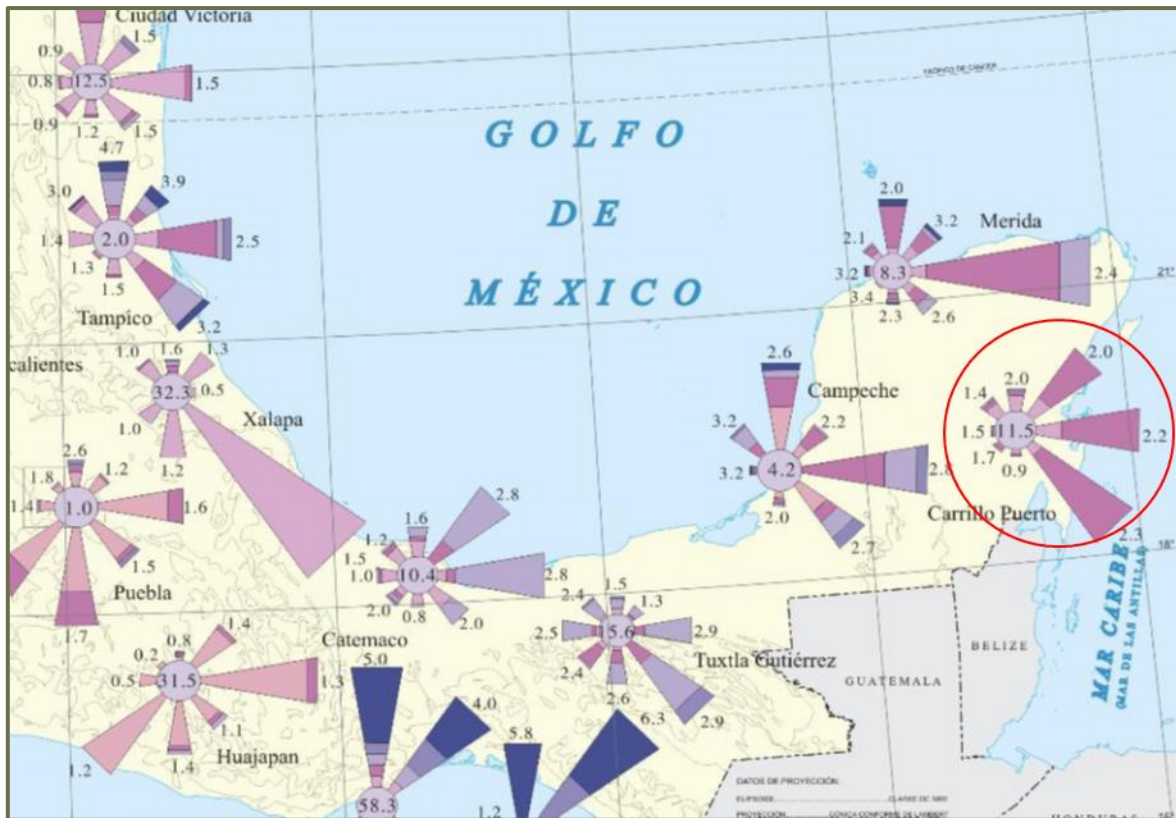


Figura IV:8. Vientos normales en la zona de estudio (Fuente: Instituto de Geografía de la UNAM, citado en el Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Tulum, SEDATU (2015)<sup>64</sup>).

#### IV.2.2.2 Geología y geomorfología

La microcuenca Chumpón se localiza, en su mayor parte, en una zona de origen terciario superior (Ts) con roca caliza (cz). También presenta una zona de origen cuaternario de la era cenozoica (Q) de tipo lacustre (la), otra de la misma era de tipo litoral (li) y una de tipo palustre (pa). Asimismo, se presenta un área de origen plioceno con roca caliza (Tpl (cz)). En la **Figura IV:9** se muestran las áreas geológicas que ocupa la microcuenca Chumpón, definidas por el origen y tipo de roca.

<sup>64</sup> Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2015. Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Tulum. Tulum (Quintana Roo).

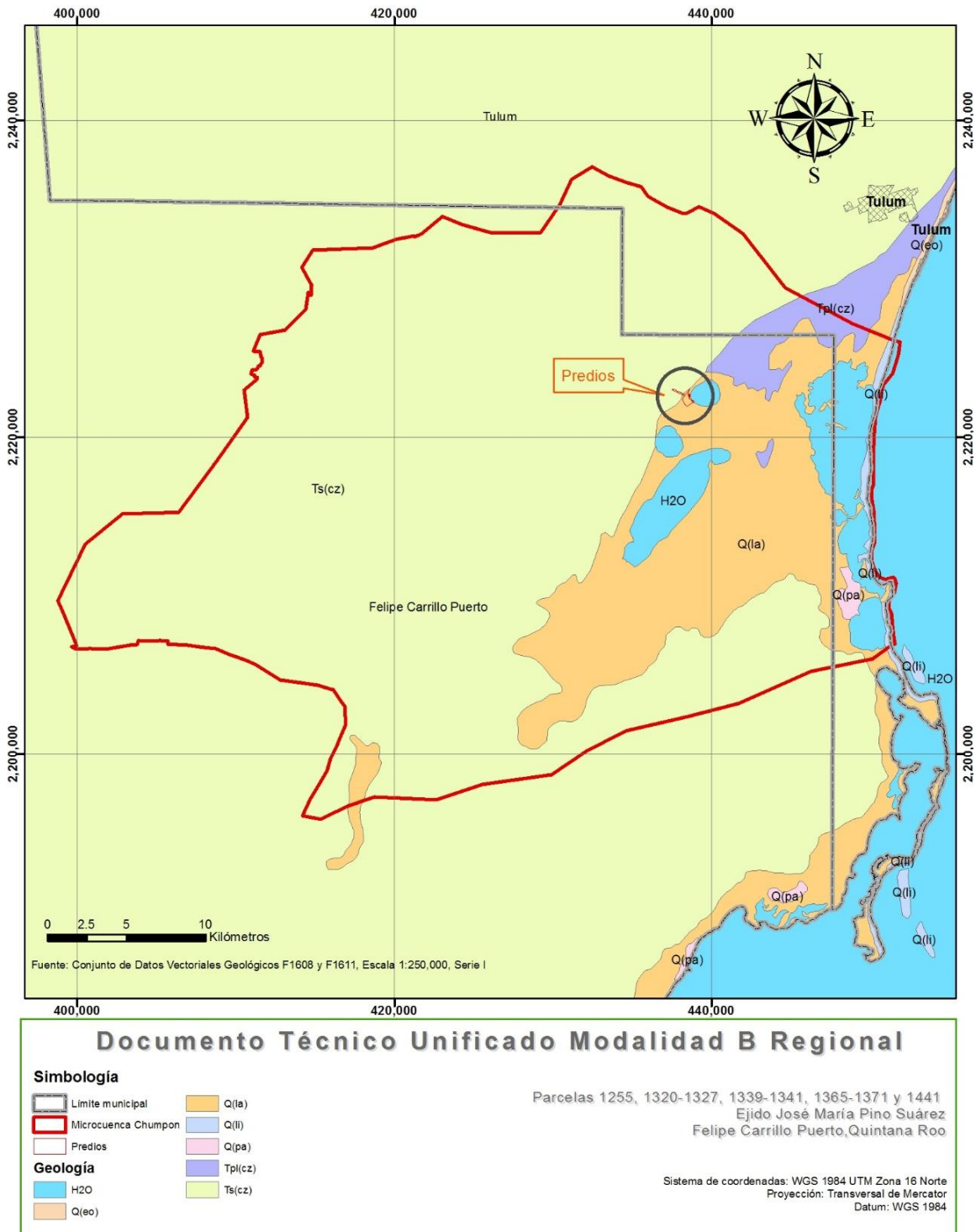
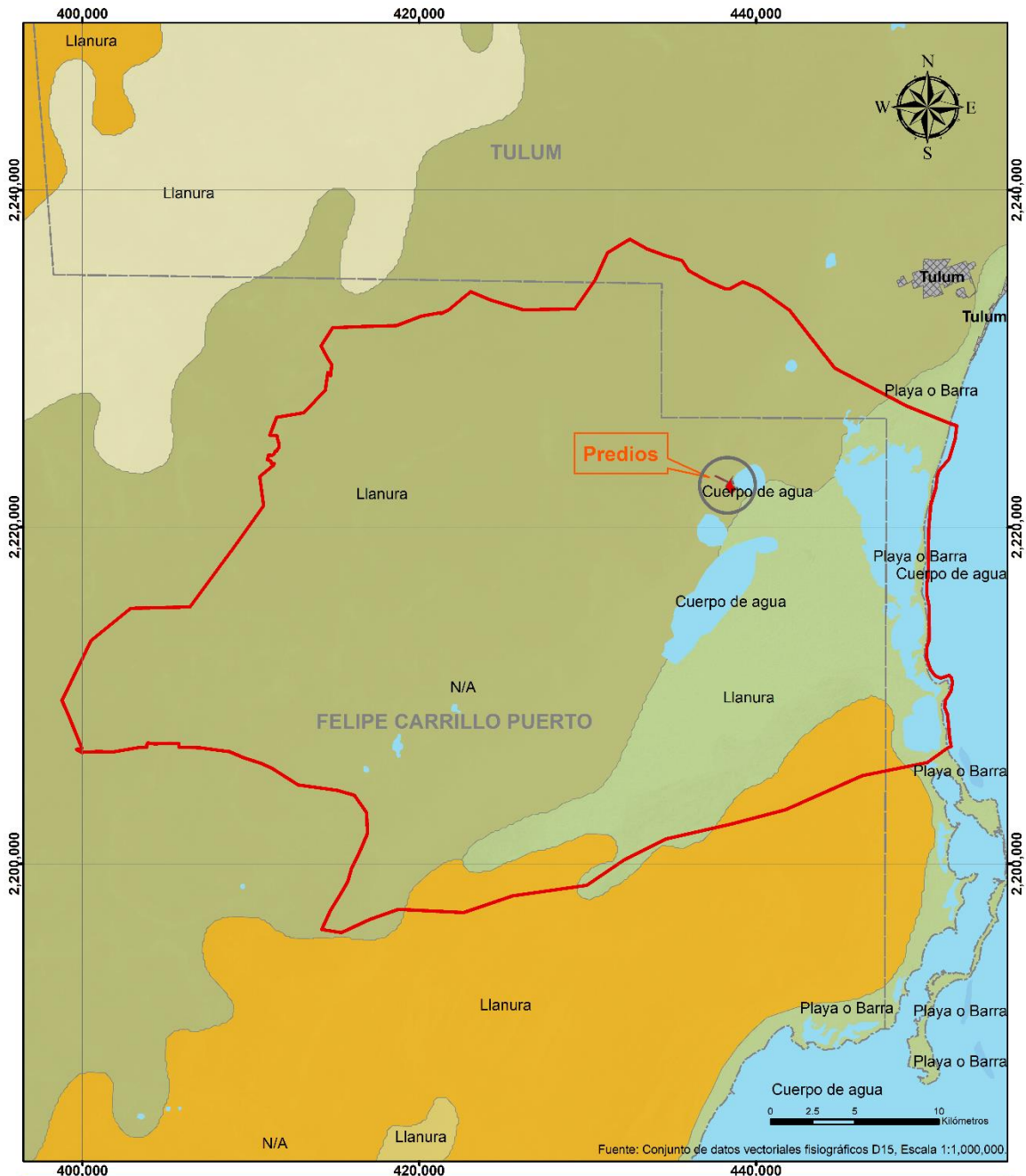


Figura IV:9. Geología en la microcuenca Chumpón.

De acuerdo a la carta fisiográfica (INEGI), el sistema ambiental regional abarca zonas de llanura rocosa con hondonadas someras de piso rocoso o cementado, llanura rocosa de piso rocoso o cementado, llanura rocosa de transición de piso rocoso o cementado, llanura rocosa de transición inundable y una zona de playa o barra (**Figura IV:10**).



**Documento Técnico Unificado Modalidad B Regional**

<p><b>Simbología</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border: 1px solid red; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> MICROCUENCA CHUMPÓN</li> <li><span style="background-color: red; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> PREDIOS</li> <li><span style="background-color: #f4a460; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> LLANURA ROCOSA CON HONDONADAS SOMERAS DE PISO ROCOSO O CEMENTADO</li> <li><span style="background-color: #c8e6c9; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> LLANURA ROCOSA DE PISO ROCOSO O CEMENTADO</li> <li><span style="background-color: #fff9c4; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> LLANURA ROCOSA DE TRANSICIÓN DE PISO ROCOSO O CEMENTADO</li> <li><span style="background-color: #fff176; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> LLANURA ROCOSA DE TRANSICIÓN INUNDABLE</li> </ul>	<p>Parcelas 1255, 1320-1327, 1339-1341, 1365-1371 y 1441                  Ejido José María Pino Suárez                  Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo</p> <p style="font-size: small;">Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 16 Norte                  Proyección: Transversal de Mercator                  Datum: WGS 1984</p>
---	--

*Figura IV:10. Fisiografía y topofomas en la microcuenca Chumpón.*

El sistema ambiental se ubica en la provincia fisiográfica “Península de Yucatán” y en las subprovincias “Carso Yucateco” y “Costa Baja de Quintana Roo”.

La zona donde se ubica la microcuenca Chumpón tiene elevaciones que no sobrepasan los 3 metros sobre el nivel medio del mar (msnm).

Los predios se encuentran en una zona de origen terciario superior (Ts) con roca caliza (cz), así como en una zona de origen cuaternario de la era cenozoica (Q) de tipo lacustre (la).

A nivel local, en el predio, se realizó un estudio geohidrológico en el que se realizaron Sondeos Eléctricos Verticales de los que se obtuvieron seis unidades litológicas o geoelectricas correspondientes a un ambiente sedimentario (**Cuadro IV:2**).

**Cuadro IV:2. Resumen de resultados obtenidos del Sondeo Eléctrico Vertical realizado en el predio.**

Unidad geoelectrica	Resistividad (o m-1)	Espesor promedio (m)	Litología asociada	Características geohidrológicas
<b>A</b>	10 a 15	1	Cubierta superficial compuesta por arenas, gravas, caliche y materia orgánica	Drenada
<b>B</b>	7 a 9	25	Depósito lacustre con fragmentos de roca con presencia de sales.	Permeabilidad baja
<b>C1</b>	17 a 19	8.6 a 10.9	Caliza-coquina con diferente grado de fracturamiento, alteración y carstificación y/o depósitos de sascab semiconsolidados con fragmentos de caliza coquina	Permeabilidad media a baja saturada con agua salobre
<b>C2</b>	23 a 27	21.3 a 24	Caliza-coquina con diferente grado de fracturamiento.	Permeabilidad media. Se infiere que esta unidad está saturada con agua salobre
<b>C3</b>	3 a 8	21 a 23	Caliza-coquina con intercalaciones de sascab	Permeabilidad media saturada con agua salada
<b>C4</b>	0.1 a 0.5	Base	Secuencia intercalada de caliza-coquina y depósitos de sascab	Permeabilidad media. Se caracteriza por estar saturada con agua con mayor salinidad.

En la **Figura IV:11** se presenta gráficamente el resultado los Sondeos Eléctricos Verticales referidos anteriormente, la cual representa la sección geoelectrica realizada.

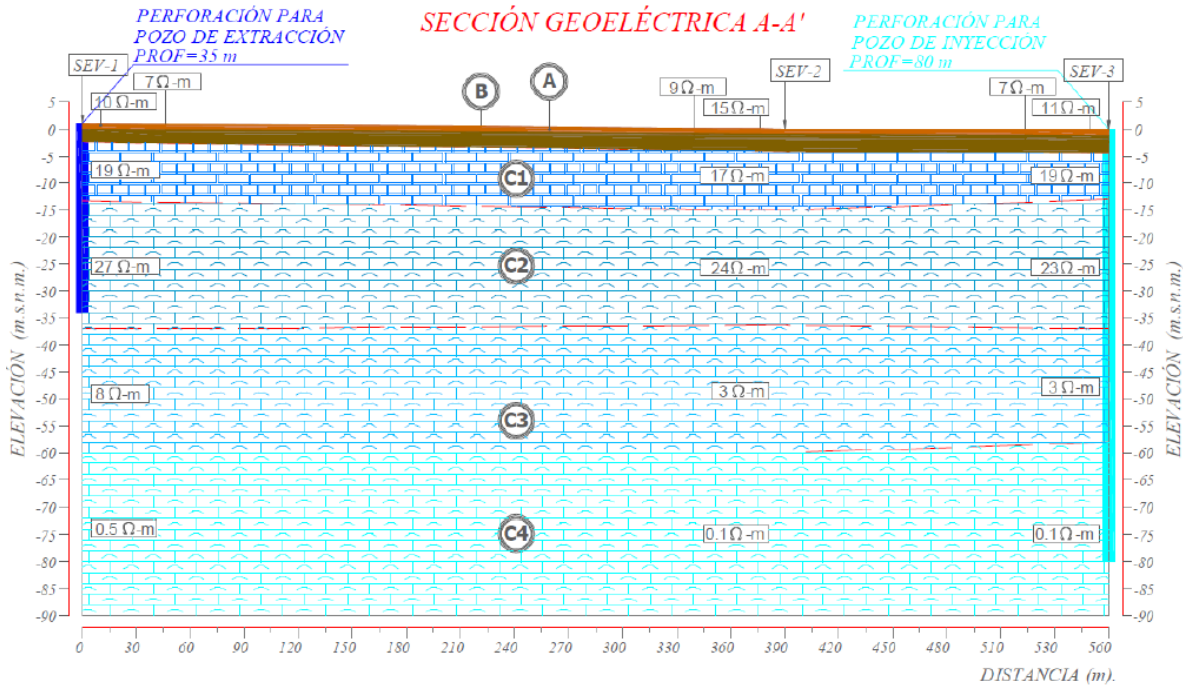


Figura IV:11. Sección geoelectrica realizada en el Sondeo Eléctrico Vertical

### IV.2.2.3 Zona marina y costera

#### IV.2.2.3.1 Perfil costero

En la **Figura IV:12**, se muestra la representación gráfica del perfil batimétrico de la Laguna Nopalitos en la sección que se encuentra enfrente del conjunto de parcelas que conforman el terreno donde se pretende realizar el proyecto.

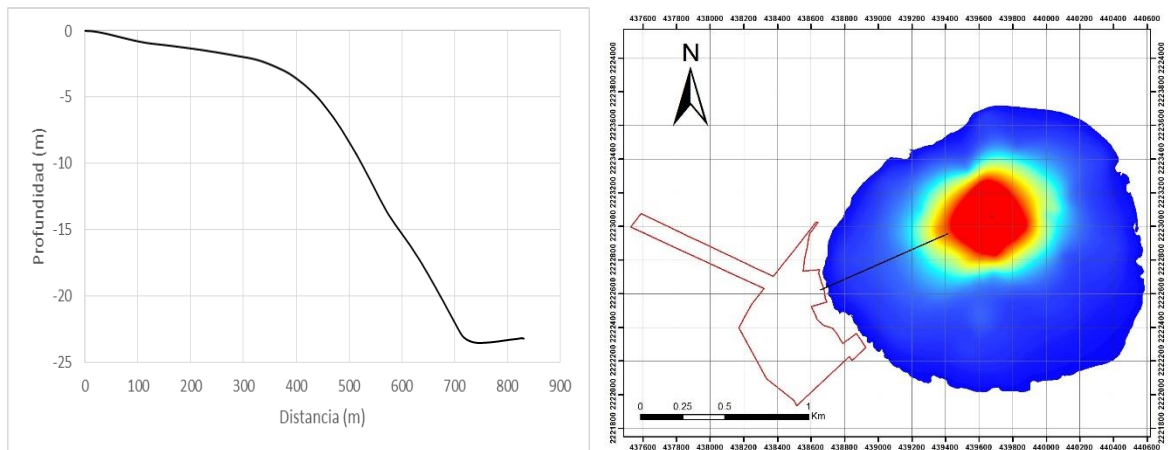


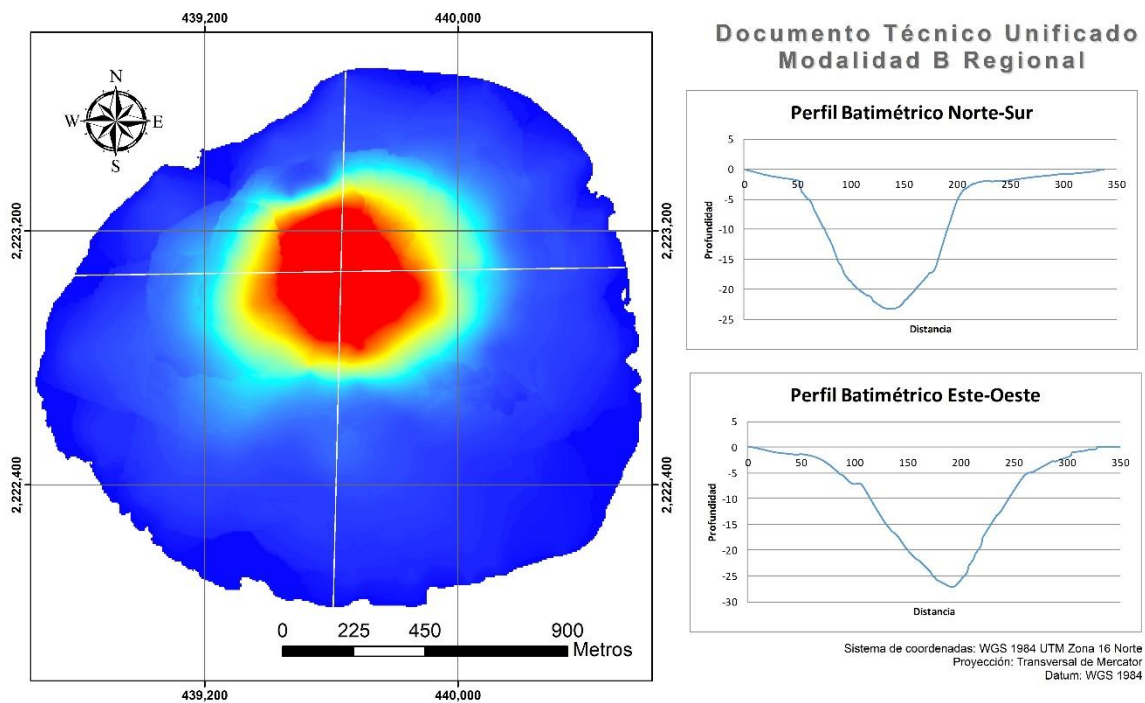
Figura IV:12. Perfil batimétrico de la Laguna Nopalitos en el frente del predio del proyecto

#### IV.2.2.3.2 Batimetría costera y/o lagunar

El 24 de abril de 2018 se realizó la batimetría de la Laguna Nopalitos, que es el cuerpo de agua que corresponde al área de influencia del proyecto. Los resultados arrojaron



profundidades de 0, en la orilla, hasta los 27 m cerca del centro de la misma. En la **Figura IV:13**, se presentan gráficamente los resultados del estudio batimétrico realizado.



**Figura IV:13.** Representación gráfica de los resultados de la batimetría realizada en la Laguna Nopalitos el 24 de abril de 2018 (fuente: elaboración propia).

#### IV.2.2.3.3 Tipo de fondos

De acuerdo a los resultados del estudio realizado y a Schmitter-Soto (1998)<sup>65</sup>, la Laguna Nopalitos presenta fondo de arena limosa, que la conforma en un cenote con azolvamiento. En la parte norte de la laguna, se presenta la roca caliza de forma inmediata en algunas y se presentan afloramientos; mientras en la parte sur del cuerpo de agua, se presenta un fondo pantanoso con material no consolidado de hasta 1 m de espesor aproximadamente.

La arena limosa, tiene una conductividad hidráulica o coeficiente de permeabilidad de  $0.001 > k > 0.00001$  cm/s, de acuerdo con Das (2015), lo que indica que es un material poco permeable, en comparación con otros, tales como la grava limpia ( $100 > k > 1$  cm/s), arena gruesa ( $1.0 > k > 0.01$  cm/s) y la arena fina ( $0.01 > k > 0.001$  cm/s). De los materiales referidos por el autor, únicamente la arcilla tiene una conductividad hidráulica menor que la arena limosa, con  $k < 0.000001$  cm/s.

<sup>65</sup> Schmitter-Soto, J. J., 1998. Catálogo de los peces continentales de Quintana Roo. San Cristóbal de las Casas: El Colegio de la Frontera Sur.

#### IV.2.2.3.4 Patrón de mareas

El concepto de marea se refiere a los cambios diarios de elevación de la superficie del océano, de acuerdo con Tarbuck et al., (2005)<sup>66</sup> y Marshak (2013)<sup>67</sup>. Es un concepto asociado a las líneas de costa, por lo que no tiene significancia para el cuerpo de agua que corresponde al área de influencia del proyecto. Los cambios en el nivel del cuerpo de agua ocurren únicamente por los cambios en la frecuencia y cantidad de precipitaciones de la zona y están asociados al incremento del nivel freático de forma estacional.

#### IV.2.2.3.5 Circulación costera y/o lagunar

El patrón de corrientes superficiales en la Laguna Nopalitos es coincidente con la dirección del viento. Por otro lado, el flujo de aguas subterráneas en la zona, es de Suroeste a Noreste (López, 1983)<sup>68</sup>.

#### IV.2.2.3.6 Transporte litoral

De acuerdo con Tarbuck, et al. (2005), el litoral es la zona que se extiende entre el nivel de la marea más baja y la mayor elevación de la tierra afectada por las olas de temporal. Es un concepto asociado a la línea de costa, es decir la línea que marca el límite entre la tierra y el mar. El transporte de litoral se refiere al movimiento de sedimentos que se da en esta zona por las corrientes litorales añadida a la deriva litoral, que es el transporte de sedimentos que sigue un modelo en zigzag a lo largo de una playa causado por la súbita elevación del agua de las olas que rompen oblicuamente. En este sentido, se concluye que el concepto de transporte litoral no es aplicable a la zona donde se ubica el predio ni al cuerpo de agua que forma parte de su área de influencia debido a su naturaleza.

La laguna Nopalitos, es un caso típico y común en zonas kársticas de una depresión o “sumidero” (cenote abierto) formado por la dilución de la roca caliza y colapso del techo o capa subyacente de una caverna, que posteriormente fue obstruida por sedimentos y derrubios de baja permeabilidad (en el caso de la arena limosa,  $0.001 > k < 0.00001$  cm/s; (Das, 2015)<sup>69</sup>). La acción disolvente del agua subterránea va minando lentamente las rocas solubles como la caliza, permitiendo la formación de depresiones superficiales denominadas dolinas, así como la creación de cavernas subterráneas. A medida que la sobrecarga se lava lentamente, se forma una cavidad. Cuando el techo de esa cavidad

---

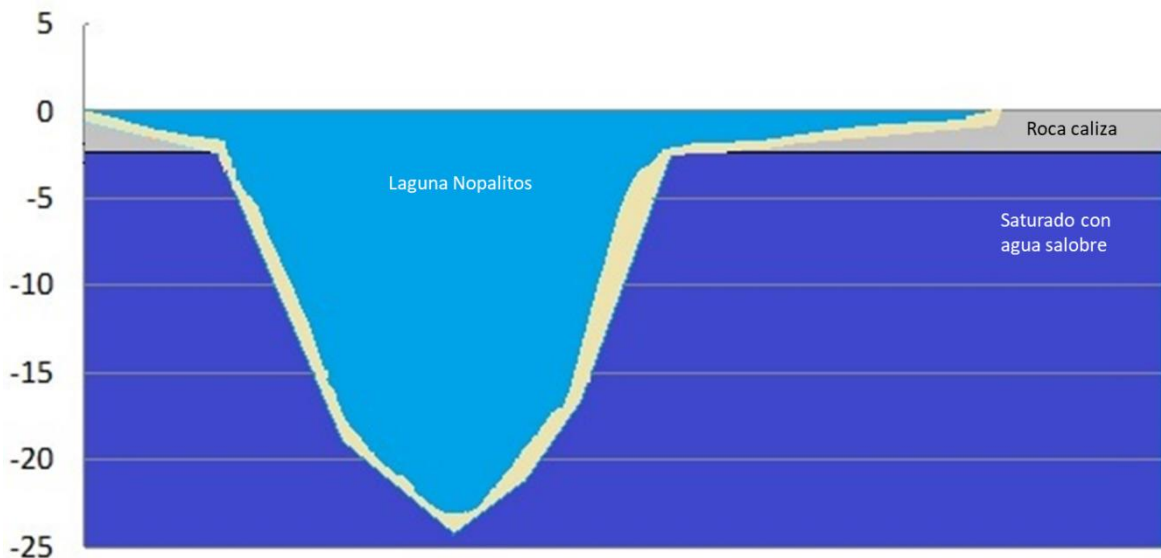
<sup>66</sup> Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K. & Tasa, D., 2005. Ciencias de la Tierra. Octava Edición., s.l.:Pearson Educación.

<sup>67</sup> Marshak, S., 2013. Escenciales of Geology, Fourth Edition. New York, London: W.W. Norton Company.

<sup>68</sup> López, A., 1983. Localización y Medio Físico. En: Sian Ka' aan. Puerto Morelos (Quintana Roo): Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología y Centro de Investigaciones de Quintana Roo, A.C., pp. 19-49.

<sup>69</sup> Das, B. M., 2015. Fundamentos de ingeniería geotécnica. Cuarta edición: Cengage Learning.

colapsa, se forma el “sumidero” (Odum, 1972), (Tarbuck, et al., 2005)<sup>70</sup> y (Marshak, 2013)<sup>71</sup>. La **Figura IV:14** muestra un esquema representativo de la hidrogeología de la laguna.



*Figura IV:14. Esquema representativo de la hidrogeología de la Laguna Nopalitos. De acuerdo con el estudio geohidrológico, el agua subterránea en el área saturada, es agua salobre.*

Las características de la Laguna Nopalitos coinciden con las de un sumidero de sufusión. Los sumideros de sufusión se forman en una cubierta de suelo no cohesivo, donde el agua de lluvia filtrante ha lavado el suelo en grietas estables y cuevas en la piedra caliza subyacente. El hundimiento lento de la superficie del suelo se produce a medida que el suelo se desploma y se deposita en sus capas superiores, mientras que se elimina desde abajo mediante el lavado en la piedra caliza subyacente: el proceso de sufusión; un sumidero puede tardar años en evolucionar en arena granular. También se conocen como sumideros de hundimiento de cubierta. Existe un continuo de procesos y morfologías entre los sumideros de deserción y sufusión, que se forman a velocidades variables en suelos que van desde arcillas cohesivas a arenas no cohesivas. Ambos procesos pueden ocurrir secuencialmente en el mismo sitio al cambiar las condiciones de lluvia y flujo, y el proceso de deserción puede considerarse como una sufusión muy rápida. Los sumideros de deserción y sufusión se describen común y sensiblemente colectivamente como sumideros de subsidencia y forman el principal peligro de sumidero en la ingeniería civil (Waltham & Fookes, 2005)<sup>72</sup>.

<sup>70</sup> Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K. & Tasa, D., 2005. Ciencias de la Tierra. Octava Edición: Pearson Educación.

<sup>71</sup> Odum, E. P., 1972. Ecología. Tercera Edición: Mc GrawHill Interamericana.

<sup>72</sup> Waltham, A. C. & Fookes, P. G., 2005. Engineering classification of karst ground conditions. Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers, 3(1), pp. 1-20.

#### IV.2.2.3.7 Índices e indicadores de la calidad del agua

En el estudio realizado por López (1983) y en lo reportado por Schmitter-Soto (1998), se obtuvieron los siguientes parámetros de la calidad del agua para la Laguna Nopalitos. El cuerpo de agua se caracteriza por ser oligotrófico, tiene un lecho calcáreo poco soluble, baja proliferación de algas y plancton y, como consecuencia de las características anteriores el agua es incolora (**Cuadro IV:3**).

*Cuadro IV:3. Indicadores de la calidad del agua en la Laguna Nopalitos*

Indicador	Valor	Fuente
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	530	(López, 1983)
pH	9.03	(López, 1983)
Salinidad	0	(López, 1983)
pH	7.6	(Schmitter-Soto, 1998)
Salinidad	1	(Schmitter-Soto, 1998)

El mismo estudio indica que existen en la zona estudiada dos acuíferos: uno de agua dulce y una zona influenciada por el agua marina con tipos dominantes de familias de agua: mezcla de agua cálcica bicarbonatada y sódico clorurada. Esto significa que el agua subterránea regional durante su viaje hacia la costa al llegar a la zona de descarga sufre una mezcla de agua del acuífero que ha disuelto carbonato de calcio en su viaje y del agua marina; y que los iones dominantes disueltos en el agua subterránea pertenecen al sodio y al cloruro presentes en el agua marina; por lo que el agua subterránea es agua de mezcla del acuífero regional y agua marina. El agua del acuífero, por lo tanto, corresponde a la mezcla mencionada anteriormente; mientras que el acuífero de agua marina es sódico clorurada en su totalidad. Con base en los resultados del índice de saturación para la calcita, aragonita y yesos se concluye que, para el caso de los dos primeros, se muestran valores positivos muy cercanos a cero, lo que significa que el agua subterránea está en equilibrio químico.

En relación a la calidad del agua subterránea, se realizó un muestreo de 10 unidades distribuidas de manera uniforme en el área de estudio. Las muestras se recolectaron en contenedores usados para la toma de muestras de cationes y aniones; fueron envases de polietileno de 1 litro. Todas las muestras se transportaron y preservaron a una temperatura de entre 4°C y 10 °C hasta la realización de su análisis (NOM-014-SAA1-1993). Las mediciones de temperatura (T), pH y conductividad eléctrica (CE) fueron tomadas en campo inmediatamente después de la colección de las muestras usando un equipo Hydrolab. Subsecuentemente, las muestras fueron analizadas en el laboratorio para determinar sus constituyentes químicos: alcalinidad total y alcalinidad a la fenolftaleína por titulación con ácido sulfúrico 0.02 N (NMX-AA-36-SCFI-2011), dureza total y dureza de calcio por titulación con EDTA (NMX-AA-072-SCFI-2001), nitratos por el método de reducción con cadmio

cuperizado (NMX-AA-079-SCFI-2001). Los resultados se presentan en el **Cuadro IV:4**, donde los valores, son expresados en mg/L, y en °C para la temperatura.

**Cuadro IV:4. Parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua subterránea.**

P	X	Y	Nitratos (NO3-)	DU-REZA	T°C	PH	FOS-FATO	CE	Nitritos (NO2-)
1	438,356.3213	2,222,259.1318	10	21	24	7.5	1.2	2,350	0.25
2	438,663.1584	2,222,282.4173	9	22	24	7.7	0.8	2,450	0.26
3	438,503.3182	2,222,105.5324	11	21	25	7.3	1	2,400	0.29
4	438,449.6095	2,222,364.5680	10	20	25	7.4	1	2,200	0.27
5	438,195.5524	2,222,736.1097	12	21	26	7.6	1.2	2,250	0.23
6	438,804.0515	2,222,228.2879	11	22	25	7.8	0.8	2,500	0.25
7	438,502.4786	2,222,581.7582	9	20	24	7.5	0.9	2,450	0.24
8	437,919.8455	2,222,879.6674	10	21	24	7.6	1.4	2,150	0.26
9	438,336.7638	2,222,485.9863	9	20	26	7.4	1.2	2,350	0.21
10	438,531.1333	2,222,802.8778	11	21	25	7.8	0.8	2,500	0.23

De acuerdo a los resultados de los Sondeos Eléctricos Verticales realizados para la zona de estudio, la capa probablemente saturada con agua, tiene una profundidad promedio de 3.5 m, con base en los espesores de las capas superiores.

#### **IV.2.2.4 Pendiente media**

En la **Figura IV:15** se presenta el mapa resultante del nivel de pendiente del sitio de estudio.

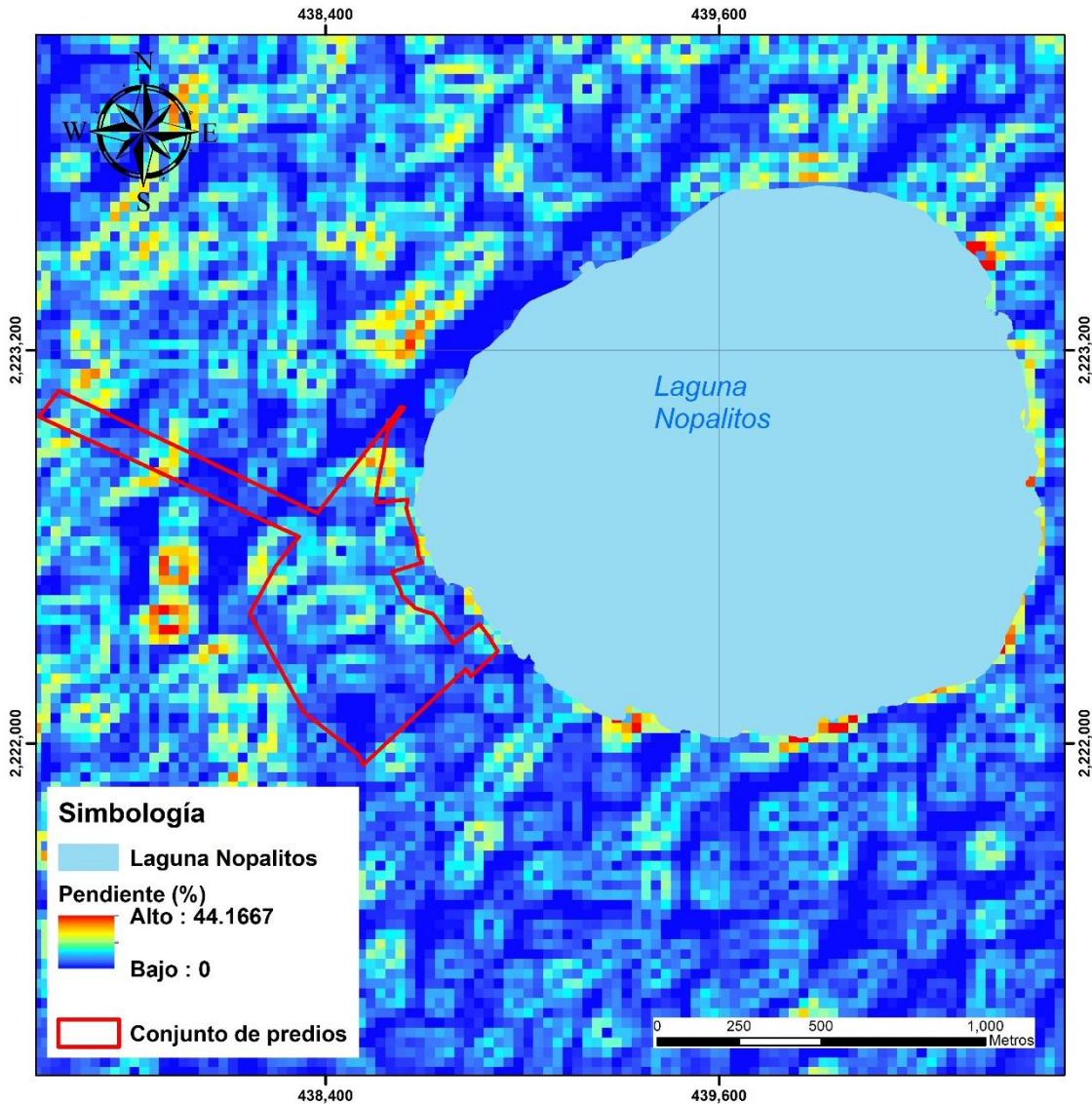


Figura IV:15. Mapa de pendientes (%) en la zona de estudio

De acuerdo con el análisis espacial realizado en la zona de estudio, la pendiente media del sitio en las condiciones actuales se encuentra entre el 0.00 y el 44.17%, con una media de 5.10% y una desviación estándar de 4.57 (Figura IV:16), lo que muestra una alta variabilidad en las pendientes del sitio, ya que se obtuvo un coeficiente de variación del 89.60%.

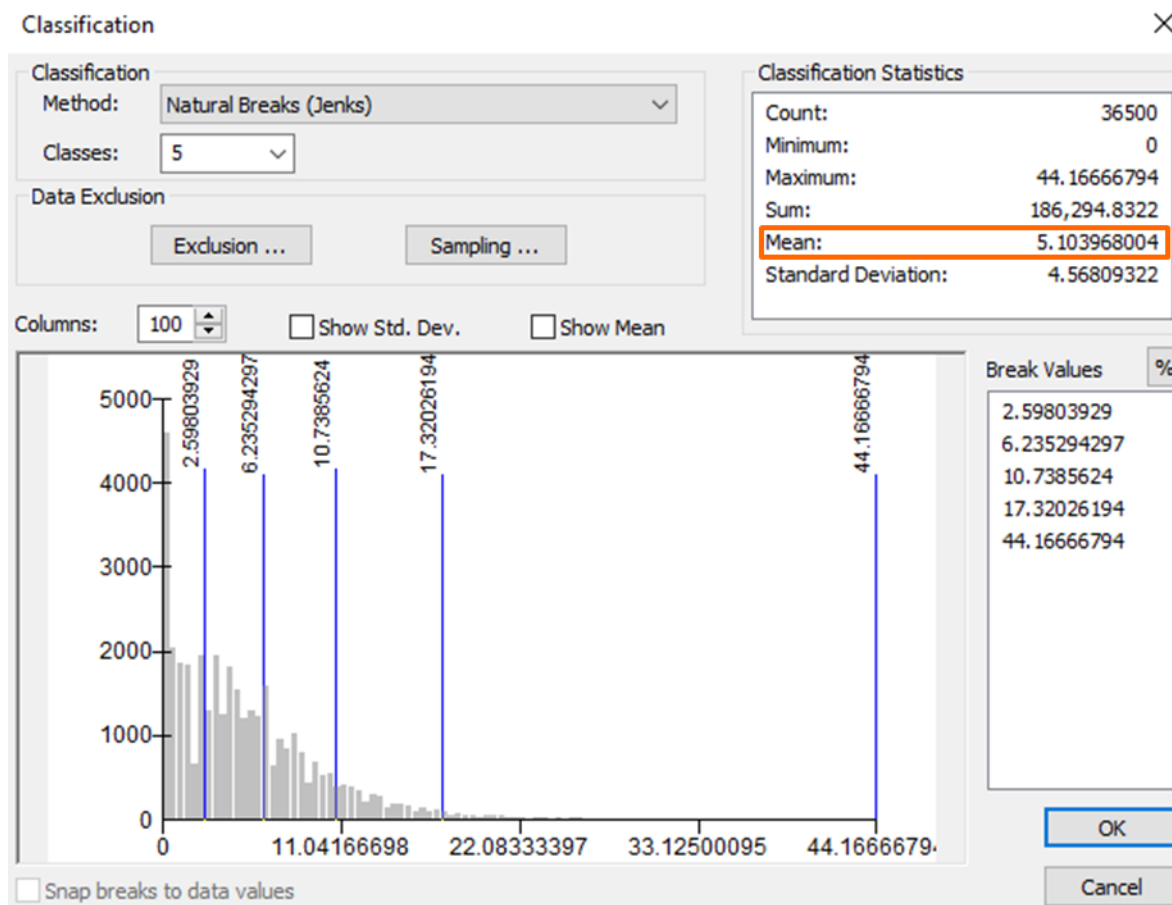


Figura IV:16. Resultados estadísticos del análisis de pendiente del sitio

#### IV.2.2.5 Suelos

En la **Figura IV:17** se muestran los tipos de suelo que existen en la microcuenca Chumpón. Estos son: litosol con textura media (I/2), solonchak mólico con textura media (Zm/2), rendzina con textura fina (E/3), gleysol mólico con textura media (Gm/2), gleysol eutrico con textura media (Ge/2), regosol calcárico con textura gruesa (Rc/1) y solonchak gleyico con textura gruesa (Zg/1).

De acuerdo con Bautista et al (2005)<sup>73</sup> y el INEGI (2010)<sup>74</sup>, los litosoles son suelos con una profundidad menor a los 10 cm; los solonchak mólicos son suelos alcalinos con alto contenido de sales en alguna capa a menos de 125 cm de profundidad y tienen una capa superficial oscura, gruesa, rica en nutrientes y con buen contenido de materia orgánica; los

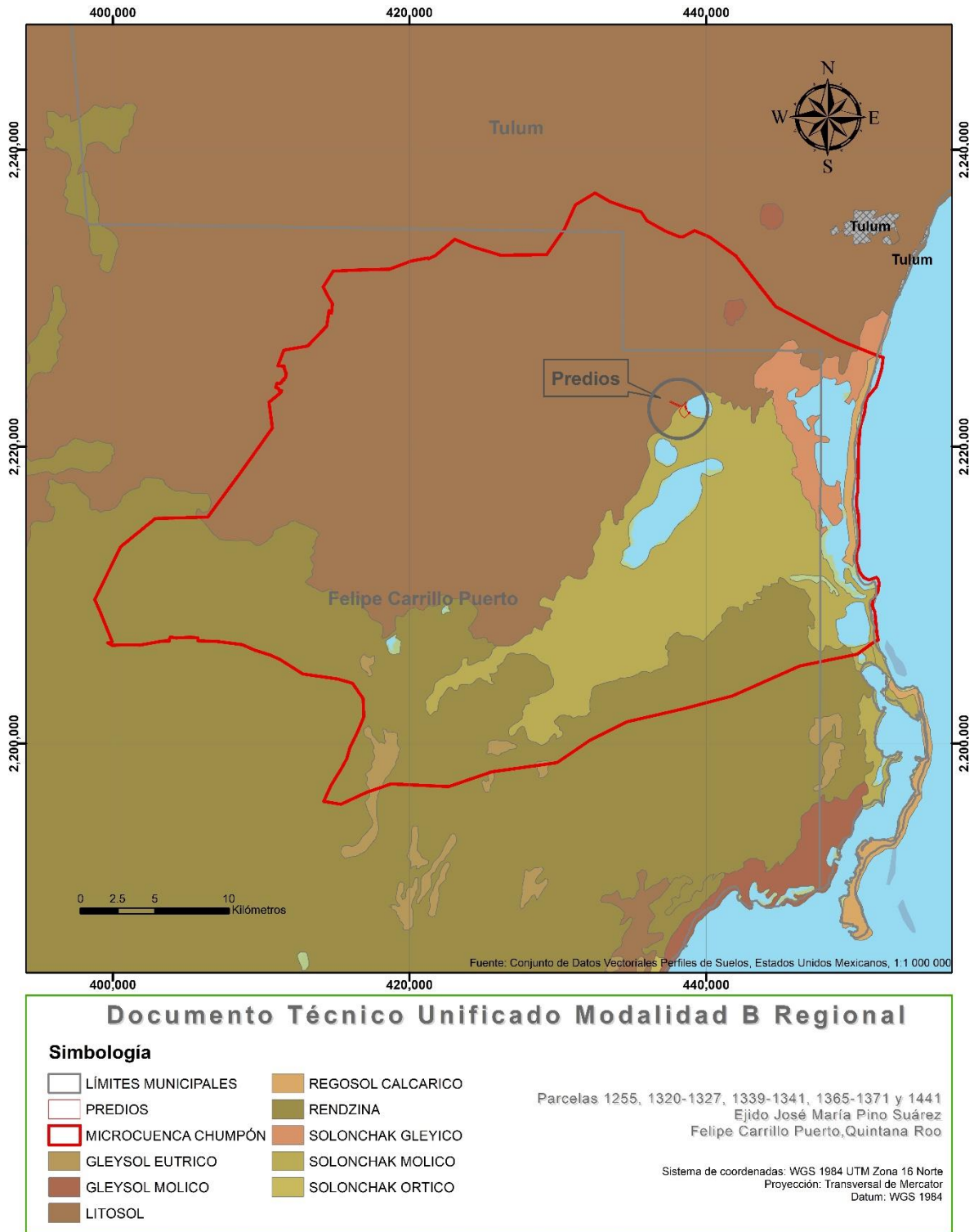
<sup>73</sup> Bautista, F., Palma-López, D. & Huchin-Malta, W., 2005. Actualización de la clasificación de los suelos en el Estado de Yucatán. En: F. Bautista & G. Palacio, edits. Caracterización y Manejo de los Suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. Mérida (Yucatán): Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán, Instituto Nacional de Ecología, pp. 105-122.

<sup>74</sup> Instituto Nacional de Estadística, G. e. I., 2010. Diccionario de Datos Edafológicos escala 1:1000000

suelos rendzinas son suelos someros (menos de 50 cm de profundidad) con una capa superficial abundante en humedad y muy fértil (horizonte mólico) que descansa sobre roca caliza o algún material rico en cal (más del 40%) y generalmente son arcillosos); los suelos de tipo gleysol son suelos pantanosos o inundados a menos de 50 cm de profundidad la mayor parte, el gleysol mólico tiene una capa superficial oscura, fértil, suave y rica en materia orgánica y el gleysol eutrico tiene un subsuelo rico o muy rico en nutrientes; los suelos de tipo regosol son suelos que no presentan diferenciación entre horizontes, sin estructura y de textura variable, muy parecidos a la roca madre el, el regosol calcárico tiene algo de cal a menos de 50 cm de profundidad. El solonchak gleyco es un solonchak con un subsuelo de varios colores. Esta propiedad es posiblemente causada por la inundación del suelo en alguna parte de la mayoría de los años.

En el predio se pueden observar suelos de tipo Litosol en la vegetación de selva mediana subperennifolia y Solochak mólico, que coincide con el tipo de vegetación de marisma de zacate.





*Figura IV:17. Tipos de suelos en la microcuenca Chumpón.*

#### IV.2.2.6 Agua

El área definida como sistema ambiental se ubica en la Región Hidrológica 33, denominada Yucatán Este; se localiza dentro de la cuenca denominada “Cuenclas Cerradas B” y a su vez en la Subcuenca Chunyaxché-Santa Amalia.

La microcuenca cuenta con una zona de material consolidado con posibilidades altas de conformar un acuífero, una zona material consolidado con posibilidades bajas y una zona de material no consolidado con posibilidades bajas

El área de estudio se encuentra dentro de la zona de captación hídrica de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka’an caracterizada en el aspecto hidrológico por Gondwe, et al. (2010)<sup>75</sup>. Según este autor, la zona se caracteriza por la presencia de lagunas interiores, así como selvas y marismas inundadas de forma estacional, a diferencia de la altamente permeable geología del norte la Península de Yucatán. El relieve de esta zona es variable; es plano en la parte norte y en la costa, con elevaciones entre 0 y 20 metros sobre el nivel medio del mar (msnmm), mientras la parte suroeste tiene un relieve ondulado con una geomorfología cono-kárstica, llamada zona de colinas con elevaciones de 50 a 340 msnmm. Entre estas dos zonas hay una zona de transición con un relieve moderadamente ondulado (20-50 msnmm). La zona plana y la zona de transición se encuentran influenciadas por la intrusión salina y el agua dulce puede conceptualizarse como un lente de tipo Dupuit-Ghyben-Herzberg. La microcuenca Chumpón se localiza en la parte plana de esta región, con elevaciones que no sobrepasan los 21 msnmm.

López (1983), reporta resultados de calidad del agua de las lagunas Chunyaxché, Muyil y Nopalitos. Un determinante es la presencia de carbonatos y bicarbonatos disueltos. Por los resultados obtenidos, se concluye que las aguas en los tres cuerpos son muy duras (>300 mg/L CaCO<sub>3</sub>), citado por Julián-Soto (2010)<sup>76</sup>, ligeramente básicas (pH>7) y dulces (de baja salinidad). También se caracterizan por ser oligotróficas, tienen un lecho calcáreo poco soluble, baja proliferación de algas y plancton y, como consecuencia de las características anteriores son incoloras. Asimismo, Schmitter-Soto, (1998), reporta resultados de los tres cuerpos de agua, incluyendo el tipo de sedimento en cada laguna (**Cuadro IV:5**).

*Cuadro IV:5. Calidad del agua en las tres principales lagunas interiores de la microcuenca Chumpón.*

Laguna	Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	pH	Salinidad (%)	pH	Salinidad (‰)	Fondo
	(López, 1983)			(Schmitter-Soto, 1998)		

<sup>75</sup> Gondwe, B. R. y otros, 2010. Hydrogeology of the south-eastern Yucatan Peninsula: new insights from water level measurements, geochemistry, geophysics and remote sensing. Journal of Hydrology, 389(1-2), pp. 1-17

<sup>76</sup> Julián-Soto, F., 2010. La dureza del agua como indicador básico de la presencia de incrustaciones en instalaciones domésticas sanitarias. Ingeniería, investigación y tecnología, 11(2), pp. 167-177.

Laguna	Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	pH	Salinidad (%)	pH	Salinidad (‰)	Fondo
Chunyanxché	380	9.81	2	7.8	18	Arena limosa
Muyil	580	8.24	0	7	1	Limo-arcilloso
Nopalitos	530	9.03	0	7.6	1	Arena limosa

De acuerdo al estudio realizado por López (1983) los flujos en la región van en dirección Suroeste-Noreste, lo cual coincide con el mapa de consenso a escala regional de la dirección de flujo de aguas subterráneas construido por la organización Amigos de Sian Ka'an, citado por Marín, et al. (2011)<sup>77</sup>, en el área que corresponde a la región caracterizada en la Sinopsis Geo hidrológica de la Comisión Nacional del Agua de 1989. En este mapa (**Figura IV:18**), puede observarse que el área donde se ubica el proyecto se encuentra en una zona donde el flujo se da en dirección SO-NE, marcada por las líneas verdes, de acuerdo con la sinopsis geohidrológica de la CNA de 1969. Esto concuerda con los resultados del estudio geohidrológico realizado para el área del predio a una mayor escala.

---

<sup>77</sup> Marín, L., Merediz, G. & Rebolledo-Vieyra, M., 2011. Review: The Yucatán Peninsula karst aquifer, Hydrogeology Journal, Volumen 19, p. 507–524.

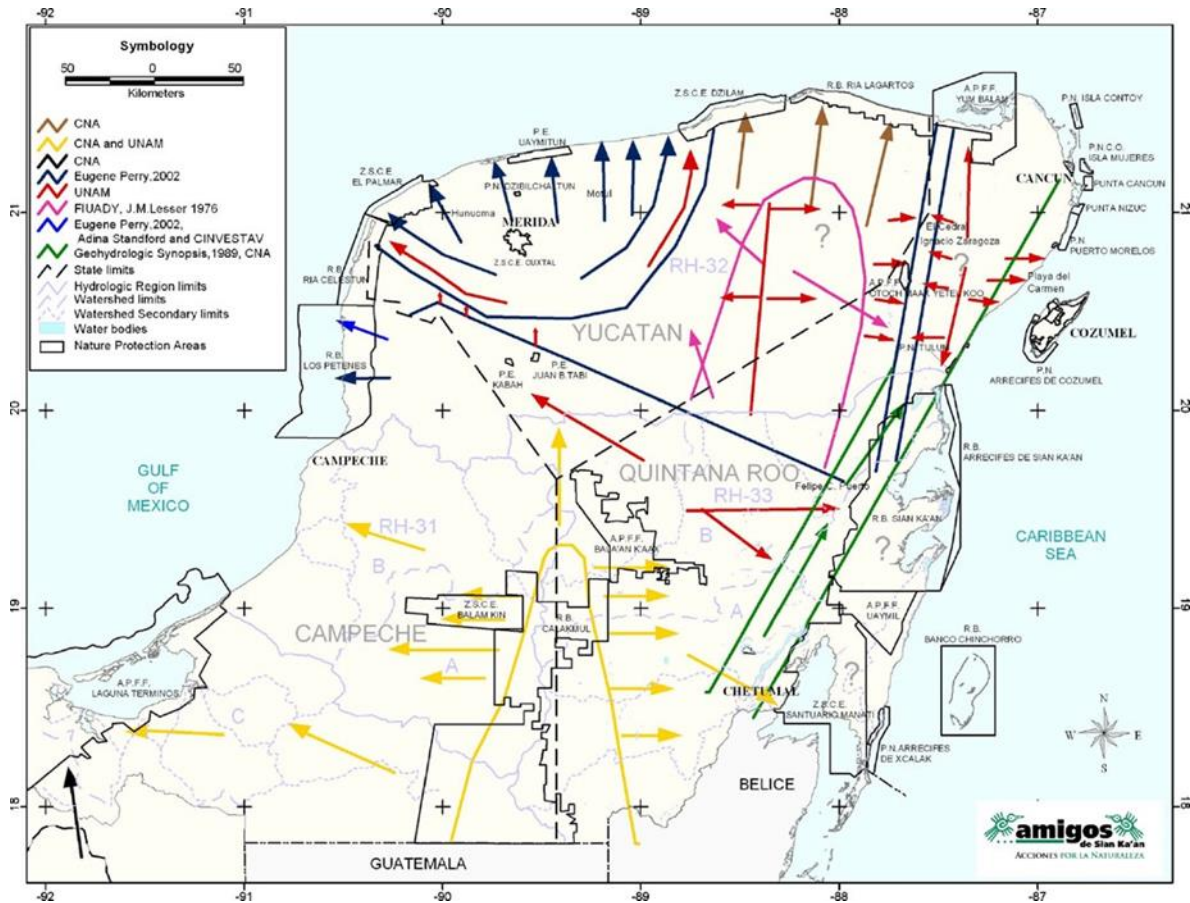


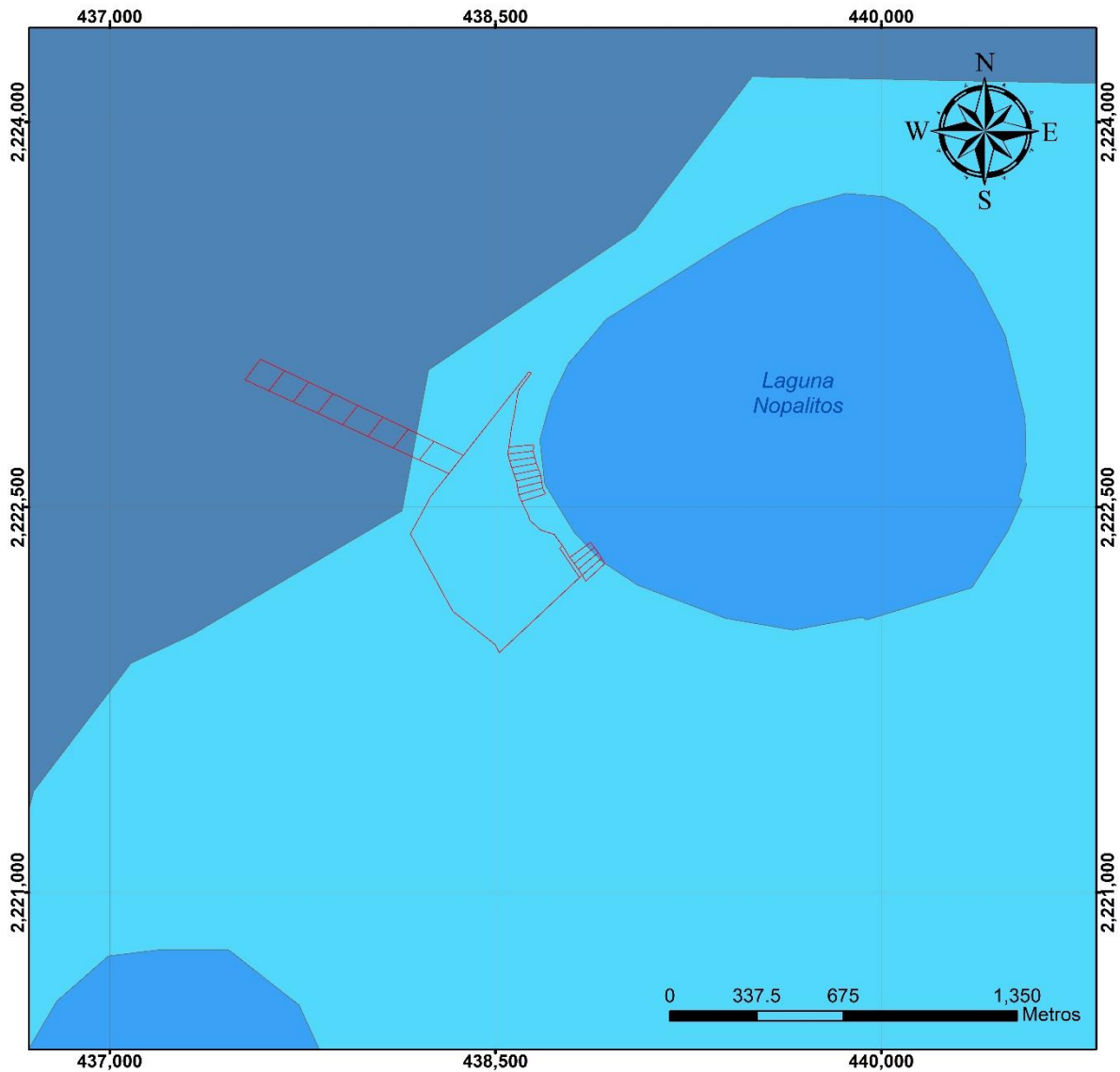
Figura IV:18. Mapa de consenso de flujos de agua subterránea de la Península de Yucatán. Fuente: Amigos de Sian Ka'an (2003)<sup>78</sup>

Como se mencionó previamente la microcuenca cuenta lagunas interiores, siendo las más importantes la Laguna Chunyaxché, la Laguna Muyil y la Laguna Nopalitos. Estas lagunas son cenotes azolvados de origen coluvial (López, 1983). Además, cuenta con lagunas costeras formadas por islas de barrera paralelas al Mar Caribe, que son la Laguna Bocapaila y la Laguna Campechén.

#### IV.2.2.7 Hidrología superficial en el área del predio.

El predio se encuentra en una zona caracterizada por tener coeficientes de 0 al 5% y en una zona con coeficientes de escurrimiento del 10 al 20% como se muestra en la **Figura IV:19**.

<sup>78</sup> Amigos de Sian Ka'an (2003) Tratamiento de Aguas Residuales: construyendo las Bases Para la Conservación del Agua y su Biodiversidad Asociada en la Península de Yucatan [Wastewater treatment: constructing the basis for the conservation of water and the associated biodiversity on the Yucatan Peninsula]. CD-ROM, Amigos de Sian Ka'an, The Nature Conservancy and la Comisión de Áreas Naturales Protegidas, Cancún, Quintana Roo, Mexico.



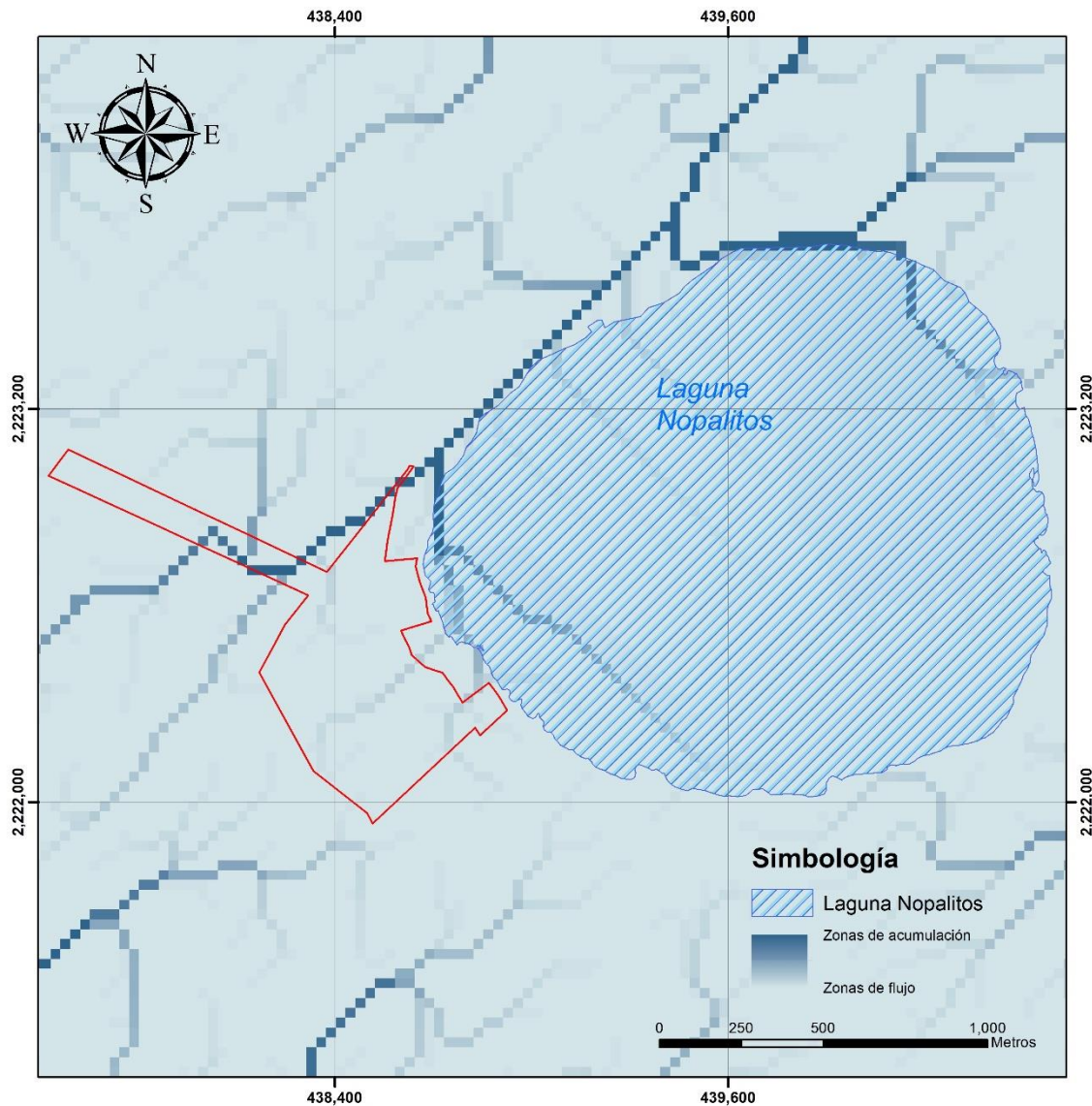
*Figura IV:19. Hidrología superficial en la zona del proyecto.*

#### ***IV.2.2.8 Hidrografía del área de influencia inmediata del predio***

La laguna Nopalitos, frente a la cual se encuentra el predio, se encuentra a 16 km al suroeste de la localidad de Tulum, en la coordenada de referencia (439,892.69 E, 2,223,634.72 N), tiene una salinidad de 1 ‰ y un pH de 7.6. Durante las lluvias se comunica con la laguna Chunyaxché Grande y Campechén, tiene fondo de arena limosa (Schmitter-Soto, 1998). Los datos reportados por López (1983), que corresponden a diciembre de 1982, indican una dureza de 530 mg/L CaCO<sub>3</sub>, un pH de 9.03 y una salinidad del 0 %. De acuerdo al estudio batimétrico realizado el 24 de abril de 2018 profundidades entre los 0 y los 27 m. En el apartado número **IV.3.1.4.2**, referente al estudio batimétrico realizado en la laguna, se detallan los resultados obtenidos.

La Laguna Nopalitos tiene un ancho máximo de aproximadamente 1,900 m en dirección Oeste-Este y de 1,670 m en dirección Norte-Sur y tiene una superficie aproximada de 246.26 Ha. El volumen de agua es de 10,430,293.53 m<sup>3</sup> aproximadamente.

En relación a la hidrología superficial en la zona de estudio, dado el escaso gradiente altitudinal y por consiguiente el bajo gradiente en la pendiente, el flujo hidrológico superficial en el predio, únicamente puede ser perceptible a través de su modelación en el sistema de información geográfica, utilizando como base el modelo digital de elevación obtenido de datos SRMT (Misión de Topografía por Radar del Traslador Espacial, por sus siglas en inglés) con resolución espacial de 30 m. En dicha modelación se observan los flujos de acumulación distribuidos en la mayoría de la superficie del predio como se observa en la **Figura IV:20**, donde se muestra que los flujos van en dirección Suroeste-Noreste.



*Figura IV:20. Flujo superficial del predio y sus alrededores. Fuente: Elaboración propia a partir de la modelación con la extensión Hydrology/Spatial Analyst del software ArcGIS 10.5.*

#### **IV.2.2.9 Aire**

El registro y análisis de información de base de este componente es importante para proyectos que generen emisiones que alteren su calidad. El tipo de proyecto que ocasiona impactos a este componente son comúnmente centrales termoeléctricas, algunos tipos de minas, obras de extracción de hidrocarburos, sistemas de carreteras, entre otros. Por la naturaleza del proyecto, y debido a que éste no generará emisiones que alteren significativamente la calidad del aire, este componente no será descrito con detalle en el presente DTU-B.

## IV.2.3 Medio biótico

### IV.2.3.1 Vegetación

#### IV.2.3.1.1 Vegetación en el SAR

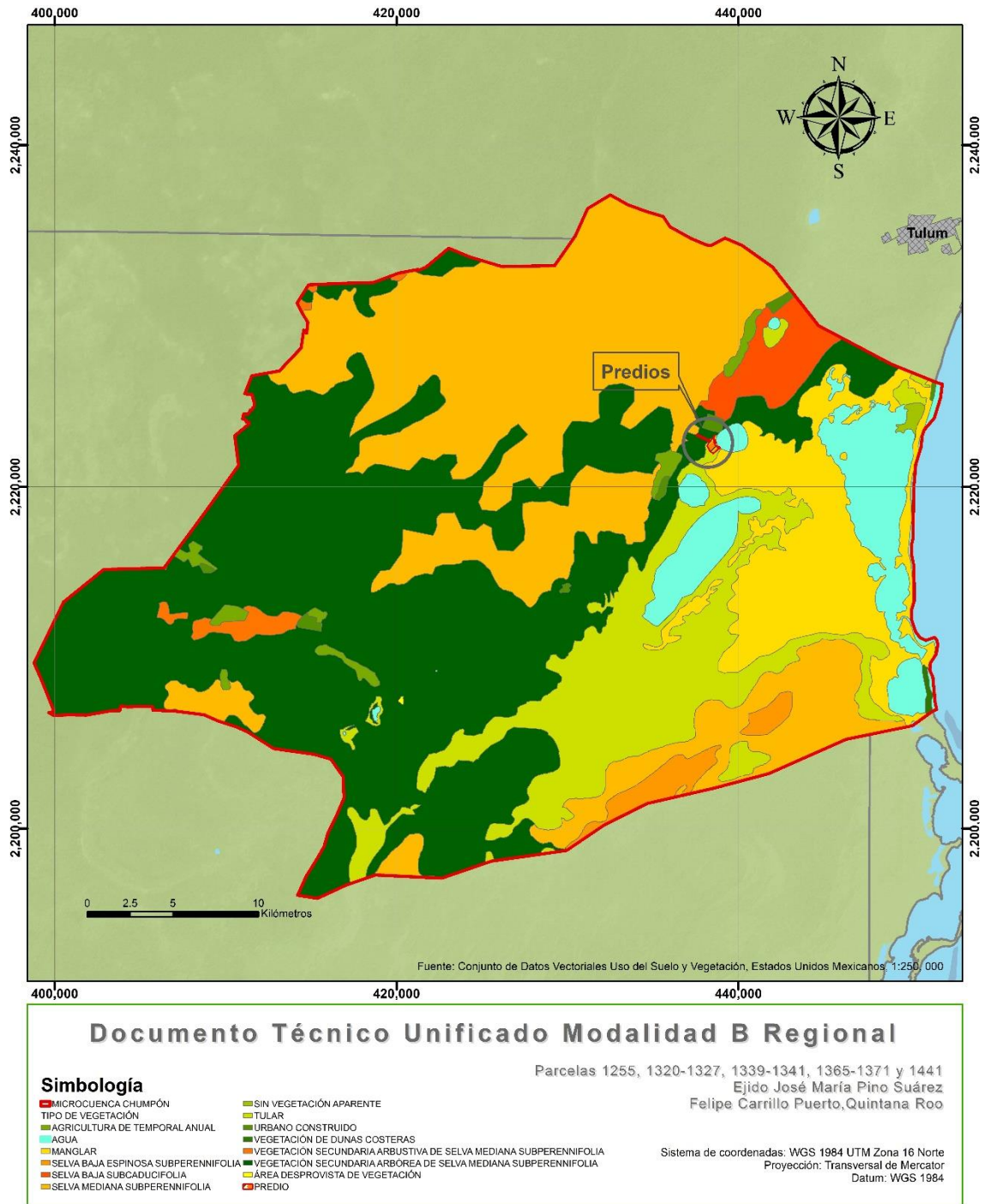
##### IV.2.3.1.1.1 Tipos de vegetación

De acuerdo a la Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI del INEGI (2017), el área de estudio presenta los siguientes tipos de vegetación (**Cuadro IV:6** y **Figura IV:21**). Sin embargo, en aquellas zonas que están señaladas como “tular” en la carta de uso del suelo del INEGI, en realidad existe un tipo de vegetación distinto: las marismas de zacates, las cuales ocupan grandes extensiones al sur y al norte de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka’an, así como en toda la franja costera, entre los manglares y las selvas interiores. La mayoría de estos zacatales tienen agua dulce y rara vez pueden tener una baja salinidad. Se dan sobre suelos margosos o sobre turberas en zonas inundables donde el agua se estanca o fluye muy lentamente. Asimismo, se presentan agrupaciones dispersas de tasiste (*Acoelorrhaphe wrightii*) en zonas ligeramente más elevadas. Aunque frecuentemente inundadas, entre marismas de zacates, y sobre todo formando una franja ecotonal en la parte posterior de las marismas o entre las selvas secas y las inundables, pudiendo formar “islotas” monoespecíficas sobre manchas de suelos oscuros, pero en zonas donde es frecuente suele agruparse con otras especies tolerantes a la inundación y ligeramente halófitas, tales como *Acrostichum danaeafolium*, *Bucida espinosa*, *Cladium jamaicense*, *Conocarpus erectus*, *Dalbergia glabra*, *Chrysobalanus icaco* y *Thrinax radiata* (Olmsted, et al., 1983).

**Cuadro IV:6. Tipos de uso del suelo y vegetación en la microcuenca Chumpón.**

Descripción	Área (Ha)	%
Agricultura de temporal anual	1,080.70	0.81
Agua	7,472.00	5.61
Área desprovista de vegetación	10.48	0.01
Manglar	10,922.96	8.20
Selva baja espinosa subperennifolia	1,567.36	1.18
Selva baja subcaducifolia	2,453.15	1.84
Selva mediana subperennifolia	39,372.65	29.56
Sin vegetación aparente	163.52	0.12
Tular	15,569.60	11.69
Urbano construido	418.13	0.31
Vegetación de dunas costeras	90.03	0.07
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	53,197.39	39.94
Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia	876.47	0.66
<b>Total</b>	<b>133,194.42</b>	<b>100.00</b>





*Figura IV:21. Tipos de vegetación en la microcuenca Chumpón según el INEGI (2017).*

#### *IV.2.3.1.1.2 Justificación del tamaño de la muestra*

Para el inventario de la diversidad florística, a menudo resulta poco práctico reportar la totalidad de las especies presentes en un área determinada, y la riqueza de especies la principal variable descriptiva de la biodiversidad.

Por ello, para evaluar este componente, se utilizaron curvas de acumulación de especies, en las que se representa el número de especies acumulado en el inventario, frente al esfuerzo de muestreo empleado. El cómputo de las curvas se realizó mediante el software EstimateS<sup>®</sup>. Esta herramienta es una metodología útil para estandarizar las estimas de riqueza obtenidas en distintos trabajos de inventariado. Además, permiten obtener resultados más fiables en los análisis posteriores y comparar inventarios en los que se han empleado distintas metodologías y/o diferentes niveles de esfuerzo (Jiménez & Hortal, 2003)<sup>79</sup>.

El método empleado se basa en el principio de que, una de las características generales de las comunidades ecológicas, es que el número de especies en las mismas se acumula con el incremento del esfuerzo de muestreo p.e. área muestreada, número de sitios o incluso días u horas-hombre empleados para el muestreo [Ugland, et al. (2003)<sup>80</sup> y Soberon & Llorente (1993)<sup>81</sup>].

Para hacer una correcta cuantificación del número de especies en la microcuenca de estudio, se diseñó una curva de acumulación de especies para la zona, utilizando los datos obtenidos del sistema GBIF ( (Global Biodiversity Information Facility, 2019)), los cuales, tras un cuidadoso filtrado y agrupamiento de acuerdo a la proximidad de las coordenadas de ubicación de los sitios de registro, se obtuvieron 62 sitios dentro de la microcuenca Chumpón y se realizó la estimación extrapolada para 124 sitios; es decir con un factor de extrapolación de 2. En este análisis, se determinó que el número total de especies cuantificadas en los registros del GBIF, es suficiente para hacer una estimación de la riqueza total de la microcuenca. La curva de acumulación de especies resultante, se puede observar en la **Figura IV:22**. Los resultados indicaron que el número probable de especies en la microcuenca es de 865, en un intervalo entre 814 y 910 con un nivel de confianza del 95%.

---

<sup>79</sup> Jiménez, V. A., Hortal, J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. Revista Ibérica de arcnología. Pp 151-161.

<sup>80</sup> Ugland, K. I., Gray, J. S., & Ellingsen, K. E. (2003). The species–accumulation curve and estimation of species richness. *Journal of Animal Ecology*, 72(5), 888-897.

<sup>81</sup> SoberónM, J., & LlorenteB, J. (1993). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation biology*, 7(3), 480-488.

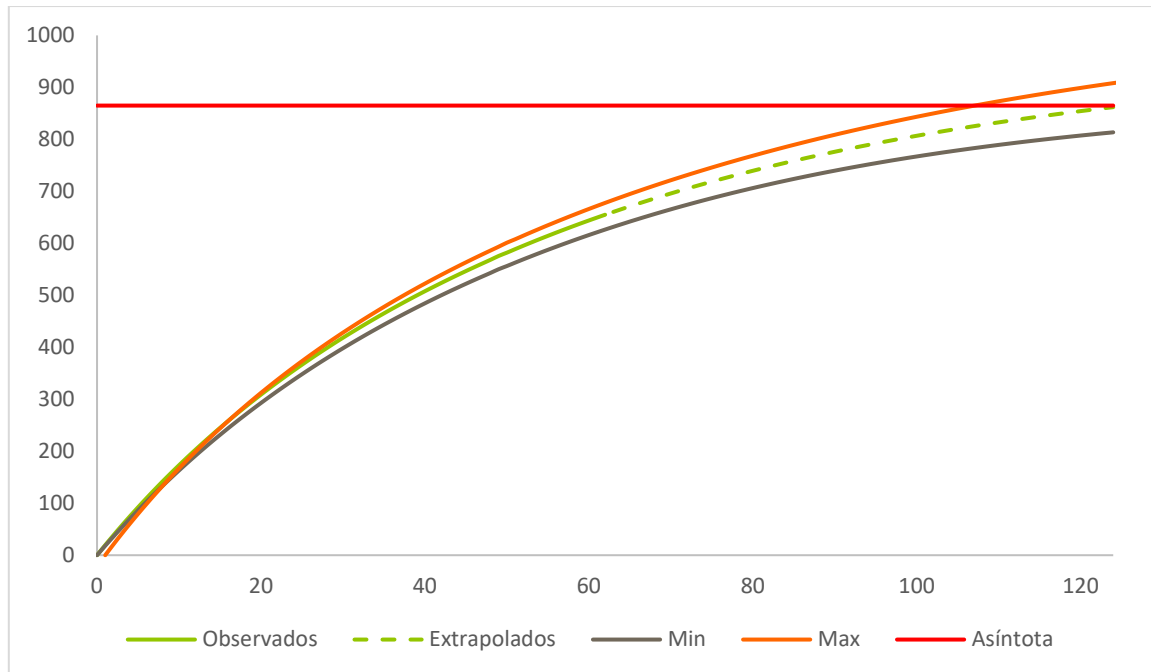


Figura IV:22. Curva de acumulación de especies de flora para la microcuenca Chumpón.

#### IV.2.3.1.1.3 Riqueza florística

La riqueza total encontrada de acuerdo a los datos del GBIF (2019) fue de 655 especies, distribuidas en 406 géneros y 111 familias, las cuales se enlistan en el **Cuadro IV:7**.

**Cuadro IV:7. Lista de especies encontradas en la vegetación de selva mediana subperennifolia fuera de los predios**

ID	Familia	Género	Especie	Nombre científico
1	Malvaceae	Abutilon	permolle	<i>Abutilon permolle</i>
2	Malvaceae	Abutilon	trisulcatum	<i>Abutilon trisulcatum</i>
3	Fabaceae	Acacia	cedilloi	<i>Acacia cedilloi</i>
4	Fabaceae	Acacia	collinsii	<i>Acacia collinsii</i>
5	Fabaceae	Acacia	dolichostachya	<i>Acacia dolichostachya</i>
6	Fabaceae	Acacia	gaumeri	<i>Acacia gaumeri</i>
7	Fabaceae	Acacia	globulifera	<i>Acacia globulifera</i>
8	Fabaceae	Acacia	pennatula	<i>Acacia pennatula</i>
9	Arecaceae	Acoelorrhaphe	wrightii	<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>
10	Pteridaceae	Acrostichum	danaeifolium	<i>Acrostichum danaeifolium</i>
11	Acrosymphytaceae	Acrosymphyton	caribaeum	<i>Acrosymphyton caribaeum</i>
12	Euphorbiaceae	Adelia	barbinervis	<i>Adelia barbinervis</i>
13	Pteridaceae	Adiantum	tenerum	<i>Adiantum tenerum</i>
14	Pteridaceae	Adiantum	tricholepis	<i>Adiantum tricholepis</i>
15	Bromeliaceae	Aechmea	bracteata	<i>Aechmea bracteata</i>
16	Asparagaceae	Agave	angustifolia	<i>Agave angustifolia</i>
17	Asteraceae	Ageratum	littorale	<i>Ageratum littorale</i>

ID	Familia	Género	Especie	Nombre científico
18	Asteraceae	Ageratum	maritimum	<i>Ageratum maritimum</i>
19	Fabaceae	Albizia	niopoides	<i>Albizia niopoides</i>
20	Fabaceae	Albizia	tomentosa	<i>Albizia tomentosa</i>
21	Sapindaceae	Allophylus	cominia	<i>Allophylus cominia</i>
22	Rubiaceae	Alseis	yucatanensis	<i>Alseis yucatanensis</i>
23	Amaranthaceae	Alternanthera	flavescens	<i>Alternanthera flavescens</i>
24	Amaranthaceae	Alternanthera	ramosissima	<i>Alternanthera ramosissima</i>
25	Picramniaceae	Alvaradoa	amorphoides	<i>Alvaradoa amorphoides</i>
26	Amaranthaceae	Amaranthus	dubius	<i>Amaranthus dubius</i>
27	Asteraceae	Ambrosia	hispida	<i>Ambrosia hispida</i>
28	Bignoniaceae	Amphilophium	paniculatum	<i>Amphilophium paniculatum</i>
29	Rutaceae	Amyris	elemifera	<i>Amyris elemifera</i>
30	Bromeliaceae	Ananas	comosus	<i>Ananas comosus</i>
31	Anemiaceae	Anemia	adiantifolia	<i>Anemia adiantifolia</i>
32	Annonaceae	Annona	glabra	<i>Annona glabra</i>
33	Annonaceae	Annona	squamosa	<i>Annona squamosa</i>
34	Malvaceae	Anoda	cristata	<i>Anoda cristata</i>
35	Fabaceae	Apoplanesia	paniculata	<i>Apoplanesia paniculata</i>
36	Primulaceae	Ardisia	escallonioides	<i>Ardisia escallonioides</i>
37	Euphorbiaceae	Argythamnia	lundellii	<i>Argythamnia lundellii</i>
38	Aristolochiaceae	Aristolochia	pentandra	<i>Aristolochia pentandra</i>
39	Apocynaceae	Asclepias	curassavica	<i>Asclepias curassavica</i>
40	Rubiaceae	Asemnantha	pubescens	<i>Asemnantha pubescens</i>
41	Phyllanthaceae	Astrocasia	tremula	<i>Astrocasia tremula</i>
42	Anacardiaceae	Astronium	graveolens	<i>Astronium graveolens</i>
43	Fabaceae	Ateleia	cubensis	<i>Ateleia cubensis</i>
44	Fabaceae	Ateleia	gummifera	<i>Ateleia gummifera</i>
45	Acanthaceae	Avicennia	germinans	<i>Avicennia germinans</i>
46	Malvaceae	Ayenia	pusilla	<i>Ayenia pusilla</i>
47	Asteraceae	Baccharis	dioica	<i>Baccharis dioica</i>
48	Asteraceae	Baccharis	heterophylla	<i>Baccharis heterophylla</i>
49	Malvaceae	Bakeridesia	gaumeri	<i>Bakeridesia gaumeri</i>
50	Malvaceae	Bastardia	viscosa	<i>Bastardia viscosa</i>
51	Fabaceae	Bauhinia	divaricata	<i>Bauhinia divaricata</i>
52	Fabaceae	Bauhinia	herreriae	<i>Bauhinia herreriae</i>
53	Fabaceae	Bauhinia	jenningsii	<i>Bauhinia jenningsii</i>
54	Asteraceae	Bidens	pilosa	<i>Bidens pilosa</i>
55	Chaetosiphonaceae	Blastophysa	rhizopus	<i>Blastophysa rhizopus</i>
56	Apocynaceae	Blepharodon	mucronatum	<i>Blepharodon mucronatum</i>
57	Orchidaceae	Bletia	purpurea	<i>Bletia purpurea</i>
58	Nyctaginaceae	Boerhavia	caribaea	<i>Boerhavia caribaea</i>
59	Nyctaginaceae	Boerhavia	coccinea	<i>Boerhavia coccinea</i>

ID	Familia	Género	Especie	Nombre científico
60	Primulaceae	Bonellia	flammea	<i>Bonellia flammea</i>
61	Primulaceae	Bonellia	macrocarpa	<i>Bonellia macrocarpa</i>
62	Rubiaceae	Borreria	verticillata	<i>Borreria verticillata</i>
63	Asteraceae	Borrichia	arborescens	<i>Borrichia arborescens</i>
64	Asteraceae	Borrichia	frutescens	<i>Borrichia frutescens</i>
65	Ehretiaceae	Bourreria	pulchra	<i>Bourreria pulchra</i>
66	Poaceae	Brachiaria	fasciculata	<i>Brachiaria fasciculata</i>
67	Orchidaceae	Brassavola	venosa	<i>Brassavola venosa</i>
68	Acanthaceae	Bravaisia	berlandieriana	<i>Bravaisia berlandieriana</i>
69	Acanthaceae	Bravaisia	tubiflora	<i>Bravaisia tubiflora</i>
70	Bromeliaceae	Bromelia	pinguin	<i>Bromelia pinguin</i>
71	Moraceae	Brosimum	alicastrum	<i>Brosimum alicastrum</i>
72	Combretaceae	Bucida	macrostachya	<i>Bucida macrostachya</i>
73	Combretaceae	Bucida	spinosa	<i>Bucida spinosa</i>
74	Malpighiaceae	Bunchosia	lanceolata	<i>Bunchosia lanceolata</i>
75	Malpighiaceae	Bunchosia	lindeniana	<i>Bunchosia lindeniana</i>
76	Malpighiaceae	Bunchosia	swartziana	<i>Bunchosia swartziana</i>
77	Burseraceae	Bursera	simaruba	<i>Bursera simaruba</i>
78	Buxaceae	Buxus	bartlettii	<i>Buxus bartlettii</i>
79	Malpighiaceae	Byrsonima	bucidifolia	<i>Byrsonima bucidifolia</i>
80	Malpighiaceae	Byrsonima	crassifolia	<i>Byrsonima crassifolia</i>
81	Malvaceae	Byttneria	aculeata	<i>Byttneria aculeata</i>
82	Fabaceae	Caesalpinia	bonduc	<i>Caesalpinia bonduc</i>
83	Fabaceae	Caesalpinia	crista	<i>Caesalpinia crista</i>
84	Fabaceae	Caesalpinia	gaumeri	<i>Caesalpinia gaumeri</i>
85	Fabaceae	Caesalpinia	mexicana	<i>Caesalpinia mexicana</i>
86	Fabaceae	Caesalpinia	mollis	<i>Caesalpinia mollis</i>
87	Fabaceae	Caesalpinia	pulcherrima	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>
88	Fabaceae	Caesalpinia	violacea	<i>Caesalpinia violacea</i>
89	Fabaceae	Caesalpinia	yucatanensis	<i>Caesalpinia yucatanensis</i>
90	Brassicaceae	Cakile	edentula	<i>Cakile edentula</i>
91	Brassicaceae	Cakile	lanceolata	<i>Cakile lanceolata</i>
92	Asteraceae	Calea	jamaicensis	<i>Calea jamaicensis</i>
93	Asteraceae	Calea	trichotoma	<i>Calea trichotoma</i>
94	Fabaceae	Calliandra	belizensis	<i>Calliandra belizensis</i>
95	Lamiaceae	Callicarpa	acuminata	<i>Callicarpa acuminata</i>
96	Myrtaceae	Calyptanthus	pallens	<i>Calyptanthus pallens</i>
97	Apocynaceae	Cameraria	latifolia	<i>Cameraria latifolia</i>
98	Fabaceae	Canavalia	rosea	<i>Canavalia rosea</i>
99	Cannaceae	Canna	edulis	<i>Canna edulis</i>
100	Cannaceae	Canna	indica	<i>Canna indica</i>
101	Capparaceae	Capparis	incana	<i>Capparis incana</i>

ID	Familia	Género	Especie	Nombre científico
102	Scrophulariaceae	Capraria	biflora	<i>Capraria biflora</i>
103	Solanaceae	Capsicum	annuum	<i>Capsicum annuum</i>
104	Salicaceae	Casearia	corymbosa	<i>Casearia corymbosa</i>
105	Salicaceae	Casearia	nitida	<i>Casearia nitida</i>
106	Lauraceae	Cassytha	filiformis	<i>Cassytha filiformis</i>
107	Casuarinaceae	Casuarina	equisetifolia	<i>Casuarina equisetifolia</i>
108	Apocynaceae	Catharanthus	roseus	<i>Catharanthus roseus</i>
109	Caulerpaceae	Caulerpa	mexicana	<i>Caulerpa mexicana</i>
110	Urticaceae	Cecropia	obtusifolia	<i>Cecropia obtusifolia</i>
111	Meliaceae	Cedrela	mexicana	<i>Cedrela mexicana</i>
112	Meliaceae	Cedrela	odorata	<i>Cedrela odorata</i>
113	Amaranthaceae	Celosia	nitida	<i>Celosia nitida</i>
114	Cannabaceae	Celtis	iguanaea	<i>Celtis iguanaea</i>
115	Poaceae	Cenchrus	echinatus	<i>Cenchrus echinatus</i>
116	Poaceae	Cenchrus	incertus	<i>Cenchrus incertus</i>
117	Fabaceae	Centrosema	schottii	<i>Centrosema schottii</i>
118	Fabaceae	Centrosema	virginianum	<i>Centrosema virginianum</i>
119	Fabaceae	Chamaecrista	glandulosa	<i>Chamaecrista glandulosa</i>
120	Fabaceae	Chamaecrista	nictitans	<i>Chamaecrista nictitans</i>
121	Arecaceae	Chamaedorea	seifrizii	<i>Chamaedorea seifrizii</i>
122	Euphorbiaceae	Chamaesyce	blodgettii	<i>Chamaesyce blodgettii</i>
123	Euphorbiaceae	Chamaesyce	buxifolia	<i>Chamaesyce buxifolia</i>
124	Euphorbiaceae	Chamaesyce	dioeca	<i>Chamaesyce dioeca</i>
125	Euphorbiaceae	Chamaesyce	glomerifera	<i>Chamaesyce glomerifera</i>
126	Euphorbiaceae	Chamaesyce	mesembryanthemifolia	<i>Chamaesyce mesembryanthemifolia</i>
127	Pteridaceae	Cheilanthes	microphylla	<i>Cheilanthes microphylla</i>
128	Rubiaceae	Chiococca	alba	<i>Chiococca alba</i>
129	Poaceae	Chloris	inflata	<i>Chloris inflata</i>
130	Poaceae	Chloris	virgata	<i>Chloris virgata</i>
131	Fabaceae	Chloroleucon	mangense	<i>Chloroleucon mangense</i>
132	Moraceae	Chlorophora	tinctoria	<i>Chlorophora tinctoria</i>
133	Rhodomelaceae	Chondria	littoralis	<i>Chondria littoralis</i>
134	Asteraceae	Chromolaena	odorata	<i>Chromolaena odorata</i>
135	Chrysobalanaceae	Chrysobalanus	icaco	<i>Chrysobalanus icaco</i>
136	Sapotaceae	Chrysophyllum	mexicanum	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>
137	Cucurbitaceae	Cionosicyus	excisus	<i>Cionosicyus excisus</i>
138	Asteraceae	Cirsium	subcoriaceum	<i>Cirsium subcoriaceum</i>
139	Menispermaceae	Cissampelos	pareira	<i>Cissampelos pareira</i>
140	Vitaceae	Cissus	gossypifolia	<i>Cissus gossypifolia</i>
141	Verbenaceae	Citharexylum	hexangulare	<i>Citharexylum hexangulare</i>
142	Verbenaceae	Citharexylum	hirtellum	<i>Citharexylum hirtellum</i>
143	Cyperaceae	Cladium	jamaicense	<i>Cladium jamaicense</i>

ID	Familia	Género	Especie	Nombre científico
144	Clusiaceae	Clusia	flava	<i>Clusia flava</i>
145	Clusiaceae	Clusia	salvinii	<i>Clusia salvinii</i>
146	Euphorbiaceae	Cnidoscolus	aconitifolius	<i>Cnidoscolus aconitifolius</i>
147	Euphorbiaceae	Cnidoscolus	souzae	<i>Cnidoscolus souzae</i>
148	Polygonaceae	Coccoloba	acapulcensis	<i>Coccoloba acapulcensis</i>
149	Polygonaceae	Coccoloba	cozumelensis	<i>Coccoloba cozumelensis</i>
150	Polygonaceae	Coccoloba	diversifolia	<i>Coccoloba diversifolia</i>
151	Polygonaceae	Coccoloba	floribunda	<i>Coccoloba floribunda</i>
152	Polygonaceae	Coccoloba	ortizii	<i>Coccoloba ortizii</i>
153	Polygonaceae	Coccoloba	reflexiflora	<i>Coccoloba reflexiflora</i>
154	Polygonaceae	Coccoloba	spicata	<i>Coccoloba spicata</i>
155	Polygonaceae	Coccoloba	swartzii	<i>Coccoloba swartzii</i>
156	Polygonaceae	Coccoloba	uvifera	<i>Coccoloba uvifera</i>
157	Arecaceae	Coccothrinax	readii	<i>Coccothrinax readii</i>
158	Arecaceae	Cocos	nucifera	<i>Cocos nucifera</i>
159	Rhamnaceae	Colubrina	arborescens	<i>Colubrina arborescens</i>
160	Rhamnaceae	Colubrina	asiatica	<i>Colubrina asiatica</i>
161	Rhamnaceae	Colubrina	greggii	<i>Colubrina greggii</i>
162	Commelinaceae	Commelina	erecta	<i>Commelina erecta</i>
163	Combretaceae	Conocarpus	erectus	<i>Conocarpus erectus</i>
164	Malvaceae	Corchorus	siliquosus	<i>Corchorus siliquosus</i>
165	Ehretiaceae	Cordia	curassavica	<i>Cordia curassavica</i>
166	Ehretiaceae	Cordia	dodecandra	<i>Cordia dodecandra</i>
167	Ehretiaceae	Cordia	sebestena	<i>Cordia sebestena</i>
168	Rubiaceae	Cosmocalyx	spectabilis	<i>Cosmocalyx spectabilis</i>
169	Capparaceae	Crateva	tapia	<i>Crateva tapia</i>
170	Bignoniaceae	Crescentia	cujete	<i>Crescentia cujete</i>
171	Asteraceae	Critonia	daleoides	<i>Critonia daleoides</i>
172	Celastraceae	Crossopetalum	gaumeri	<i>Crossopetalum gaumeri</i>
173	Fabaceae	Crotalaria	pumila	<i>Crotalaria pumila</i>
174	Fabaceae	Crotalaria	purdiana	<i>Crotalaria purdiana</i>
175	Euphorbiaceae	Croton	arboreus	<i>Croton arboreus</i>
176	Euphorbiaceae	Croton	campechianus	<i>Croton campechianus</i>
177	Euphorbiaceae	Croton	chichenensis	<i>Croton chichenensis</i>
178	Euphorbiaceae	Croton	glabellus	<i>Croton glabellus</i>
179	Euphorbiaceae	Croton	glandulosepalus	<i>Croton glandulosepalus</i>
180	Euphorbiaceae	Croton	peraeruginosus	<i>Croton peraeruginosus</i>
181	Euphorbiaceae	Croton	reflexifolius	<i>Croton reflexifolius</i>
182	Trebouxiophyceae	Crucigenia	fenestrata	<i>Crucigenia fenestrata</i>
183	Trebouxiophyceae	Crucigenia	mucronata	<i>Crucigenia mucronata</i>
184	Apocynaceae	Cryptostegia	grandiflora	<i>Cryptostegia grandiflora</i>
185	Cucurbitaceae	Cucumis	melo	<i>Cucumis melo</i>

ID	Familia	Género	Especie	Nombre científico
186	Cucurbitaceae	Cucurbita	moschata	<i>Cucurbita moschata</i>
187	Sapindaceae	Cupania	glabra	<i>Cupania glabra</i>
188	Apocynaceae	Cynanchum	schlechtendalii	<i>Cynanchum schlechtendalii</i>
189	Cyperaceae	Cyperus	esculentus	<i>Cyperus esculentus</i>
190	Cyperaceae	Cyperus	hermaphroditus	<i>Cyperus hermaphroditus</i>
191	Cyperaceae	Cyperus	ligularis	<i>Cyperus ligularis</i>
192	Cyperaceae	Cyperus	ochraceus	<i>Cyperus ochraceus</i>
193	Cyperaceae	Cyperus	planifolius	<i>Cyperus planifolius</i>
194	Poaceae	Dactyloctenium	aegyptium	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>
195	Fabaceae	Dalbergia	glabra	<i>Dalbergia glabra</i>
196	Lauraceae	Damburneya	coriacea	<i>Damburneya coriacea</i>
197	Araliaceae	Dendropanax	arboreus	<i>Dendropanax arboreus</i>
198	Fabaceae	Desmanthus	virgatus	<i>Desmanthus virgatus</i>
199	Fabaceae	Desmodium	incanum	<i>Desmodium incanum</i>
200	Fabaceae	Desmodium	tortuosum	<i>Desmodium tortuosum</i>
201	Poaceae	Dichantherium	dichotomum	<i>Dichantherium dichotomum</i>
202	Dioscoreaceae	Dioscorea	alata	<i>Dioscorea alata</i>
203	Dioscoreaceae	Dioscorea	bernoulliana	<i>Dioscorea bernoulliana</i>
204	Dioscoreaceae	Dioscorea	floribunda	<i>Dioscorea floribunda</i>
205	Dioscoreaceae	Dioscorea	matagalpensis	<i>Dioscorea matagalpensis</i>
206	Dioscoreaceae	Dioscorea	spiculiflora	<i>Dioscorea spiculiflora</i>
207	Ebenaceae	Diospyros	nicaraguensis	<i>Diospyros nicaraguensis</i>
208	Ebenaceae	Diospyros	salicifolia	<i>Diospyros salicifolia</i>
209	Ebenaceae	Diospyros	verae-crucis	<i>Diospyros verae-crucis</i>
210	Ebenaceae	Diospyros	yucatanensis	<i>Diospyros yucatanensis</i>
211	Fabaceae	Diphysa	carthagenensis	<i>Diphysa carthagenensis</i>
212	Fabaceae	Diphysa	yucatanensis	<i>Diphysa yucatanensis</i>
213	Poaceae	Distichlis	spicata	<i>Distichlis spicata</i>
214	Sapindaceae	Dodonaea	viscosa	<i>Dodonaea viscosa</i>
215	Moraceae	Dorstenia	contrajerva	<i>Dorstenia contrajerva</i>
216	Putranjivaceae	Drypetes	lateriflora	<i>Drypetes lateriflora</i>
217	Apocynaceae	Echites	umbellatus	<i>Echites umbellatus</i>
218	Apocynaceae	Echites	yucatanensis	<i>Echites yucatanensis</i>
219	Ehretiaceae	Ehretia	tinifolia	<i>Ehretia tinifolia</i>
220	Celastraceae	Elaeodendron	xylocarpum	<i>Elaeodendron xylocarpum</i>
221	Cyperaceae	Eleocharis	cellulosa	<i>Eleocharis cellulosa</i>
222	Cyperaceae	Eleocharis	geniculata	<i>Eleocharis geniculata</i>
223	Poaceae	Eleusine	indica	<i>Eleusine indica</i>
224	Euphorbiaceae	Enriquebeltrania	crenatifolia	<i>Enriquebeltrania crenatifolia</i>
225	Fabaceae	Entada	gigas	<i>Entada gigas</i>
226	Fabaceae	Enterolobium	cyclocarpum	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>
227	Orchidaceae	Epidendrum	chlorocorymbos	<i>Epidendrum chlorocorymbos</i>



ID	Familia	Género	Especie	Nombre científico
228	Orchidaceae	Epidendrum	nocturnum	<i>Epidendrum nocturnum</i>
229	Orchidaceae	Epidendrum	stamfordianum	<i>Epidendrum stamfordianum</i>
230	Poaceae	Eragrostis	ciliaris	<i>Eragrostis ciliaris</i>
231	Poaceae	Eragrostis	elliottii	<i>Eragrostis elliottii</i>
232	Poaceae	Eragrostis	excelsa	<i>Eragrostis excelsa</i>
233	Poaceae	Eragrostis	prolifera	<i>Eragrostis prolifera</i>
234	Asteraceae	Erechtites	hieraciifolia	<i>Erechtites hieraciifolia</i>
235	Asteraceae	Erechtites	hieraciifolius	<i>Erechtites hieraciifolius</i>
236	Rubiaceae	Erithalis	fruticosa	<i>Erithalis fruticosa</i>
237	Rubiaceae	Ernodea	littoralis	<i>Ernodea littoralis</i>
238	Fabaceae	Erythrina	standleyana	<i>Erythrina standleyana</i>
239	Erythroxylaceae	Erythroxylum	areolatum	<i>Erythroxylum areolatum</i>
240	Erythroxylaceae	Erythroxylum	bequaertii	<i>Erythroxylum bequaertii</i>
241	Erythroxylaceae	Erythroxylum	confusum	<i>Erythroxylum confusum</i>
242	Erythroxylaceae	Erythroxylum	guatemalense	<i>Erythroxylum guatemalense</i>
243	Rutaceae	Esenbeckia	berlandieri	<i>Esenbeckia berlandieri</i>
244	Rutaceae	Esenbeckia	pentaphylla	<i>Esenbeckia pentaphylla</i>
245	Myrtaceae	Eugenia	acapulcensis	<i>Eugenia acapulcensis</i>
246	Myrtaceae	Eugenia	axillaris	<i>Eugenia axillaris</i>
247	Myrtaceae	Eugenia	buxifolia	<i>Eugenia buxifolia</i>
248	Myrtaceae	Eugenia	capuli	<i>Eugenia capuli</i>
249	Myrtaceae	Eugenia	gaumeri	<i>Eugenia gaumeri</i>
250	Myrtaceae	Eugenia	karwinskyana	<i>Eugenia karwinskyana</i>
251	Myrtaceae	Eugenia	laevis	<i>Eugenia laevis</i>
252	Myrtaceae	Eugenia	rhombea	<i>Eugenia rhombea</i>
253	Myrtaceae	Eugenia	winzerlingii	<i>Eugenia winzerlingii</i>
254	Asteraceae	Eupatorium	albicaule	<i>Eupatorium albicaule</i>
255	Asteraceae	Eupatorium	daleoides	<i>Eupatorium daleoides</i>
256	Euphorbiaceae	Euphorbia	armourii	<i>Euphorbia armourii</i>
257	Euphorbiaceae	Euphorbia	blodgettii	<i>Euphorbia blodgettii</i>
258	Euphorbiaceae	Euphorbia	cyathophora	<i>Euphorbia cyathophora</i>
259	Euphorbiaceae	Euphorbia	heterophylla	<i>Euphorbia heterophylla</i>
260	Euphorbiaceae	Euphorbia	hyssopifolia	<i>Euphorbia hyssopifolia</i>
261	Euphorbiaceae	Euphorbia	mesembryanthemifolia	<i>Euphorbia mesembryanthemifolia</i>
262	Euphorbiaceae	Euphorbia	schlechtendalii	<i>Euphorbia schlechtendalii</i>
263	Euphorbiaceae	Euphorbia	serpens	<i>Euphorbia serpens</i>
264	Heliotropiaceae	Euploca	procumbens	<i>Euploca procumbens</i>
265	Poaceae	Eustachys	petraea	<i>Eustachys petraea</i>
266	Gentianaceae	Eustoma	exaltatum	<i>Eustoma exaltatum</i>
267	Rubiaceae	Exostema	mexicanum	<i>Exostema mexicanum</i>
268	Sapindaceae	Exothea	diphylla	<i>Exothea diphylla</i>
269	Moraceae	Ficus	crassinervia	<i>Ficus crassinervia</i>

ID	Familia	Género	Especie	Nombre científico
270	Moraceae	Ficus	maxima	<i>Ficus maxima</i>
271	Moraceae	Ficus	obtusifolia	<i>Ficus obtusifolia</i>
272	Moraceae	Ficus	pertusa	<i>Ficus pertusa</i>
273	Cyperaceae	Fimbristylis	castanea	<i>Fimbristylis castanea</i>
274	Cyperaceae	Fimbristylis	cymosa	<i>Fimbristylis cymosa</i>
275	Asteraceae	Flaveria	linearis	<i>Flaveria linearis</i>
276	Bignoniaceae	Fridericia	podopogon	<i>Fridericia podopogon</i>
277	Bignoniaceae	Fridericia	pubescens	<i>Fridericia pubescens</i>
278	Cyperaceae	Fuirena	camptotricha	<i>Fuirena camptotricha</i>
279	Apocynaceae	Funastrum	clausum	<i>Funastrum clausum</i>
280	Fabaceae	Galactia	striata	<i>Galactia striata</i>
281	Clusiaceae	Garcinia	macrophylla	<i>Garcinia macrophylla</i>
282	Orobanchaceae	Gerardia	maritima	<i>Gerardia maritima</i>
283	Fabaceae	Gliricidia	maculata	<i>Gliricidia maculata</i>
284	Fabaceae	Gliricidia	sepium	<i>Gliricidia sepium</i>
285	Apocynaceae	Gonolobus	barbatus	<i>Gonolobus barbatus</i>
286	Apocynaceae	Gonolobus	cteniophorus	<i>Gonolobus cteniophorus</i>
287	Apocynaceae	Gonolobus	yucatanensis	<i>Gonolobus yucatanensis</i>
288	Rhamnaceae	Gouania	eurycarpa	<i>Gouania eurycarpa</i>
289	Rhamnaceae	Gouania	lupuloides	<i>Gouania lupuloides</i>
290	Zygophyllaceae	Guaiaacum	sanctum	<i>Guaiaacum sanctum</i>
291	Malvaceae	Guazuma	ulmifolia	<i>Guazuma ulmifolia</i>
292	Rubiaceae	Guettarda	combsii	<i>Guettarda combsii</i>
293	Rubiaceae	Guettarda	elliptica	<i>Guettarda elliptica</i>
294	Celastraceae	Gyminda	latifolia	<i>Gyminda latifolia</i>
295	Euphorbiaceae	Gymnanthes	lucida	<i>Gymnanthes lucida</i>
296	Polygonaceae	Gymnopodium	antigonoides	<i>Gymnopodium antigonoides</i>
297	Polygonaceae	Gymnopodium	floribundum	<i>Gymnopodium floribundum</i>
298	Orchidaceae	Habenaria	leon-ibarrae	<i>Habenaria leon-ibarrae</i>
299	Orchidaceae	Habenaria	macroceratitis	<i>Habenaria macroceratitis</i>
300	Cymodoceaceae	Halodule	wrightii	<i>Halodule wrightii</i>
301	Rubiaceae	Hamelia	patens	<i>Hamelia patens</i>
302	Malvaceae	Hampea	trilobata	<i>Hampea trilobata</i>
303	Fabaceae	Havardia	albicans	<i>Havardia albicans</i>
304	Fabaceae	Havardia	platyloba	<i>Havardia platyloba</i>
305	Malvaceae	Helicteres	baruensis	<i>Helicteres baruensis</i>
306	Malvaceae	Heliocarpus	donnellsmithii	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i>
307	Heliotropiaceae	Heliotropium	angiospermum	<i>Heliotropium angiospermum</i>
308	Heliotropiaceae	Heliotropium	procumbens	<i>Heliotropium procumbens</i>
309	Heliotropiaceae	Heliotropium	ternatum	<i>Heliotropium ternatum</i>
310	Malvaceae	Herissantia	crispa	<i>Herissantia crispa</i>
311	Malpighiaceae	Heteropterys	beeheyana	<i>Heteropterys beeheyana</i>

ID	Familia	Género	Especie	Nombre científico
312	Malpighiaceae	Heteropterys	brachiata	<i>Heteropterys brachiata</i>
313	Dasyaceae	Heterosiphonia	gibbesii	<i>Heterosiphonia gibbesii</i>
314	Malvaceae	Hibiscus	clypeatus	<i>Hibiscus clypeatus</i>
315	Malvaceae	Hibiscus	rosa-sinensis	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>
316	Rubiaceae	Hintonia	octomera	<i>Hintonia octomera</i>
317	Malpighiaceae	Hiraea	obovata	<i>Hiraea obovata</i>
318	Malpighiaceae	Hiraea	reclinata	<i>Hiraea reclinata</i>
319	Selenastraceae	Hyaloraphidium	contortum	<i>Hyaloraphidium contortum</i>
320	Amaryllidaceae	Hymenocallis	latifolia	<i>Hymenocallis latifolia</i>
321	Amaryllidaceae	Hymenocallis	littoralis	<i>Hymenocallis littoralis</i>
322	Poaceae	Ichnanthus	lanceolatus	<i>Ichnanthus lanceolatus</i>
323	Fabaceae	Indigofera	jamaicensis	<i>Indigofera jamaicensis</i>
324	Convolvulaceae	Ipomoea	heterodoxa	<i>Ipomoea heterodoxa</i>
325	Convolvulaceae	Ipomoea	imperati	<i>Ipomoea imperati</i>
326	Convolvulaceae	Ipomoea	indica	<i>Ipomoea indica</i>
327	Convolvulaceae	Ipomoea	pes-caprae	<i>Ipomoea pes-caprae</i>
328	Convolvulaceae	Ipomoea	sagittata	<i>Ipomoea sagittata</i>
329	Convolvulaceae	Ipomoea	steerei	<i>Ipomoea steerei</i>
330	Convolvulaceae	Ipomoea	triloba	<i>Ipomoea triloba</i>
331	Convolvulaceae	Ipomoea	tuxtlensis	<i>Ipomoea tuxtlensis</i>
332	Convolvulaceae	Ipomoea	violacea	<i>Ipomoea violacea</i>
333	Amaranthaceae	Iresine	flavescens	<i>Iresine flavescens</i>
334	Amaranthaceae	Iresine	heterophylla	<i>Iresine heterophylla</i>
335	Convolvulaceae	Jacquemontia	agrestis	<i>Jacquemontia agrestis</i>
336	Convolvulaceae	Jacquemontia	havanensis	<i>Jacquemontia havanensis</i>
337	Convolvulaceae	Jacquemontia	verticillata	<i>Jacquemontia verticillata</i>
338	Primulaceae	Jacquinia	arborea	<i>Jacquinia arborea</i>
339	Primulaceae	Jacquinia	macrocarpa	<i>Jacquinia macrocarpa</i>
340	Euphorbiaceae	Jatropha	gaumeri	<i>Jatropha gaumeri</i>
341	Acanthaceae	Justicia	campechiana	<i>Justicia campechiana</i>
342	Acanthaceae	Justicia	carthagenensis	<i>Justicia carthagenensis</i>
343	Zygophyllaceae	Kallstroemia	maxima	<i>Kallstroemia maxima</i>
344	Rhamnaceae	Karwinskia	humboldtiana	<i>Karwinskia humboldtiana</i>
345	Asteraceae	Koanophyllon	albicaulis	<i>Koanophyllon albicaulis</i>
346	Rhamnaceae	Krugiodendron	ferreum	<i>Krugiodendron ferreum</i>
347	Salicaceae	Laetia	thamnia	<i>Laetia thamnia</i>
348	Cucurbitaceae	Lagenaria	siceraria	<i>Lagenaria siceraria</i>
349	Combretaceae	Laguncularia	racemosa	<i>Laguncularia racemosa</i>
350	Verbenaceae	Lantana	camara	<i>Lantana camara</i>
351	Verbenaceae	Lantana	involucrata	<i>Lantana involucrata</i>
352	Poaceae	Lasiacis	divaricata	<i>Lasiacis divaricata</i>
353	Poaceae	Lasiacis	sloanei	<i>Lasiacis sloanei</i>

ID	Familia	Género	Especie	Nombre científico
354	Asteraceae	Lasianthaea	fruticosa	<i>Lasianthaea fruticosa</i>
355	Gentianaceae	Leiphaimos	parasitica	<i>Leiphaimos parasitica</i>
356	Lamiaceae	Leonotis	nepetifolia	<i>Leonotis nepetifolia</i>
357	Brassicaceae	Lepidium	virginicum	<i>Lepidium virginicum</i>
358	Poaceae	Leptochloa	panicea	<i>Leptochloa panicea</i>
359	Fabaceae	Leucaena	leucocephala	<i>Leucaena leucocephala</i>
360	Verbenaceae	Lippia	graveolens	<i>Lippia graveolens</i>
361	Verbenaceae	Lippia	nodiflora	<i>Lippia nodiflora</i>
362	Verbenaceae	Lippia	stoechadifolia	<i>Lippia stoechadifolia</i>
363	Apocynaceae	Lochnera	rosea	<i>Lochnera rosea</i>
364	Fabaceae	Lonchocarpus	rugosus	<i>Lonchocarpus rugosus</i>
365	Fabaceae	Lonchocarpus	xuul	<i>Lonchocarpus xuul</i>
366	Fabaceae	Lonchocarpus	yucatanensis	<i>Lonchocarpus yucatanensis</i>
367	Onagraceae	Ludwigia	octovalvis	<i>Ludwigia octovalvis</i>
368	Malvaceae	Luehea	speciosa	<i>Luehea speciosa</i>
369	Solanaceae	Lycianthes	armentalis	<i>Lycianthes armentalis</i>
370	Solanaceae	Lycianthes	sideroxyloides	<i>Lycianthes sideroxyloides</i>
371	Fabaceae	Lysiloma	latisiliquum	<i>Lysiloma latisiliquum</i>
372	Bignoniaceae	Macfadyena	unguis-cati	<i>Macfadyena unguis-cati</i>
373	Rubiaceae	Machaonia	lindeniana	<i>Machaonia lindeniana</i>
374	Moraceae	Maclura	tinctoria	<i>Maclura tinctoria</i>
375	Annonaceae	Malmea	depressa	<i>Malmea depressa</i>
376	Malpighiaceae	Malpighia	glabra	<i>Malpighia glabra</i>
377	Malpighiaceae	Malpighia	lundellii	<i>Malpighia lundellii</i>
378	Malvaceae	Malvastrum	americanum	<i>Malvastrum americanum</i>
379	Malvaceae	Malvastrum	corchorifolium	<i>Malvastrum corchorifolium</i>
380	Malvaceae	Malvastrum	coromandelianum	<i>Malvastrum coromandelianum</i>
381	Malvaceae	Malvaviscus	arboreus	<i>Malvaviscus arboreus</i>
382	Apocynaceae	Mandevilla	subsagittata	<i>Mandevilla subsagittata</i>
383	Apocynaceae	Mandevilla	torosa	<i>Mandevilla torosa</i>
384	Anacardiaceae	Mangifera	indica	<i>Mangifera indica</i>
385	Sapotaceae	Manilkara	zapota	<i>Manilkara zapota</i>
386	Bignoniaceae	Mansoa	verrucifera	<i>Mansoa verrucifera</i>
387	Apocynaceae	Mateleia	Aubl.	<i>Mateleia Aubl.</i>
388	Apocynaceae	Mateleia	belizensis	<i>Mateleia belizensis</i>
389	Apocynaceae	Mateleia	campechiana	<i>Mateleia campechiana</i>
390	Celastraceae	Maytenus	guatemalensis	<i>Maytenus guatemalensis</i>
391	Poaceae	Megathyrsus	maximus	<i>Megathyrsus maximus</i>
392	Asteraceae	Melampodium	gracile	<i>Melampodium gracile</i>
393	Asteraceae	Melanthera	aspera	<i>Melanthera aspera</i>
394	Asteraceae	Melanthera	nivea	<i>Melanthera nivea</i>
395	Malvaceae	Melochia	tomentosa	<i>Melochia tomentosa</i>

ID	Familia	Género	Especie	Nombre científico
396	Cucurbitaceae	Melothria	pendula	<i>Melothria pendula</i>
397	Convolvulaceae	Merremia	cissoides	<i>Merremia cissoides</i>
398	Convolvulaceae	Merremia	umbellata	<i>Merremia umbellata</i>
399	Apocynaceae	Metastelma	schlechtendalii	<i>Metastelma schlechtendalii</i>
400	Anacardiaceae	Metopium	brownei	<i>Metopium brownei</i>
401	Polypodiaceae	Microgramma	nitida	<i>Microgramma nitida</i>
402	Asteraceae	Mikania	cordifolia	<i>Mikania cordifolia</i>
403	Asteraceae	Mikania	punctata	<i>Mikania punctata</i>
404	Asteraceae	Milleria	quinqueflora	<i>Milleria quinqueflora</i>
405	Fabaceae	Mimosa	bahamensis	<i>Mimosa bahamensis</i>
406	Fabaceae	Mimosa	pudica	<i>Mimosa pudica</i>
407	Loganiaceae	Mitreola	petiolata	<i>Mitreola petiolata</i>
408	Selenastraceae	Monoraphidium	contortum	<i>Monoraphidium contortum</i>
409	Myricaceae	Morella	cerifera	<i>Morella cerifera</i>
410	Rubiaceae	Morinda	royoc	<i>Morinda royoc</i>
411	Annonaceae	Mosannonna	depressa	<i>Mosannonna depressa</i>
412	Myrtaceae	Mosiera	contrerasii	<i>Mosiera contrerasii</i>
413	Muntingiaceae	Muntingia	calabura	<i>Muntingia calabura</i>
414	Myrtaceae	Myrcianthes	fragrans	<i>Myrcianthes fragrans</i>
415	Myricaceae	Myrica	cerifera	<i>Myrica cerifera</i>
416	Orchidaceae	Myrmecophila	christinae	<i>Myrmecophila christinae</i>
417	Lauraceae	Nectandra	salicifolia	<i>Nectandra salicifolia</i>
418	Nyctaginaceae	Neea	psychotrioides	<i>Neea psychotrioides</i>
419	Polygonaceae	Neomillspaughia	emarginata	<i>Neomillspaughia emarginata</i>
420	Nephrolepidaceae	Nephrolepis	exaltata	<i>Nephrolepis exaltata</i>
421	Nephrolepidaceae	Nephrolepis	pectinata	<i>Nephrolepis pectinata</i>
422	Apocynaceae	Nerium	oleander	<i>Nerium oleander</i>
423	Asteraceae	Neurolaena	lobata	<i>Neurolaena lobata</i>
424	Solanaceae	Nicotiana	tabacum	<i>Nicotiana tabacum</i>
425	Nymphaeaceae	Nymphaea	ampla	<i>Nymphaea ampla</i>
426	Menyanthaceae	Nymphoides	indica	<i>Nymphoides indica</i>
427	Poaceae	Oplismenus	hirtellus	<i>Oplismenus hirtellus</i>
428	Cactaceae	Opuntia	dillenii	<i>Opuntia dillenii</i>
429	Cactaceae	Opuntia	stricta	<i>Opuntia stricta</i>
430	Icacinaceae	Ottoschulzia	pallida	<i>Ottoschulzia pallida</i>
431	Ochnaceae	Ouratea	nitida	<i>Ouratea nitida</i>
432	Annonaceae	Oxandra	lanceolata	<i>Oxandra lanceolata</i>
433	Fabaceae	Pachyrhizus	erosus	<i>Pachyrhizus erosus</i>
434	Poaceae	Panicum	amarum	<i>Panicum amarum</i>
435	Poaceae	Panicum	bartlettii	<i>Panicum bartlettii</i>
436	Poaceae	Panicum	condensum	<i>Panicum condensum</i>
437	Poaceae	Panicum	hirsutum	<i>Panicum hirsutum</i>

ID	Familia	Género	Especie	Nombre científico
438	Poaceae	Panicum	ichnanthoides	<i>Panicum ichnanthoides</i>
439	Poaceae	Panicum	maximum	<i>Panicum maximum</i>
440	Poaceae	Panicum	rigidulum	<i>Panicum rigidulum</i>
441	Poaceae	Panicum	tenerum	<i>Panicum tenerum</i>
442	Poaceae	Panicum	virgatum	<i>Panicum virgatum</i>
443	Primulaceae	Parathesis	cubana	<i>Parathesis cubana</i>
444	Bignoniaceae	Parmentiera	aculeata	<i>Parmentiera aculeata</i>
445	Asteraceae	Parthenium	hysterophorus	<i>Parthenium hysterophorus</i>
446	Poaceae	Paspalum	blodgettii	<i>Paspalum blodgettii</i>
447	Poaceae	Paspalum	conjugatum	<i>Paspalum conjugatum</i>
448	Poaceae	Paspalum	nutans	<i>Paspalum nutans</i>
449	Passifloraceae	Passiflora	ciliata	<i>Passiflora ciliata</i>
450	Passifloraceae	Passiflora	foetida	<i>Passiflora foetida</i>
451	Passifloraceae	Passiflora	serratifolia	<i>Passiflora serratifolia</i>
452	Passifloraceae	Passiflora	suberosa	<i>Passiflora suberosa</i>
453	Passifloraceae	Passiflora	sublanceolata	<i>Passiflora sublanceolata</i>
454	Sapindaceae	Paullinia	clavigera	<i>Paullinia clavigera</i>
455	Sapindaceae	Paullinia	fuscescens	<i>Paullinia fuscescens</i>
456	Sapindaceae	Paullinia	pinnata	<i>Paullinia pinnata</i>
457	Orchidaceae	Pelexia	gutturosa	<i>Pelexia gutturosa</i>
458	Apocynaceae	Pentalinon	andrieuxii	<i>Pentalinon andrieuxii</i>
459	Piperaceae	Peperomia	angustata	<i>Peperomia angustata</i>
460	Phytolaccaceae	Petiveria	alliacea	<i>Petiveria alliacea</i>
461	Verbenaceae	Petrea	volubilis	<i>Petrea volubilis</i>
462	Araceae	Philodendron	jacquinii	<i>Philodendron jacquinii</i>
463	Santalaceae	Phoradendron	gaumeri	<i>Phoradendron gaumeri</i>
464	Santalaceae	Phoradendron	mucronatum	<i>Phoradendron mucronatum</i>
465	Santalaceae	Phoradendron	quadrangulare	<i>Phoradendron quadrangulare</i>
466	Verbenaceae	Phyla	nodiflora	<i>Phyla nodiflora</i>
467	Phyllanthaceae	Phyllanthus	acuminatus	<i>Phyllanthus acuminatus</i>
468	Phyllanthaceae	Phyllanthus	caroliniensis	<i>Phyllanthus caroliniensis</i>
469	Solanaceae	Physalis	gracilis	<i>Physalis gracilis</i>
470	Solanaceae	Physalis	lagascae	<i>Physalis lagascae</i>
471	Solanaceae	Physalis	pubescens	<i>Physalis pubescens</i>
472	Phytolaccaceae	Phytolacca	icosandra	<i>Phytolacca icosandra</i>
473	Picramniaceae	Picramnia	antidesma	<i>Picramnia antidesma</i>
474	Urticaceae	Pilea	microphylla	<i>Pilea microphylla</i>
475	Rutaceae	Pilocarpus	racemosus	<i>Pilocarpus racemosus</i>
476	Piperaceae	Piper	amalago	<i>Piper amalago</i>
477	Piperaceae	Piper	auritum	<i>Piper auritum</i>
478	Piperaceae	Piper	neesianum	<i>Piper neesianum</i>
479	Piperaceae	Piper	psilorhachis	<i>Piper psilorhachis</i>

ID	Familia	Género	Especie	Nombre científico
480	Piperaceae	Piper	yucatanense	<i>Piper yucatanense</i>
481	Fabaceae	Piscidia	piscipula	<i>Piscidia piscipula</i>
482	Fabaceae	Pithecellobium	albicans	<i>Pithecellobium albicans</i>
483	Fabaceae	Pithecellobium	dulce	<i>Pithecellobium dulce</i>
484	Fabaceae	Pithecellobium	keyense	<i>Pithecellobium keyense</i>
485	Fabaceae	Pithecellobium	microstachyum	<i>Pithecellobium microstachyum</i>
486	Fabaceae	Pithecellobium	oblongum	<i>Pithecellobium oblongum</i>
487	Fabaceae	Pithecellobium	platylobum	<i>Pithecellobium platylobum</i>
488	Fabaceae	Pithecellobium	recordii	<i>Pithecellobium recordii</i>
489	Fabaceae	Pithecellobium	stevensonii	<i>Pithecellobium stevensonii</i>
490	Fabaceae	Pithecellobium	unguis-cati	<i>Pithecellobium unguis-cati</i>
491	Fabaceae	Pithecellobium	winzerlingii	<i>Pithecellobium winzerlingii</i>
492	Fabaceae	Platymiscium	yucatanum	<i>Platymiscium yucatanum</i>
493	Orchidaceae	Pleurothallis	broadwayi	<i>Pleurothallis broadwayi</i>
494	Asteraceae	Pluchea	odorata	<i>Pluchea odorata</i>
495	Asteraceae	Pluchea	rosea	<i>Pluchea rosea</i>
496	Asteraceae	Pluchea	symphytifolia	<i>Pluchea symphytifolia</i>
497	Plumbaginaceae	Plumbago	scandens	<i>Plumbago scandens</i>
498	Plumbaginaceae	Plumbago	zeylanica	<i>Plumbago zeylanica</i>
499	Apocynaceae	Plumeria	obtusa	<i>Plumeria obtusa</i>
500	Polygalaceae	Polygala	paniculata	<i>Polygala paniculata</i>
501	Chlamydomonadaceae	Polytoma	uvella	<i>Polytoma uvella</i>
502	Asteraceae	Porophyllum	punctatum	<i>Porophyllum punctatum</i>
503	Portulacaceae	Portulaca	oleracea	<i>Portulaca oleracea</i>
504	Portulacaceae	Portulaca	pilosa	<i>Portulaca pilosa</i>
505	Portulacaceae	Portulaca	rubricaulis	<i>Portulaca rubricaulis</i>
506	Sapotaceae	Pouteria	campechiana	<i>Pouteria campechiana</i>
507	Sapotaceae	Pouteria	reticulata	<i>Pouteria reticulata</i>
508	Sapotaceae	Pouteria	unilocularis	<i>Pouteria unilocularis</i>
509	Verbenaceae	Priva	lappulacea	<i>Priva lappulacea</i>
510	Burseraceae	Protium	copal	<i>Protium copal</i>
511	Arecaceae	Pseudophoenix	sargentii	<i>Pseudophoenix sargentii</i>
512	Myrtaceae	Psidium	sartorianum	<i>Psidium sartorianum</i>
513	Loranthaceae	Psittacanthus	americanus	<i>Psittacanthus americanus</i>
514	Loranthaceae	Psittacanthus	calyculatus	<i>Psittacanthus calyculatus</i>
515	Loranthaceae	Psittacanthus	mayanus	<i>Psittacanthus mayanus</i>
516	Loranthaceae	Psittacanthus	rhynchanthus	<i>Psittacanthus rhynchanthus</i>
517	Rubiaceae	Psychotria	fruticetorum	<i>Psychotria fruticetorum</i>
518	Rubiaceae	Psychotria	nervosa	<i>Psychotria nervosa</i>
519	Rubiaceae	Psychotria	pubescens	<i>Psychotria pubescens</i>
520	Capparaceae	Quadrella	incana	<i>Quadrella incana</i>
521	Malvaceae	Quararibea	fieldii	<i>Quararibea fieldii</i>

ID	Familia	Género	Especie	Nombre científico
522	Malvaceae	Quararibea	funebri	<i>Quararibea funebri</i>
523	Rubiaceae	Rachicallis	americana	<i>Rachicallis americana</i>
524	Rubiaceae	Randia	aculeata	<i>Randia aculeata</i>
525	Rubiaceae	Randia	longiloba	<i>Randia longiloba</i>
526	Apocynaceae	Rauvolfia	tetraphylla	<i>Rauvolfia tetraphylla</i>
527	Celastraceae	Rhacoma	crossopetalum	<i>Rhacoma crossopetalum</i>
528	Celastraceae	Rhacoma	gaumeri	<i>Rhacoma gaumeri</i>
529	Clusiaceae	Rheedia	edulis	<i>Rheedia edulis</i>
530	Rhizophoraceae	Rhizophora	mangle	<i>Rhizophora mangle</i>
531	Orchidaceae	Rhyncholaelia	digbyana	<i>Rhyncholaelia digbyana</i>
532	Fabaceae	Rhynchosia	minima	<i>Rhynchosia minima</i>
533	Cyperaceae	Rhynchospora	floridensis	<i>Rhynchospora floridensis</i>
534	Cyperaceae	Rhynchospora	holoschoenoides	<i>Rhynchospora holoschoenoides</i>
535	Cyperaceae	Rhynchospora	tracyi	<i>Rhynchospora tracyi</i>
536	Convolvulaceae	Rivea	corymbosa	<i>Rivea corymbosa</i>
537	Phytolaccaceae	Rivina	humilis	<i>Rivina humilis</i>
538	Fabaceae	Robinia	pseudoacacia	<i>Robinia pseudoacacia</i>
539	Acanthaceae	Ruellia	nudiflora	<i>Ruellia nudiflora</i>
540	Plantaginaceae	Russelia	campechiana	<i>Russelia campechiana</i>
541	Plantaginaceae	Russelia	sarmentosa	<i>Russelia sarmentosa</i>
542	Alismataceae	Sagittaria	lancifolia	<i>Sagittaria lancifolia</i>
543	Fabaceae	Samanea	saman	<i>Samanea saman</i>
544	Primulaceae	Samolus	ebracteatus	<i>Samolus ebracteatus</i>
545	Sapindaceae	Sapindus	saponaria	<i>Sapindus saponaria</i>
546	Apocynaceae	Sarcostemma	clausum	<i>Sarcostemma clausum</i>
547	Goodeniaceae	Scaevola	plumieri	<i>Scaevola plumieri</i>
548	Goodeniaceae	Scaevola	taccada	<i>Scaevola taccada</i>
549	Scenedesmaceae	Scenedesmus	Meyen	<i>Scenedesmus Meyen</i>
550	Araliaceae	Schefflera	actinophylla	<i>Schefflera actinophylla</i>
551	Cyperaceae	Schoenus	nigricans	<i>Schoenus nigricans</i>
552	Cyperaceae	Scleria	lithosperma	<i>Scleria lithosperma</i>
553	Euphorbiaceae	Sebastiania	adenophora	<i>Sebastiania adenophora</i>
554	Cactaceae	Selenicereus	testudo	<i>Selenicereus testudo</i>
555	Fabaceae	Senna	atomaria	<i>Senna atomaria</i>
556	Fabaceae	Senna	cobanensis	<i>Senna cobanensis</i>
557	Fabaceae	Senna	pallida	<i>Senna pallida</i>
558	Fabaceae	Senna	quinquangulata	<i>Senna quinquangulata</i>
559	Fabaceae	Senna	racemosa	<i>Senna racemosa</i>
560	Fabaceae	Senna	undulata	<i>Senna undulata</i>
561	Sapindaceae	Serjania	adiantoides	<i>Serjania adiantoides</i>
562	Sapindaceae	Serjania	goniocarpa	<i>Serjania goniocarpa</i>
563	Sapindaceae	Serjania	yucatanensis	<i>Serjania yucatanensis</i>



ID	Familia	Género	Especie	Nombre científico
564	Fabaceae	Sesbania	herbacea	<i>Sesbania herbacea</i>
565	Aizoaceae	Sesuvium	portulacastrum	<i>Sesuvium portulacastrum</i>
566	Poaceae	Setaria	Beauv.	<i>Setaria Beauv.</i>
567	Poaceae	Setaria	geniculata	<i>Setaria geniculata</i>
568	Poaceae	Setaria	parviflora	<i>Setaria parviflora</i>
569	Malvaceae	Sida	acuta	<i>Sida acuta</i>
570	Malvaceae	Sida	cordifolia	<i>Sida cordifolia</i>
571	Malvaceae	Sida	rhombifolia	<i>Sida rhombifolia</i>
572	Sapotaceae	Sideroxylon	americanum	<i>Sideroxylon americanum</i>
573	Sapotaceae	Sideroxylon	foetidissimum	<i>Sideroxylon foetidissimum</i>
574	Sapotaceae	Sideroxylon	obtusifolium	<i>Sideroxylon obtusifolium</i>
575	Sapotaceae	Sideroxylon	salicifolium	<i>Sideroxylon salicifolium</i>
576	Smilacaceae	Smilax	spinosa	<i>Smilax spinosa</i>
577	Solanaceae	Solanum	americanum	<i>Solanum americanum</i>
578	Solanaceae	Solanum	asperum	<i>Solanum asperum</i>
579	Solanaceae	Solanum	donianum	<i>Solanum donianum</i>
580	Solanaceae	Solanum	erianthum	<i>Solanum erianthum</i>
581	Solanaceae	Solanum	hirtum	<i>Solanum hirtum</i>
582	Solanaceae	Solanum	nudum	<i>Solanum nudum</i>
583	Solanaceae	Solanum	torvum	<i>Solanum torvum</i>
584	Fabaceae	Sophora	tomentosa	<i>Sophora tomentosa</i>
585	Poaceae	Sorghum	bicolor	<i>Sorghum bicolor</i>
586	Asteraceae	Sphagneticola	trilobata	<i>Sphagneticola trilobata</i>
587	Anacardiaceae	Spondias	mombin	<i>Spondias mombin</i>
588	Poaceae	Sporobolus	buckleyi	<i>Sporobolus buckleyi</i>
589	Poaceae	Sporobolus	domingensis	<i>Sporobolus domingensis</i>
590	Poaceae	Sporobolus	jacquemontii	<i>Sporobolus jacquemontii</i>
591	Spyridiaceae	Spyridia	hypnoides	<i>Spyridia hypnoides</i>
592	Verbenaceae	Stachytarpheta	frantzii	<i>Stachytarpheta frantzii</i>
593	Verbenaceae	Stachytarpheta	guatemalensis	<i>Stachytarpheta guatemalensis</i>
594	Plantaginaceae	Stemodia	durantifolia	<i>Stemodia durantifolia</i>
595	Plantaginaceae	Stemodia	maritima	<i>Stemodia maritima</i>
596	Acanthaceae	Stenandrium	nanum	<i>Stenandrium nanum</i>
597	Poaceae	Stenotaphrum	secundatum	<i>Stenotaphrum secundatum</i>
598	Fabaceae	Stizolobium	pruriens	<i>Stizolobium pruriens</i>
599	Bignoniaceae	Stizophyllum	punctifolium	<i>Stizophyllum punctifolium</i>
600	Bignoniaceae	Stizophyllum	riparium	<i>Stizophyllum riparium</i>
601	Rubiaceae	Strumpfia	maritima	<i>Strumpfia maritima</i>
602	Loranthaceae	Struthanthus	cassythoides	<i>Struthanthus cassythoides</i>
603	Surianaceae	Suriana	maritima	<i>Suriana maritima</i>
604	Fabaceae	Swartzia	cubensis	<i>Swartzia cubensis</i>
605	Meliaceae	Swietenia	macrophylla	<i>Swietenia macrophylla</i>

ID	Familia	Género	Especie	Nombre científico
606	Cymodoceaceae	Syringodium	filiforme	<i>Syringodium filiforme</i>
607	Bignoniaceae	Tabebuia	chrysantha	<i>Tabebuia chrysantha</i>
608	Bignoniaceae	Tecoma	stans	<i>Tecoma stans</i>
609	Fabaceae	Tephrosia	cinerea	<i>Tephrosia cinerea</i>
610	Combretaceae	Terminalia	buceras	<i>Terminalia buceras</i>
611	Combretaceae	Terminalia	catappa	<i>Terminalia catappa</i>
612	Combretaceae	Terminalia	molinetti	<i>Terminalia molinetii</i>
613	Malpighiaceae	Tetrapteryx	schiedeana	<i>Tetrapteryx schiedeana</i>
614	Malpighiaceae	Tetrapteryx	seleriana	<i>Tetrapteryx seleriana</i>
615	Hydrocharitaceae	Thalassia	testudinum	<i>Thalassia testudinum</i>
616	Thelypteridaceae	Thelypteris	kunthii	<i>Thelypteris kunthii</i>
617	Thelypteridaceae	Thelypteris	puberula	<i>Thelypteris puberula</i>
618	Malvaceae	Thespesia	populnea	<i>Thespesia populnea</i>
619	Apocynaceae	Thevetia	gaumeri	<i>Thevetia gaumeri</i>
620	Sapindaceae	Thouinia	canescens	<i>Thouinia canescens</i>
621	Sapindaceae	Thouinia	paucidentata	<i>Thouinia paucidentata</i>
622	Arecaceae	Thrinax	radiata	<i>Thrinax radiata</i>
623	Bromeliaceae	Tillandsia	balbisiana	<i>Tillandsia balbisiana</i>
624	Bromeliaceae	Tillandsia	bulbosa	<i>Tillandsia bulbosa</i>
625	Nyctaginaceae	Torrubia	linearibracteata	<i>Torrubia linearibracteata</i>
626	Heliotropiaceae	Tournefortia	glabra	<i>Tournefortia glabra</i>
627	Heliotropiaceae	Tournefortia	gnaphalodes	<i>Tournefortia gnaphalodes</i>
628	Cannabaceae	Trema	micrantha	<i>Trema micrantha</i>
629	Zygophyllaceae	Tribulus	cistoides	<i>Tribulus cistoides</i>
630	Meliaceae	Trichilia	minutiflora	<i>Trichilia minutiflora</i>
631	Malvaceae	Triumfetta	semitriloba	<i>Triumfetta semitriloba</i>
632	Asteraceae	Trixis	inula	<i>Trixis inula</i>
633	Convolvulaceae	Turbina	corymbosa	<i>Turbina corymbosa</i>
634	Turneraceae	Turnera	diffusa	<i>Turnera diffusa</i>
635	Turneraceae	Turnera	ulmifolia	<i>Turnera ulmifolia</i>
636	Apocynaceae	Urechites	andrewsii	<i>Urechites andrewsii</i>
637	Poaceae	Urochloa	fusca	<i>Urochloa fusca</i>
638	Lentibulariaceae	Utricularia	gibba	<i>Utricularia gibba</i>
639	Fabaceae	Vachellia	collinsii	<i>Vachellia collinsii</i>
640	Apocynaceae	Vailia	anomala	<i>Vailia anomala</i>
641	Lamiaceae	Vitex	gaumeri	<i>Vitex gaumeri</i>
642	Lamiaceae	Vitex	trifolia	<i>Vitex trifolia</i>
643	Malvaceae	Waltheria	americana	<i>Waltheria americana</i>
644	Malvaceae	Waltheria	indica	<i>Waltheria indica</i>
645	Asteraceae	Wedelia	trilobata	<i>Wedelia trilobata</i>
646	Wrangeliaceae	Wrangelia	argus	<i>Wrangelia argus</i>
647	Ximeniaceae	Ximения	americana	<i>Ximения americana</i>

ID	Familia	Género	Especie	Nombre científico
648	Salicaceae	Xylosma	anisophylla	<i>Xylosma anisophylla</i>
649	Salicaceae	Xylosma	flexuosum	<i>Xylosma flexuosum</i>
650	Fabaceae	Zapoteca	formosa	<i>Zapoteca formosa</i>
651	Poaceae	Zea	mays	<i>Zea mays</i>
652	Rhamnaceae	Ziziphus	mauritiana	<i>Ziziphus mauritiana</i>
653	Fabaceae	Zygia	cognata	<i>Zygia cognata</i>
654	Fabaceae	Zygia	recordii	<i>Zygia recordii</i>
655	Fabaceae	Zygia	stevensonii	<i>Zygia stevensonii</i>

En cuanto a la distribución de especies según las familias, la familia más representada fue Leguminosa con 85 especies, tal como se muestra en la **Figura IV:23**.

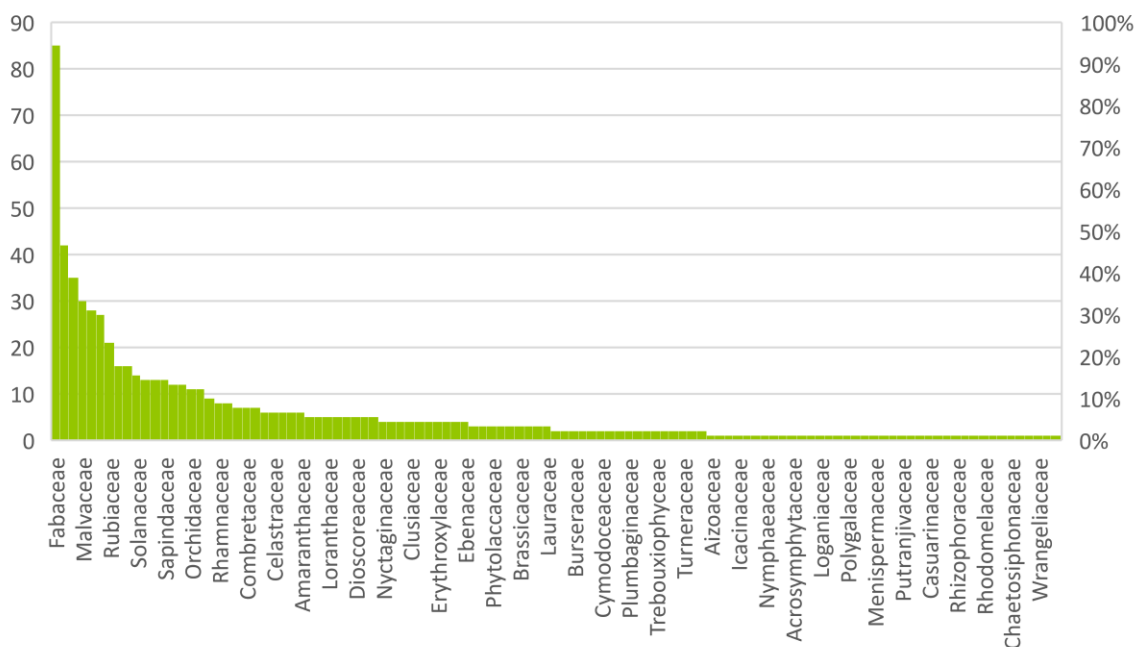


Figura IV:23. Distribución del número de especies según familias.

#### IV.2.3.1.1.4 Especies de flora en la NOM-059-SEMARNAT-2010

En el **Cuadro IV:8** se presenta el listado de las especies de la microcuenca, catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

**Cuadro IV:8. Lista de especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, que se encuentran en la Microcuenca Chumpón**

Familia	Nombre científico	Categoría (NOM-059)
Acanthaceae	<i>Avicennia germinans</i>	A
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	Pr
Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i>	A

Familia	Nombre científico	Categoría (NOM-059)
Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i>	A
Cymodoceaceae	<i>Halodule wrightii</i>	A
Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i>	A
Arecaceae	<i>Pseudophoenix sargentii</i>	A
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	A
Cymodoceaceae	<i>Syringodium filiforme</i>	A
Bignoniaceae	<i>Tabebuia chrysantha</i>	A
Hydrocharitaceae	<i>Thalassia testudinum</i>	Pr
Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	A

#### IV.2.3.1.1.5 Sitios testigo

Con el fin de estimar índices de importancia y diversidad de los ecosistemas forestales presentes en la microcuenca se llevó a cabo un muestreo considerando diversos sitios testigo dentro de la misma, que correspondan con los tipos de vegetación presentes en el interior de las parcelas. De esta manera, se establecieron 3 sitios para la Selva Mediana Subperennifolia (SMQ) y 10 sitios para la vegetación de marisma de zacate o tular (VT). Con los datos obtenidos de estos sitios testigos, se procedió a realizar el análisis de la abundancia y la densidad, tanto para la vegetación de selva como la marisma de zacate, que son los dos tipos de vegetación que están representados en el predio.

#### IV.2.3.1.1.6 Abundancia y densidad

##### Vegetación de selva mediana subperennifolia

En el **Cuadro IV:9**.se presentan las densidades y abundancias del estrato arbóreo de los sitios testigo en selva mediana subperennifolia. Las densidades se obtuvieron como número de individuos en 1500 m<sup>2</sup> de muestreo.

*Cuadro IV:9. Densidades y abundancias del estrato arbóreo en los sitios testigo.*

Especies	Número de individuos	Densidad abs.
<i>Gymnanthes lucida</i>	17	0.0113
<i>Bursera simaruba</i>	14	0.0093
<i>Ficus cotinifolia</i>	1	0.0007
<i>Vitex gaumeri</i>	11	0.0073
<i>Metopium brownei</i>	8	0.0053
<i>Cameraria latifolia</i>	1	0.0007
<i>Acacia dolichostachya</i>	5	0.0033
<i>Havardia albicans</i>	7	0.0047
<i>Gliricidia sepium</i>	1	0.0007
<i>Thouinia paucidentata</i>	4	0.0027

Especies	Número de individuos	Densidad abs.
<i>Zuelania guidonia</i>	1	0.0007
<i>Gymnopodium floribundum</i>	5	0.0033
<i>Astronium graveolens</i>	1	0.0007
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	3	0.0020
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	4	0.0027
<i>Calyptranthes pallens</i>	3	0.0020
<i>Neea psychotrioides</i>	3	0.0020
<i>Piscidia piscipula</i>	3	0.0020
<i>Semialarium mexicanum</i>	3	0.0020
<i>Drypetes lateriflora</i>	4	0.0027
<i>Psidium sartorianum</i>	3	0.0020
<i>Exothea diphylla</i>	1	0.0007
<i>Nectandra coriacea</i>	1	0.0007
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	2	0.0013
<i>Randia longiloba</i>	2	0.0013
<i>Byrsonima bucidifolia</i>	2	0.0013
<i>Jatropha gaumeri</i>	1	0.0007
<i>Thrinax radiata</i>	1	0.0007
<i>Brosimum alicastrum</i>	1	0.0007
<i>Eugenia axillaris</i>	1	0.0007
<i>Myroxylon balsamum</i>	1	0.0007
<i>Diospyros anisandra</i>	1	0.0007
<i>Cordia gerascanthus</i>	2	0.0013
<i>Chloroleucon mangense</i>	1	0.0007
<i>Forchhammeria trifoliata</i>	1	0.0007
<i>Oxandra lanceolata</i>	1	0.0007
<i>Ficus maxima</i>	1	0.0007
<i>Manilkara zapota</i>	1	0.0007
<i>Erythroxylum rotundifolium</i>	1	0.0007
<i>Coccoloba diversifolia</i>	1	0.0007
<i>Hampea trilobata</i>	1	0.0007
<i>Melicoccus oliviformis</i>	1	0.0007
<i>Coccoloba spicata</i>	1	0.0007
<i>Diospyros yucatanensis</i>	1	0.0007
<b>Total general</b>	<b>129</b>	<b>0.0860</b>

En el **Cuadro IV:10** se presentan las densidades y abundancias del estrato arbustivo de los sitios testigo en selva mediana subperennifolia. Las densidades se obtuvieron como número de individuos en 300 m<sup>2</sup> de muestreo.

**Cuadro IV:10. Densidades y abundancias del estrato arbustivo en los sitios testigo.**

Especies	Número de individuos	Densidad abs.
<i>Thouinia paucidentata</i>	9	0.0300
<i>Oxandra lanceolata</i>	7	0.0233
<i>Drypetes lateriflora</i>	4	0.0133
<i>Calyptranthes pallens</i>	1	0.0033
<i>Astronium graveolens</i>	3	0.0100
<i>Havardia albicans</i>	1	0.0033
<i>Piscidia piscipula</i>	2	0.0067
<i>Thrinax radiata Lodd.</i>	3	0.0100
<i>Gymnanthes lucida</i>	3	0.0100
<i>Myrcianthes fragrans</i>	1	0.0033
<i>Hampea trilobata</i>	1	0.0033
<i>Bauhinia divaricata</i>	2	0.0067
<i>Acacia dolichostachya</i>	2	0.0067
<i>Eugenia axillaris</i>	2	0.0067
<i>Blomia prisca</i>	2	0.0067
<i>Diospyros yucatanensis</i>	1	0.0033
<i>Coccoloba diversifolia</i>	1	0.0033
<i>Chloroleucon mangense</i>	1	0.0033
<i>Byrsonima bucidifolia</i>	1	0.0033
<i>Manilkara zapota</i>	1	0.0033
<i>Ficus maxima</i>	1	0.0033
<i>Neea psychotrioides</i>	1	0.0033
<i>Ardisia escallonioides</i>	1	0.0033
<i>Gliricidia sepium</i>	1	0.0033
<i>Gymnopodium floribundum</i>	1	0.0033
<i>Croton arboreus</i>	1	0.0033
<i>Bursera simaruba</i>	1	0.0033
<i>Forchhammeria trifoliata</i>	1	0.0033
<b>Total general</b>	<b>56</b>	<b>0.18666667</b>

En el **Cuadro IV:11**.se presentan las densidades y abundancias del estrato arbustivo de los sitios testigo en selva mediana subperennifolia. Las densidades se obtuvieron como número de individuos en 15 m<sup>2</sup> de muestreo.

**Cuadro IV:11. Densidades y abundancias del estrato herbáceo en los sitios testigo.**

Especie	Número de individuos	Densidad abs
<i>Anthurium schlechtendalii</i>	8	0.53
<i>Amphilophium paniculatum</i>	1	0.07

Especie	Número de individuos	Densidad abs
<i>Eugenia axillaris</i>	4	0.27
<i>Sabal yapa</i>	3	0.20
<i>Thrinax radiata</i>	2	0.13
<i>Paullinia cururu</i>	2	0.13
<i>Oxandra lanceolata</i>	1	0.07
<i>Piper amalago</i>	1	0.07
<i>Thouinia paucidentata</i>	1	0.07
<i>Coccoloba cozumelensis</i>	2	0.13
<i>Chamaedorea seifrizii</i>	2	0.13
<i>Amyris sylvatica</i>	1	0.07
<i>Diospyros yucatanensis</i>	1	0.07
<i>Gymnanthes lucida</i>	1	0.07
<i>Calypttranthes pallens</i>	1	0.07
<i>Manilkara zapota</i>	1	0.07
<i>Psychotria nervosa</i>	1	0.07
<i>Cordia alliodora</i>	1	0.07
<i>Adenocalymma inundatum</i>	1	0.07
<b>Total general</b>	<b>35</b>	<b>2.33</b>

#### Vegetación de marisma de zacate

Finalmente, en el **Cuadro IV:12** se presentan los valores de densidad y abundancia por especie. En este caso, la densidad se expresa en número de individuos en 200 m lineales de muestreo.

*Cuadro IV:12. Densidades y abundancias obtenidas del muestreo para la vegetación de marisma de zacate.*

Etiquetas de fila	Suma de Número de individuos	Densidad
<i>Cladium jamaicense</i>	9,166	45.83
<i>Conocarpus erectus</i>	20	0.1
<i>Jacquina macrocarpa</i>	1	0.005
<i>Rhizophora mangle</i>	4	0.02
<i>Sagittaria lancifolia</i>	27	0.135
<i>Solanum erianthum</i>	4	0.02
<b>Total general</b>	<b>9,222</b>	<b>46.11</b>

#### *IV.2.3.1.1.7 Índices de Valor de Importancia*

#### Vegetación de selva mediana subperennifolia

Los índices de valor de importancia para la vegetación de selva, se calcularon para los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo; es decir, para las áreas de muestreo de 500, 100 y

5 m<sup>2</sup>. La metodología empleada para el cálculo de estos índices es la que describe Zarco et al. (2010)<sup>82</sup>, la cual incluye las siguientes ecuaciones:

$$IVI = \text{Dominancia relativa} + \text{Densidad relativa} + \text{Frecuencia relativa}$$

La dominancia relativa se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia absoluta por especie}}{\text{Dominancia absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Donde:

$$\text{Dominancia absoluta} = \frac{\text{Área basal de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

El área basal se obtuvo con la fórmula siguiente:

$$AB = \frac{\pi}{4} DAP^2$$

Donde DAP es el diámetro a la altura normal (1.30 m).

En el caso del estrato herbáceo muestreado en sitios de 5 m<sup>2</sup>, se usó como parámetro de dominancia la cobertura; el área horizontal ocupada por los individuos. De esta forma, se tiene que:

$$\text{Cobertura relativa} = \frac{\text{Cobertura absoluta por especie}}{\text{Cobertura absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Donde:

$$\text{Cobertura absoluta} = \frac{\text{Cobertura de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

La cobertura por especie se estimó mediante la fórmula para el área de una elipse:

$$A = \pi ab$$

Donde:

$$\pi = 3.1416$$

a=semieje mayor

---

<sup>82</sup> Zarco, V., Valdez, J., Ángeles, G. & Castillo, O., 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo, 26(1), pp. 1-17.



b= semieje menor

La densidad relativa se calculó de la siguiente forma:

$$Densidad\ relativa = \frac{Densidad\ absoluta\ por\ especie}{Densidad\ absoluta\ de\ todas\ las\ especies} \times 100$$

Donde:

$$Densidad\ absoluta = \frac{Número\ de\ individuos\ de\ una\ especie}{Área\ muestreada}$$

La frecuencia relativa se calculó de la siguiente forma:

$$Frecuencia\ relativa = \frac{Frecuencia\ absoluta\ por\ cada\ especie}{Frecuencia\ absoluta\ de\ todas\ las\ especies} \times 100$$

Donde:

$$Frecuencia\ absoluta = \frac{Número\ de\ cuadrantes\ en\ los\ que\ se\ presenta\ cada\ especie}{Número\ total\ de\ cuadrantes\ muestreados}$$

Con este marco metodológico se obtuvieron los siguientes resultados:

- Estrato arbóreo

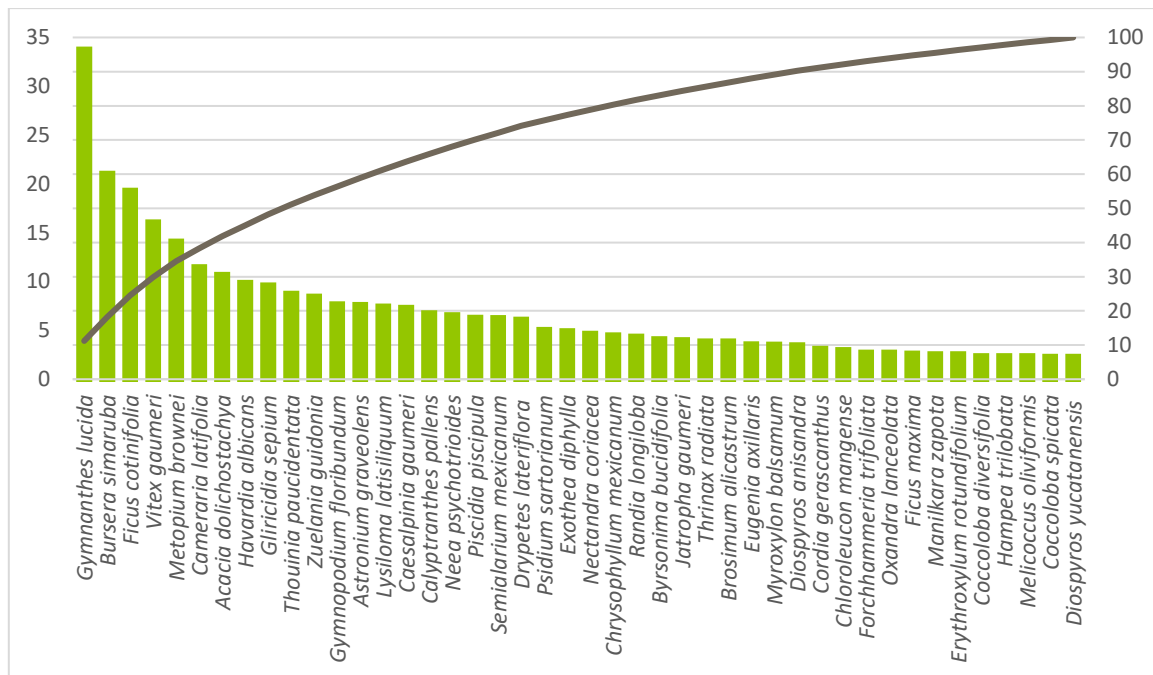
En el **Cuadro IV:13**. se muestran los resultados de los índices de valor de importancia para el estrato arbóreo de los sitios testigo.

**Cuadro IV:13. Índices de valor de importancia para el estrato arbóreo de los sitios testigo**

Especies	Número de individuos	Área basal (m <sup>2</sup> )	Área muestreada	Dominancia abs.	Dom rel.	Densidad abs.	Densidad relativa	Número de cuadrantes	Frec.abs.	Frec. Rel	I.V.I
<i>Gymnanthes lucida</i>	17	0.50	1,500	0.00033	14.77	0.0113	13.18	5.00	0.42	5.68	33.63
<i>Bursera simaruba</i>	14	0.07	1,500	0.00005	2.10	0.0093	10.85	7.00	0.58	7.95	20.91
<i>Ficus cotinifolia</i>	1	0.58	1,500	0.00039	17.25	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	19.16
<i>Vitex gaumeri</i>	11	0.02	1,500	0.00001	0.57	0.0073	8.53	6.00	0.50	6.82	15.91
<i>Metopium brownei</i>	8	0.03	1,500	0.00002	0.94	0.0053	6.20	6.00	0.50	6.82	13.96
<i>Cameraria latifolia</i>	1	0.32	1,500	0.00021	9.41	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	11.32
<i>Acacia dolichostachya</i>	5	0.07	1,500	0.00005	2.15	0.0033	3.88	4.00	0.33	4.55	10.57
<i>Havardia albicans</i>	7	0.03	1,500	0.00002	0.88	0.0047	5.43	3.00	0.25	3.41	9.72
<i>Gliricidia sepium</i>	1	0.26	1,500	0.00017	7.56	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	9.48
<i>Thouinia paucidentata</i>	4	0.03	1,500	0.00002	0.98	0.0027	3.10	4.00	0.33	4.55	8.63
<i>Zuelania guidonia</i>	1	0.22	1,500	0.00014	6.41	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	8.32
<i>Gymnopodium floribundum</i>	5	0.01	1,500	0.00001	0.25	0.0033	3.88	3.00	0.25	3.41	7.53
<i>Astronium graveolens</i>	1	0.19	1,500	0.00012	5.55	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	7.46
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	3	0.09	1,500	0.00006	2.70	0.0020	2.33	2.00	0.17	2.27	7.30
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	4	0.02	1,500	0.00002	0.67	0.0027	3.10	3.00	0.25	3.41	7.18
<i>Calyptranthes pallens</i>	3	0.03	1,500	0.00002	0.88	0.0020	2.33	3.00	0.25	3.41	6.61
<i>Neea psychotrioides</i>	3	0.06	1,500	0.00004	1.82	0.0020	2.33	2.00	0.17	2.27	6.42
<i>Piscidia piscipula</i>	3	0.01	1,500	0.00001	0.42	0.0020	2.33	3.00	0.25	3.41	6.15
<i>Semialarium mexicanum</i>	3	0.05	1,500	0.00003	1.54	0.0020	2.33	2.00	0.17	2.27	6.14
<i>Drypetes lateriflora</i>	4	0.02	1,500	0.00001	0.58	0.0027	3.10	2.00	0.17	2.27	5.95
<i>Psidium sartorianum</i>	3	0.01	1,500	0.00001	0.33	0.0020	2.33	2.00	0.17	2.27	4.93
<i>Exothea diphylla</i>	1	0.10	1,500	0.00006	2.86	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	4.77
<i>Nectandra coriacea</i>	1	0.09	1,500	0.00006	2.62	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	4.53
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	2	0.02	1,500	0.00001	0.52	0.0013	1.55	2.00	0.17	2.27	4.34
<i>Randia longiloba</i>	2	0.01	1,500	0.00001	0.42	0.0013	1.55	2.00	0.17	2.27	4.24
<i>Byrsonima bucidifolia</i>	2	0.04	1,500	0.00003	1.27	0.0013	1.55	1.00	0.08	1.14	3.96

Especies	Número de individuos	Área basal (m <sup>2</sup> )	Área muestreada	Dominancia abs.	Dom rel.	Densidad abs.	Densidad relativa	Número de cuadrantes	Frec.abs.	Frec. Rel	I.V.I
<i>Jatropha gaumeri</i>	1	0.07	1,500	0.00004	1.94.	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	3.85
<i>Thrinax radiata</i>	1	0.06	1,500	0.00004	1.84	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	3.75
<i>Brosimum alicastrum</i>	1	0.06	1,500	0.00004	1.83	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	3.74
<i>Eugenia axillaris</i>	1	0.05	1,500	0.00003	1.54	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	3.45
<i>Myroxylon balsamum</i>	1	0.05	1,500	0.00003	1.51	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	3.42
<i>Diospyros anisandra</i>	1	0.01	1,500	0.00001	0.31	0.0007	0.78	2.00	0.17	2.27	3.35
<i>Cordia gerascanthus</i>	2	0.01	1,500	0.00001	0.29	0.0013	1.55	1.00	0.08	1.14	2.98
<i>Chloroleucon mangense</i>	1	0.03	1,500	0.00002	0.94	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	2.85
<i>Forchhammeria trifoliata</i>	1	0.02	1,500	0.00002	0.69	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	2.60
<i>Oxandra lanceolata</i>	1	0.02	1,500	0.00001	0.66	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	2.57
<i>Ficus maxima</i>	1	0.02	1,500	0.00001	0.57	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	2.48
<i>Manilkara zapota</i>	1	0.02	1,500	0.00001	0.50	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	2.41
<i>Erythroxylum rotundifolium</i>	1	0.02	1,500	0.00001	0.50	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	2.41
<i>Coccoloba diversifolia</i>	1	0.01	1,500	0.00001	0.33	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	2.24
<i>Hampea trilobata</i>	1	0.01	1,500	0.00001	0.31	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	2.23
<i>Melicoccus oliviformis</i>	1	0.01	1,500	0.00001	0.31	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	2.22
<i>Coccoloba spicata</i>	1	0.01	1,500	0.00001	0.26	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	2.18
<i>Diospyros yucatanensis</i>	1	0.01	1,500	0.00001	0.25	0.0007	0.78	1.00	0.08	1.14	2.16
Total general	129	3.38	1,500	0.00225	100	0.0860	100	12	7.33	100	300

En la **Figura IV:24** se presenta gráficamente la distribución de los índices de importancia relativa del estrato arbóreo en los sitios testigo. Se puede observar que la especie *Gymnanthes lucida* (33.63), fue la que exhibió mayor índice de valor de importancia, seguida de *Bursera simaruba* (20.91), *Ficus cotinifolia* (19.16), *Vitex gaumeri* (15.91), *Metopium brownei* (13.96), *Cameraria latifolia* (11.32), *Acacia dolichostachya* (10.57) *Havardia albicans* (9.72), *Gliricidia sepium* (9.41) y *Thouinia paucidentata* (8.36). Estas 10 especies (22% del total del estrato), representan el 51% del valor total del IVI. Las restantes especies representan el 49% de este valor.



**Figura IV:24.** Índice de valor de importancia por especie en el estrato arbóreo de los sitios testigo.

- **Estrato arbustivo**

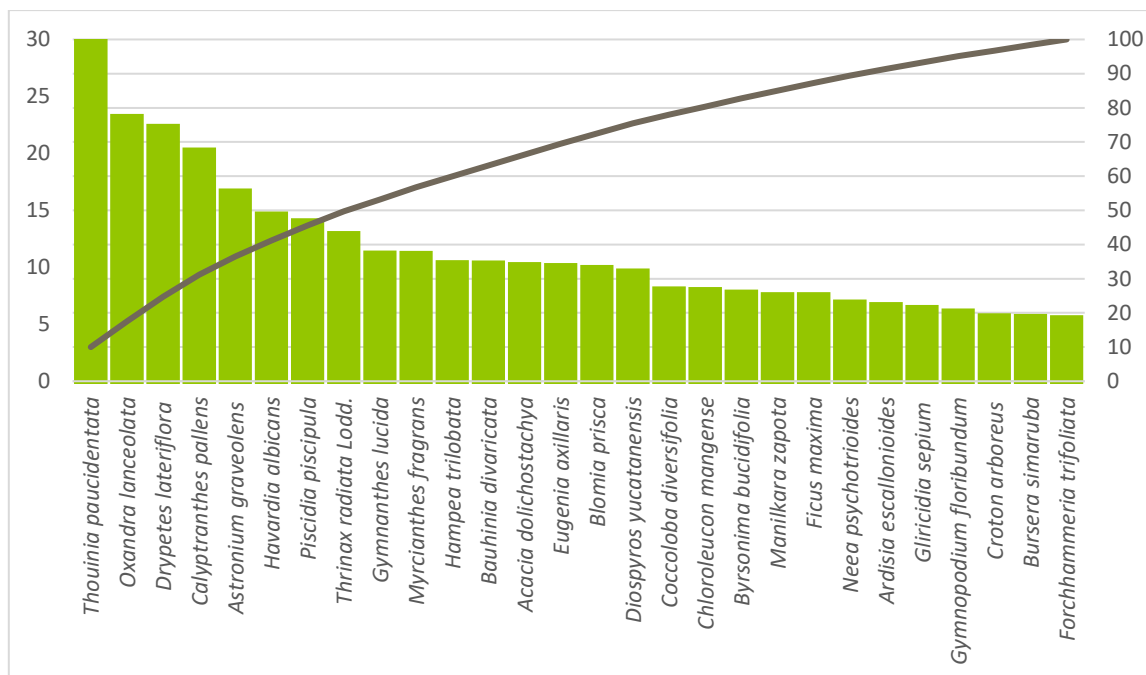
En el **Cuadro IV:14** se muestran los resultados de los índices de valor de importancia para el estrato arbustivo de los sitios testigo.

**Cuadro IV:14. Índices de valor de importancia para el estrato arbustivo en los sitios testigo**

Especies	Número de individuos	Área basal	Área muestreada	Dom. Abs.	Dom. Rel.	Dens. abs.	Dens. Rel.	Número de cuadrantes	Frec. Rel.	I.V.I	
<i>Thouinia paucidentata</i>	9	0.0069	300	2.3E-05	3.27	0.0300	16.07	5	0.42	10.64	29.98
<i>Oxandra lanceolata</i>	7	0.0032	300	1.1E-05	1.50	0.0233	12.50	4	0.33	8.51	22.51
<i>Drypetes lateriflora</i>	4	0.0127	300	4.2E-05	5.97	0.0133	7.14	4	0.33	8.51	21.62
<i>Calyptranthes pallens</i>	1	0.0331	300	1.1E-04	15.63	0.0033	1.79	1	0.08	2.13	19.54
<i>Astronium graveolens</i>	3	0.0134	300	4.5E-05	6.34	0.0100	5.36	2	0.17	4.26	15.96
<i>Havardia albicans</i>	1	0.0212	300	7.1E-05	10.01	0.0033	1.79	1	0.08	2.13	13.93
<i>Piscidia piscipula</i>	2	0.0072	300	2.4E-05	3.38	0.0067	3.57	3	0.25	6.38	13.33
<i>Thrinax radiata Lodd.</i>	3	0.0055	300	1.8E-05	2.60	0.0100	5.36	2	0.17	4.26	12.21
<i>Gymnanthes lucida</i>	3	0.0019	300	6.4E-06	0.90	0.0100	5.36	2	0.17	4.26	10.51
<i>Myrcianthes fragrans</i>	1	0.0139	300	4.6E-05	6.58	0.0033	1.79	1	0.08	2.13	10.49
<i>Hampea trilobata</i>	1	0.0122	300	4.1E-05	5.75	0.0033	1.79	1	0.08	2.13	9.67
<i>Bauhinia divaricata</i>	2	0.0039	300	1.3E-05	1.82	0.0067	3.57	2	0.17	4.26	9.64
<i>Acacia dolichostachya</i>	2	0.0035	300	1.2E-05	1.66	0.0067	3.57	2	0.17	4.26	9.48
<i>Eugenia axillaris</i>	2	0.0033	300	1.1E-05	1.58	0.0067	3.57	2	0.17	4.26	9.40
<i>Blomia prisca</i>	2	0.0030	300	1.0E-05	1.43	0.0067	3.57	2	0.17	4.26	9.25
<i>Diospyros yucatanensis</i>	1	0.0106	300	3.5E-05	5.02	0.0033	1.79	1	0.08	2.13	8.93
<i>Coccoloba diversifolia</i>	1	0.0073	300	2.4E-05	3.46	0.0033	1.79	1	0.08	2.13	7.37
<i>Chloroleucon mangense</i>	1	0.0072	300	2.4E-05	3.38	0.0033	1.79	1	0.08	2.13	7.29
<i>Byrsonima bucidifolia</i>	1	0.0067	300	2.2E-05	3.16	0.0033	1.79	1	0.08	2.13	7.07
<i>Manilkara zapota</i>	1	0.0062	300	2.1E-05	2.94	0.0033	1.79	1	0.08	2.13	6.86
<i>Ficus maxima</i>	1	0.0062	300	2.1E-05	2.94	0.0033	1.79	1	0.08	2.13	6.86
<i>Neea psychotrioides</i>	1	0.0049	300	1.6E-05	2.30	0.0033	1.79	1	0.08	2.13	6.21
<i>Ardisia escallonioides</i>	1	0.0044	300	1.5E-05	2.07	0.0033	1.79	1	0.08	2.13	5.99
<i>Gliricidia sepium</i>	1	0.0039	300	1.3E-05	1.82	0.0033	1.79	1	0.08	2.13	5.73
<i>Gymnopodium floribundum</i>	1	0.0032	300	1.1E-05	1.50	0.0033	1.79	1	0.08	2.13	5.41
<i>Croton arboreus</i>	1	0.0023	300	7.7E-06	1.08	0.0033	1.79	1	0.08	2.13	5.00

Especies	Número de individuos	Área basal	Área muestreada	Dom. Abs.	Dom. Rel.	Dens. abs.	Dens. Rel.	Número de cuadrantes	Frec. Rel.	I.V.I	
<i>Bursera simaruba</i>	1	0.0022	300	7.2E-06	1.02	0.0033	1.79	1	0.08	2.13	4.94
<i>Forchhammeria trifoliata</i>	1	0.0019	300	6.4E-06	0.90	0.0033	1.78571429	1	0.08	2.13	4.82
<b>Total general</b>	56	0.2120	300	0.00071	100	0.1866	100	12	3.92	100	300

En la **Figura IV:25** se presenta gráficamente la distribución de los índices de importancia relativa del estrato arbóreo en los sitios testigo. Como se puede observar, las 10 primeras especies representan el 60% del valor total del IVI. La especie con mayor valor fue *Thouinia paucidentata* con (29.98), seguida de *Oxandra lanceolata* (22.51), *Drypetes lateriflora* (21.62), *Calyptrotrantes pallens* (19.54) *Astronium graveolens* (15.96) *Havardia albicans* (13.93), *Piscidia piscipula* (13.33), *Thrinax radiata* (12.21), *Gymnanthes lucida* (10.51), *Myrcianthes fragrans* (10.49), *Hampea trilobata* (9.67). Las restantes 17 especies representan el 40% del valor total del IVI.



**Figura IV:25.** Índices de valor de importancia para el estrato arbustivo de los sitios testigo.

- Estrato herbáceo

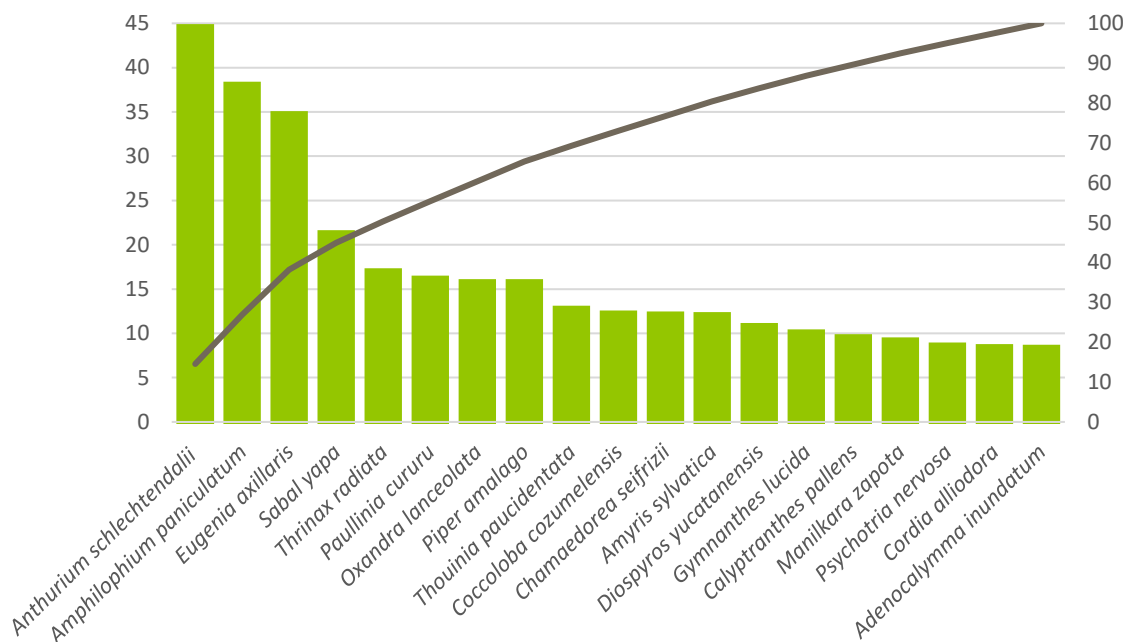
En el **Cuadro IV:15** se muestran los resultados de los índices de valor de importancia para el estrato arbustivo de los sitios testigo.

**Cuadro IV:15. Índices de valor de importancia para el estrato herbáceo en los sitios testigo.**

Especie	Número de individuos	Área muestreada	Cobertura	Dom. Abs.	Dom. Rel.	Densidad abs.	Densidad rel.	Número de sitios	Frec. abs.	Frec. Rel.	I.V.I
<i>Anthurium schlechtendalii</i>	8	15	14.83	0.99	11.69	0.53	22.86	2	0.67	9.09	43.64
<i>Amphilophium paniculatum</i>	1	15	37.70	2.51	29.73	0.07	2.86	1	0.33	4.55	37.13
<i>Eugenia axillaris</i>	4	15	16.87	1.12	13.30	0.27	11.43	2	0.67	9.09	33.82
<i>Sabal yapa</i>	3	15	3.42	0.23	2.70	0.20	8.57	2	0.67	9.09	20.36
<i>Thrinax radiata</i>	2	15	7.35	0.49	5.80	0.13	5.71	1	0.33	4.55	16.06
<i>Paullinia cururu</i>	2	15	6.31	0.42	4.98	0.13	5.71	1	0.33	4.55	15.24
<i>Oxandra lanceolata</i>	1	15	9.42	0.63	7.43	0.07	2.86	1	0.33	4.55	14.83
<i>Piper amalago</i>	1	15	9.42	0.63	7.43	0.07	2.86	1	0.33	4.55	14.83
<i>Thouinia paucidentata</i>	1	15	5.65	0.38	4.46	0.07	2.86	1	0.33	4.55	11.86
<i>Coccoloba cozumelensis</i>	2	15	1.32	0.09	1.04	0.13	5.71	1	0.33	4.55	11.30
<i>Chamaedorea seifrizii</i>	2	15	1.19	0.08	0.94	0.13	5.71	1	0.33	4.55	11.20
<i>Amyris sylvatica</i>	1	15	4.71	0.31	3.72	0.07	2.86	1	0.33	4.55	11.12
<i>Diospyros yucatanensis</i>	1	15	3.14	0.21	2.48	0.07	2.86	1	0.33	4.55	9.88
<i>Gymnanthes lucida</i>	1	15	2.26	0.15	1.78	0.07	2.86	1	0.33	4.55	9.19
<i>Calyptanthes pallens</i>	1	15	1.54	0.10	1.21	0.07	2.86	1	0.33	4.55	8.62
<i>Manilkara zapota</i>	1	15	1.10	0.07	0.87	0.07	2.86	1	0.33	4.55	8.27
<i>Psychotria nervosa</i>	1	15	0.38	0.03	0.30	0.07	2.86	1	0.33	4.55	7.70
<i>Cordia alliodora</i>	1	15	0.13	0.01	0.10	0.07	2.86	1	0.33	4.55	7.50
<i>Adenocalymma inundatum</i>	1	15	0.06	0.00	0.05	0.07	2.86	1	0.33	4.55	7.45
<b>Total general</b>	<b>35</b>		<b>126.83</b>	<b>8.46</b>	<b>100</b>	<b>2.33</b>	<b>100</b>	<b>3</b>	<b>7.33</b>		<b>300</b>



En la **Figura IV:26** se presenta la representación gráfica de la estructura de la vegetación del estrato herbáceo en los sitios testigo. Se puede observar que las primeras 10 especies, que son aproximadamente la mitad de todas las que se observaron en los sitios testigo, representan el 73% del valor total del IVI. La especie que mayor valor exhibió en este estrato fue *Anthurium schlechtendalii* con 43.64, seguida de *Amphilophium paniculatum* (37.13), *Eugenia axillaris* (33.82), *Sabal yapa* (20.36), *Thrinax radiata* (16.06), *Paullinia cururu* (15.24), *Oxandra lanceolata* (14.83), *Piper amalago* (14.83), *Thouinia paucidentata* (11.86) y *Coccoloba cozumelensis* (11.30). Las restantes 9 especies representan el 27% del valor del IVI.



**Figura IV:26.** Índices de valor de importancia para el estrato herbáceo de los sitios testigo.

### Vegetación de marisma

Para efectos del cálculo de los índices de valor de importancia (IVI) descrito por Cottam y Curtis (1956)<sup>83</sup> en la vegetación de marisma del SAR, se utilizó una adaptado para el cálculo de los parámetros con el método muestre de intercepción en línea desarrollado por Canfield (1941)<sup>84</sup>, con el fin de realizar el análisis por línea.

El índice de valor de importancia El índice de valor de importancia define cuáles de las especies presentes contribuyen en el carácter y estructura de un ecosistema. Este valor se obtiene mediante la suma de la frecuencia, densidad y dominancia relativas de cada especie, las cuales se obtienen mediante las siguientes ecuaciones, modificadas para efectos del análisis por línea.

La frecuencia relativa se obtuvo de la siguiente manera:

$$Frecuencia\ relativa = \frac{Frecuencia\ absoluta_i}{\sum Frecuencia\ absoluta}$$

Donde la frecuencia absoluta se refiere a el número de individuos de cada especie (i) en la línea correspondiente y la suma de la frecuencia absoluta corresponde al número total de individuos en la línea.

$$Densidad\ relativa = \frac{Densidad\ absoluta_i}{\sum Densidad\ absoluta}$$

Donde

$$Densidad\ absoluta = \frac{Frecuencia\ absoluta_i}{Longitud_i}$$

La suma de densidad absoluta es la densidad total en individuos/m de toda la línea y la  $logitud_i$  es la longitud medida en el muestreo de cada especie i en la línea correspondiente.

$$Densidad\ relativa = \frac{Longitud_i}{\sum Longitud}$$

Donde la  $longitud_i$  es la longitud medida de cada especie i en la línea correspondiente, mientras que la suma de las longitudes de cada especie corresponde a la longitud total de la línea, que en este caso fue de 20 m cada una.

---

<sup>83</sup> Cottam, G. & Curtis, J. T., 1956. The Use of Distance Measures in Phytosociological Sampling.. Ecology, 37(3), pp. 451-460.

<sup>84</sup> Canfield, R. H., 1941. Application of the line intereception Method in Sampling Range Vegetation. Journal of forestry, 39(4), pp. 388-394.

En total se realizó el muestreo de 10 líneas de Canfield para todo el predio, de las que se obtuvieron los resultados de IVI que se presentan a continuación (**Cuadro IV:16**). Puede observarse que existe una clara dominancia de *Cladium jamaicense* en la vegetación de marisma de zacate.

*Cuadro IV:16. Resultados del Índice de Valor de Importancia para la vegetación de marisma de zacate en los sitios testigo (SAR).*

Especies	Frecuencia	Fac	Dens	DR	DoR	IVI
<i>Cladium jamaicense</i>	9,166	99.39	35.27	88.83	93.56	281.78
<i>Conocarpus erectus</i>	20	0.22	1.41	3.55	1.95	5.72
<i>Jacquina macrocarpa</i>	1	0.01	0.01	0.03	0.43	0.47
<i>Rhizophora mangle</i>	4	0.04	0.23	0.58	0.43	1.05
<i>Sagittaria lancifolia</i>	27	0.29	2.40	6.05	3.40	9.74
<i>Solanum erianthum</i>	4	0.04	0.38	0.96	0.25	1.25
<b>Total general</b>	<b>9,222</b>	<b>100</b>	<b>39.70</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

#### *IV.2.3.1.1.8 Índices de diversidad*

Tanto para la vegetación de selva mediana subperennifolia como para la de marisma en los sitios testigo del SAR, se calcularon los índices de Shannon (H'), Simpson (1-D), Margalef (Mg) y de equidad (E), para los que se utilizaron las siguientes ecuaciones:

#### Índice de Shannon (H')

El índice de Shannon refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Conceptualmente, es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad. Esto es, si una comunidad de S especies es muy homogénea, por ejemplo, porque existe una especie claramente dominante y las restantes S-1 especies apenas presentes, el grado de incertidumbre será más bajo que si todas las S especies fueran igualmente abundantes (Pla, 2006)<sup>85</sup>.

Según varios estudios realizados para la medición de la diversidad de variados tipos de organismos, tales como los de Donjuán et al. (2017)<sup>86</sup>; Salinas et al (2016)<sup>87</sup>; Alonso-Ferrel

<sup>85</sup> Pla, L., 2006. Biodiversidad: Interferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8), pp. 583-590.

<sup>86</sup> Donjuán, C. A., Vargas, O. N., Osorio, C. M. & Rojas, D. F., 2017. Evaluación de la Biodiversidad y Caracterización Estructural de un Bosque de Encino (*Quercus L.*) en la Sierra Madre del Sur, M. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 14(35), pp. 68-75.

<sup>87</sup> Salinas, F. Flores, J.G.; Helenes, J.; Tellez, M.A. y Aranda, F.J., 2016. Paleocología y cronoestadigrafía de las diatomeas del Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, del Mioceno de Baja California, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 68(3), pp. 537-552.

et al. (2014)<sup>88</sup> y Jiménez et al. (2016)<sup>89</sup>, este índice se representa normalmente como  $H'$  y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos. No tiene límite superior o en todo caso lo da la base del logaritmo que se utilice. Por otra parte, de acuerdo con (Magurran, 2004)<sup>90</sup>, el valor del índice de Shannon obtenido de datos empíricos comúnmente cae entre 1.5 y 3.5 y raramente sobrepasa 4. Es solamente cuando hay grandes cantidades de especies en la muestra que se producen valores altos. Una explicación de esto la proporciona Margalef (1995)<sup>91</sup> y es que la diversidad es una medida logarítmica que tiene hasta cierto punto un carácter asintótico que hace que sea un índice poco sensible en el rango de valores que se aproximan a su límite superior.

$$H' = \sum p_i \ln p_i$$

Donde

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

En la que, a su vez  $n_i$  corresponde al número de individuos de cada especie  $i$  y  $N$  es el número total de individuos en la muestra.

#### Índice de Simpson (1-D)

El índice de Simpson utilizado en el presente estudio, en realidad es el complemento (1-D), del índice propuesto por Simpson (1949)<sup>92</sup>, el cual refleja el grado de dominancia de una o varias especies en la comunidad. El complemento (1-D) refleja el grado de uniformidad de la comunidad y es un indicador más adecuado para reflejar la diversidad de la comunidad (Magurran, 2004). El índice de Simpson (D) se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^s n(n-1)}{N(N-1)}$$

Donde  $n$  es el número de individuos de cada especie  $i$  y  $N$  es el número total de individuos en la muestra.

---

<sup>88</sup> Alonso-Ferrel, C. L., Ángel, M., Bazualdo, S. & García, L., 2014. Estudio de la Diversidad de Dinoflagelados en los canales de Xochimilco. Universidad Autónoma Metropolitana.

<sup>89</sup> Jiménez, E., Lacayo, R., Mayorga, J. & Somamba, O., 2016. Identificación y diversidad de insectos asociados al cultivo de marango (*Moringa oleifera* L.) en Nicaragua. La Calera, Revista Científica, 16(7), pp. 86-93.

<sup>90</sup> Magurran, A., 2004. Measuring Biological Diversity: Blackwell Science.

<sup>91</sup> Margalef, R., 1995. Ecología. Barcelona, España: Omega.

<sup>92</sup> Simpson, E. H., 1949. Measurement of diversity. Nature, Volumen 163, p. 688.

### Índice de Margalef

El índice de Margalef (1958)<sup>93</sup> es un indicador de riqueza que intenta compensar el efecto del muestreo dividiendo la riqueza o número de especies por el número total de individuos en la muestra (Magurran, 2004). La ecuación utilizada para determinarlo es la siguiente:

$$Mg = \frac{(S - 1)}{\ln N}$$

Donde S es el número de especies identificadas en la muestra y N es el número total de individuos en la muestra.

Se considera que valores de este índice menores de 2 son bajos, mientras que valores mayores de 5 son altos (Margalef, 1995).

### Índice de Equidad

El índice de equidad (E) utilizado fue propuesto por Pielou (1965)<sup>94</sup> para reflejar la uniformidad en la distribución de individuos en la muestra (Magurran, 2004).

$$E = \frac{H'}{H'_{max}} = \frac{H'}{\ln S}$$

### Resultados para la vegetación de selva mediana subperennifolia (SMQ)

Para efectos de determinar la diversidad en la vegetación de selva mediana subperennifolia se llevó a cabo un muestreo de 3 sitios en círculos concéntricos de 500, 100 y 5 m<sup>2</sup> para representar los estratos arbóreo (DN<sub>≥</sub>10 cm), arbustivo (5<sub>≤</sub>DN<10 cm) y herbáceo (DN<5 cm). En este sentido, los resultados de los cálculos fueron los que se presentan en el **Cuadro IV:17**. Estos resultados muestran niveles de medios a bajos de diversidad en los tres estratos, pero mayores a los obtenidos en el predio (**ver apartado IV.3**); y altos en uniformidad en la distribución de los individuos.

*Cuadro IV:17. Resultados de las estimaciones de los índices de diversidad en los sitios testigo de selva mediana subperennifolia (SQM).*

Estrato	Sitio	H'	1-D	E	Mg
Arbóreo (DN <sub>≥</sub> 10 cm)	Sitio 1	2.6443	0.9359	0.9149	4.6084
	Sitio 2	2.3865	0.8778	0.8778	4.0494

<sup>93</sup> Margalef, R., 1958. Information Theory in Ecology. Gen. Systems, Volumen 3, pp. 36-71.

<sup>94</sup> Pielou, E. C., 1965. The use of information theory in the study of the diversity of biological populations. Proceedings of the fifth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability, Volumen 4, pp. 163-177.

Estrato	Sitio	H'	1-D	E	Mg
Área de 500 m <sup>2</sup>	Sitio 3	2.8398	0.9474	0.9187	5.8157
	<b>Promedio</b>	<b>2.6236</b>	<b>0.9204</b>	<b>0.9038</b>	<b>4.8245</b>
Arbustivo (5 ≤ DN < 10 cm) Área de 100 m <sup>2</sup>	Sitio 1	2.3854	0.9316	0.9300	4.0057
	Sitio 2	1.7987	0.8909	0.9243	2.5022
	Sitio 3	2.3243	0.9267	0.9354	3.4173
	<b>Promedio</b>	<b>2.1695</b>	<b>0.9164</b>	<b>0.9299</b>	<b>3.3084</b>
	Sitio 1	2.0692	0.9231	0.9417	3.0314
Herbáceo (DN > 5 cm) Área de 5 m <sup>2</sup>	Sitio 2	1.8662	0.8681	0.8975	2.6525
	Sitio 3	1.5498	0.9048	0.9630	2.0556
	<b>Promedio</b>	<b>1.8284</b>	<b>0.8987</b>	<b>0.9341</b>	<b>2.5798</b>

### Resultados para la vegetación de marisma de zacate

Se realizó un muestreo de 10 líneas de Canfield para el cálculo de los índices de diversidad en la vegetación de marisma de zacate, en las que se obtuvieron los siguientes resultados globales. Estos resultados muestran una clara dominancia del pasto cortadera *Cladium jamaicense*, lo que es una característica propia de este tipo de vegetación. Lo anterior se refleja en los indicadores presentados en el **Cuadro IV:18**, en el que se observa que se obtuvieron resultados muy bajos de diversidad (H') y riqueza (Mg), así como de uniformidad en la comunidad (E) y (1-D).

**Cuadro IV:18. Resultados de las estimaciones de los índices de diversidad en los sitios testigo marisma de zacate.**

Diversidad	Número de individuos	Índice de Shannon			Índice de Simpson	Mg
Especie/parámetro	n	pi	Lnpi	piLnpi	Parámetros n*(n-1)	Mg
<i>Sagittaria lancifolia</i>	27	0.00293	-5.834	-0.0171	702	
<i>Solanum erianthum</i>	4	0.00043	-7.743	-0.0034	12	
<i>Jaquinia macrocarpa</i>	1	0.0001084	-9.129	-0.00098	0	
<i>Conocarpus erectus</i>	20	0.0021687	-6.134	-0.0133	380	
<i>Rhizophora mangle</i>	4	0.0004337	-7.743	-0.0034	12	
<i>Cladidum jamaicense</i>	9,163	0.9936022	-0.006	-0.0064	83,951,406	
<i>Cladiun jamaicense con Cassytha filiformis</i>	3	0.000325	-8.031	-0.0026	6	
Total general	9,222		H'	0.04707	suma (n*(n-1))	83,952,518
			H'max	1.9459	N*(N-1)	85,036,062
			E	0.0242	1-D	0.01

#### IV.2.3.1.1.9 Estado de conservación de la vegetación en la microcuenca Chumpón.

El lugar donde pretende ubicarse el proyecto se encuentra en una de las zonas del estado de Quintana Roo que presenta menores tasas de crecimiento urbano y demográfico. Esta zona, ubicada en los últimos 60 km desde el límite Oeste del Estado hacia la costa e incluida dentro de los límites de la microcuenca Chumpón, es la que presenta mayor variedad de tipos de vegetación de acuerdo con Frago et al. (2014)<sup>95</sup>, al incorporarse aquella característica de zonas planas y con áreas de inundación temporal.

Para proporcionar una idea del grado de desarrollo de la microcuenca, únicamente el 0.31% de la cobertura de uso de suelo y vegetación en la microcuenca corresponde a zonas urbanas construidas, mientras que el 29.56% está ocupada por selva mediana subperennifolia, 39.94% por vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, y 11.69% de vegetación de tular (VT, que corresponde a marisma de zacate). El resto de la microcuenca, es decir el 18.5% de su superficie total, está representado por otros tipos de uso de suelo y vegetación. Por lo anterior, se puede concluir que el grado de desarrollo y deterioro de la microcuenca es bajo.

La conclusión anterior se pudo constatar mediante los indicadores de diversidad, abundancia y de los índices de valor de importancia de las especies en los sitios testigo muestreados fuera del predio, los cuales indican que la vegetación en estos sitios es de selva mediana subperennifolia en estadio de sucesión arbórea, que es el tipo de vegetación y de

<sup>95</sup> Frago, P., Pereira, A., Frausto, O. & Bautista, F., 2014. Relación entre la geodiversidad de Quintana Roo y su biodiversidad. Quivera, 16(1), pp. 97-125.

desarrollo sucesional que presenta la mayor parte de la microcuenca con 39.94% de su superficie.

#### IV.2.3.1.2 Vegetación en el predio

##### IV.2.3.1.2.1 Tipos de vegetación en el predio

En la **Figura IV:27**, se presentan los tipos de vegetación en el predio según la Carta de Uso del Suelo y Vegetación del INEGI (2017) escala 1:250,000, Serie VI. De acuerdo con esta carta, el predio donde se pretende ubicar el proyecto cuenta con dos unidades de vegetación: por una parte, en el lado Oeste del mismo se presenta vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia con clave VSA/SMQ (18% de la superficie total); del lado Este, constituyendo la mayor parte de la superficie total del conjunto (82%), se presenta vegetación denominada Tular (VT).

La vegetación de Tular, de acuerdo con la Guía de Interpretación de Cartografía: Uso de Suelo y Vegetación serie V del INEGI, es una comunidad de plantas acuáticas, distribuida principalmente en altiplanicies y llanuras costeras, en sitios con climas desde cálidos hasta templados, con amplios rangos de temperatura, precipitación y altitud. Se desarrolla en lagunas y lagos de agua dulce o salada y de escasa profundidad, así como en áreas pantanosas, canales y remansos de ríos. Las plantas de esta comunidad viven arraigadas en el fondo y constituyen masas densas con hojas largas y angostas, formando prácticamente un solo estrato herbáceo de 80 cm hasta 2.5 m de altura. Este tipo de vegetación está constituido básicamente por plantas de tule (*Typha spp.*), y tutillo (*Scirpus spp.*), pero también incluye los llamados carrizales de *Phragmites communis* y *Arundo donax* y los “saibadales” de *Cladium jamaicense* del sureste del país.

A pesar de lo anterior, con base en el estudio de campo realizado en el predio, en la zona el tipo de vegetación corresponde a la denominada “marisma de zacate”, que se caracteriza por estar dominada por zacate cortadera (*Cladium jamaicense*), de acuerdo con Olmsted, et al. (1983), en un estudio realizado a una escala más detallada de la vegetación de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka’an, que se encuentra a una distancia de 1 km del predio en el que se pretende establecer el proyecto. El predio presenta en esta área individuos aislados y dispersos de mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) y, en menor proporción, individuos igualmente dispersos y aislados de mangle rojo (*Rhizophora mangle*). Cabe señalar que estas especies no serán afectadas por el área de desplante del proyecto, toda vez que éste se diseñó de tal modo que se libren dichos individuos, además de que el proyecto será cimentado sobre pilotes.

En cuanto a la Selva Mediana Subperennifolia, según la Guía de Interpretación de Cartografía de Uso de Suelo y Vegetación, los componentes arbóreos de este tipo



vegetación pierden estacionalmente su follaje en un 25 a 50%, se desarrolla en lugares con climas cálido húmedos y subhúmedos, Aw para las porciones más secas, Am para las más húmedas y Cw en menor proporción. Con temperaturas típicas entre 20 y 28 0 C. La precipitación total anual del orden de 1 000 a 1 600 mm. Se le puede localizar entre los 0 a 1 300 m de altitud. Ocupa lugares de moderada pendiente, con drenaje superficial más rápido o bien en regiones planas, pero ligeramente más secas y con drenaje rápido, como en la Península de Yucatán. El material geológico que sustenta a esta comunidad vegetal está conformado predominantemente por rocas cársticas.

Los árboles de esta comunidad tienen contrafuertes y por lo general poseen muchas epífitas y lianas. Los árboles tienen una altura media de 25 a 30 m, alcanzan un diámetro a la altura del pecho menor que los de la selva alta perennifolia aun cuando se trata de las mismas especies. Es posible que esto se deba al tipo de suelo y a la profundidad.

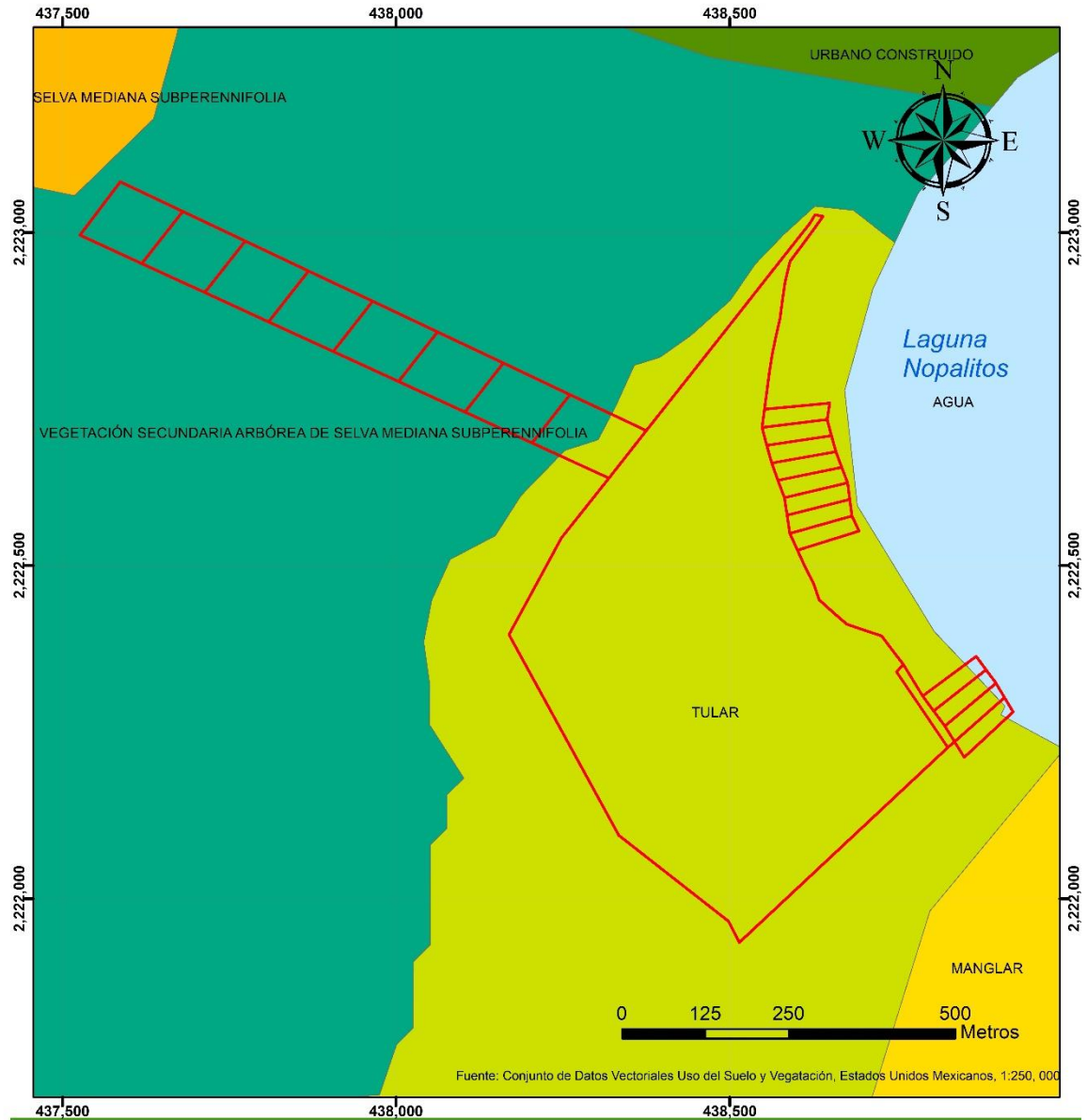
En este tipo de selva, se distinguen tres estratos arbóreos, de 4 a 12 m, de 12 a 22 m y de 22 hasta 30 m. Dentro de los estratos se encuentran variados tipos de palmas. Son especies importantes de este tipo de selva: *Lysiloma latisiliquum*, *Brosimum alicastrum* (ox, ramón, capomo), *Bursera simaruba* (chaka', palo mulato, jote, copal), *Manilkara zapota* (ya', zapote, chicozapote), *Lysiloma spp.* (tsalam, guaje, tepeguaje), *Vitex gaumeri* (yaaxnik), *Bucida buceras* (pukte), *Alseis yucatanensis* (jaasché), *Psidium sartorianum* (pichiche'), *Carpodiptera floribunda*. Las epífitas más comunes son algunos helechos y musgos, abundantes orquídeas, bromeliáceas y aráceas.

La selva mediana subperennifolia, se distribuye en Yucatán, Quintana Roo (incluyendo la isla de Cozumel), Campeche, Jalisco, Veracruz, Chiapas, Colima, Guerrero y Oaxaca.

De acuerdo con la carta, el predio presenta también una porción de cuerpo de agua (H2O), que corresponde a la Laguna Nopalitos (0.34%). En el **Cuadro IV:19**, se presentan las superficies ocupadas por cada uno de los usos de suelo y vegetación que se encuentran en el predio de acuerdo a la carta del INEGI. Sin embargo, de acuerdo a la delimitación del cuerpo de agua que se realizó en campo y con base en fotografía aérea, el predio no se encuentra dentro del cuerpo de agua.

**Cuadro IV:19. Superficies ocupadas por cada tipo de uso de suelo y vegetación según INEGI.**

Clave	Descripción	Área (m <sup>2</sup> )	%
H2O	Agua	0.14	0.34
VSA/SMQ	Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	7.58	17.89
VT	Tular	34.67	81.77
	<b>Total</b>	<b>42.40</b>	<b>100.00</b>



**Documento Técnico Unificado Modalidad B**

Parcelas 1255, 1320-1327, 1339-1341, 1365-1371 y 1441  
 Ejido José María Pino Suárez  
 Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo

<b>Simbología</b>		
PREDIOS	SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA	VEGETACIÓN DE DUNAS COSTERAS
AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL	SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA
AGUA	SIN VEGETACIÓN APARENTE	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA
MANGLAR	TULAR	ÁREA DESPROVISTA DE VEGETACIÓN
SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLIA	URBANO CONSTRUIDO	

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 16 Norte  
 Proyección: Transversal de Mercator  
 Datum: WGS 1984

Figura IV:27. Tipos de vegetación en el predio según la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI.

#### IV.2.3.1.2.2 Justificación del tamaño de la muestra

##### IV.2.3.1.2.2.1 Muestreo en Selva Mediana Subperennifolia (SMQ)

El muestreo en la Selva Mediana Subperennifolia se realizó en parcelas circulares distribuidas de manera aleatoria en el área comprendida por este tipo de vegetación. Se realizó una muestra preliminar de dos sitios, después de lo cual, tras el análisis estadístico de los resultados, que se describirá a continuación, se llegó a la conclusión de que el tamaño adecuado de la muestra es de dos sitios.

El tamaño de la muestra se obtuvo por medio de la ecuación siguiente, usando como parámetro de referencia el área basal:

$$n = \frac{t^2 * CV^2}{E^2 + \frac{t^2 * CV^2}{N}}$$

Donde n es el número de unidades muestrales (sitios); E es el error con el que se quiere obtener los valores de un determinado parámetro; t es el valor que se obtiene de las tablas de t de Student, generalmente se usa  $\alpha=0.05$ ; N es el total de unidades muestrales en toda la población y CV es el coeficiente de variación.

Por medio del muestreo piloto de dos sitios de 500 m<sup>2</sup> cada uno se obtuvieron los resultados del **Cuadro IV:20**, en el que se puede apreciar que los dos sitios de muestreo resultaron suficientes para efectos del cálculo del volumen de las materias primas forestales:

*Cuadro IV:20. Parámetros y resultados del cálculo del tamaño de la muestra para el cálculo de los volúmenes de materias primas forestales*

Parámetro	Valor
Error	2.324150199
t	12.7072
E <sup>2</sup>	540.1674%
t <sup>2</sup>	161.4729318
cv	0.25866003
cv <sup>2</sup>	0.066905011
N	150.18634
<b>Muestra</b>	<b>2.0</b>

##### IV.2.3.1.2.2.2 Muestreo en Vegetación de Marisma de Zacate o Tular

Para el muestreo de la vegetación de marisma de zacate se empleó el método de intercepción en línea desarrollado por Canfield (1941), el cual está designado para medir la

densidad y composición de vegetación de herbáceas y arbustos. Está basado un transecto lineal incorporando una técnica para obtener un inventario de vegetación mediante la medición lineal directa de las plantas individuales en una muestra seleccionada de forma aleatoria. El número de observaciones requeridas para un muestreo confiable varía con la heterogeneidad de la vegetación más que por el tamaño del área. Para proporcionar datos suficientes para la estimación del error experimental, se deben medir al menos 16 unidades de muestreo (líneas) para cada área muestreada.

En este sentido, en las 34.47 Ha de vegetación de marisma de zacate, se establecieron 20 líneas de Canfield distribuidas de manera aleatoria, con una longitud de 20 m cada una, cantidad que se considera adecuada para el área muestreada.

#### *IV.2.3.1.2.3 Riqueza florística*

##### Vegetación de selva mediana subperennifolia

En la vegetación de selva mediana subperennifolia dentro de los predios se encontró un total de 99 especies de 37 familias, las cuales se enlistan en el **Cuadro IV:21**.

*Cuadro IV:21. Listado de especies encontradas dentro de los predios.*

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Leguminosae	<i>Acacia cornigera</i>	Cornezuelo
Leguminosae	<i>Acacia dolichostachya</i>	K'an tsalam
Sapindaceae	<i>Allophylus cominia</i>	Tres Marías
Rutaceae	<i>Amyris sylvatica</i>	k'an yuuk
Araceae	<i>Anthurium schlechtendalii</i>	Bobtun
Acanthaceae	<i>Aphelandra scabra</i>	chak kank'
Primulaceae	<i>Ardisia escallonioides</i>	Pimienta de monte
Apocynaceae	<i>Aspidosperma desmanthum</i>	Bayo
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i>	Jobillo
Leguminosae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
Leguminosae	<i>Bauhinia jenningsii</i>	Tsimin
Asparagaceae	<i>Beaucarnea pliabilis</i>	Despeinada
Acanthaceae	<i>Bravaisia berlandieriana</i>	Hulub
Bromeliaceae	<i>Bromelia karatas</i>	Piñuela
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramon
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
Malpighiaceae	<i>Byrsonima bucidifolia</i>	Sak pah
Leguminosae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitam che'
Leguminosae	<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	Takinche
Apocynaceae	<i>Cameraria latifolia</i>	Sak chechem
Apocynaceae	<i>Cascabela gaumeri</i>	Aak'its
Arecaceae	<i>Chamaedorea seifrizii</i>	Xiat

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Leguminosae	<i>Chloroleucon mangense</i>	Ya' ax eek'
Polygonaceae	<i>Coccoloba acapulcensis</i>	Toyub
Polygonaceae	<i>Coccoloba cozumelensis</i>	Sak boob
Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Chich boob
Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i>	Nacax
Rubiaceae	<i>Cosmocalyx spectabilis</i>	Chacte
Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i>	sak poom
Leguminosae	<i>Dalbergia glabra</i>	Ahmuk
Arecaceae	<i>Desmoncus orthacanthos</i>	Bayal
Ebenaceae	<i>Diospyros yucatanensis</i>	Diospyros
Leguminosae	<i>Diphysa carthagenensis</i>	Tsu'uts'uk
Cactaceae	<i>Disocactus flagelliformis</i>	choh-kan
Putranjivaceae	<i>Drypetes lateriflora</i>	Ekulub
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum areolatum</i>	Cascarillo delgado
Rutaceae	<i>Esenbeckia berlandieri</i>	Yaaxhokob
Rutaceae	<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	Naranche
Myrtaceae	<i>Eugenia axillaris</i>	Granada cimarrona
Sapindaceae	<i>Exothea diphylla</i>	Wayuun koox
Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	Alamo
Moraceae	<i>Ficus maxima</i>	Ak'uuum
Leguminosae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cocoite
Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	Tasta'ab
Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes lucida</i>	Yaite
Polygonaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Ts'iits'ilche'
Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Majahua
Bignoniaceae	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	k'an lool
Malvaceae	<i>Helicteres baruensis</i>	Suput
Cactaceae	<i>Hylocereus undatus</i>	pitaya
Primulaceae	<i>Jacquinia arborea</i>	Jaquinia
Euphorbiaceae	<i>Jatropha curcas</i>	Pomolche
Salicaceae	<i>Laetia thamnina</i>	Morgao negro
Leguminosae	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	Palo gusano
Leguminosae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Kanasin
Malvaceae	<i>Luehea speciosa</i>	k'askáat
Leguminosae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus.</i>	Tulipancillo
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote
Sapindaceae	<i>Melicoccus oliviformis</i>	Huaya
Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechem
Myrtaceae	<i>Myrcianthes fragrans</i>	Guayabillo
Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Ahuacatillo

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Nyctaginaceae	<i>Neea psychotrioides</i>	Tadzi
Cactaceae	<i>Nopalea inaperta</i> Schott	Tsakam
Orchidaceae	<i>Oeceoclades maculata</i>	Orquidea de piso
Annonaceae	<i>Oxandra lanceolata</i>	Ya'ya
Sapindaceae	<i>Paullinia pinnata</i>	Salatxiw
Araceae	<i>Philodendron jacquinii</i>	Baston de viejo
Piperaceae	<i>Piper amalago</i>	Cordoncillo
Leguminosae	<i>Piscidia piscipula</i>	Ha'abin
Leguminosae	<i>Platymiscium yucatanum</i>	Granadillo
Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i>	k'aniste
Myrtaceae	<i>Psidium sartorianum</i>	Piche che
Rubiaceae	<i>Psychotria nervosa</i>	Café de monte
Rubiaceae	<i>Psychotria pubescens</i>	Lunche'
Rubiaceae	<i>Randia aculeata</i>	Cruceta
Rubiaceae	<i>Randia longiloba</i>	k'aax
Rubiaceae	<i>Randia longiloba</i>	Ah akam k'ax
Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Huano
Cactaceae	<i>Selenicereus testudo</i>	Pitaya tortuga
Celastraceae	<i>Semialarium mexicanum</i>	Cascarillo grueso
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i>	Pazak
Smilacaceae	<i>Smilax mollis</i>	Diente de perro
Leguminosae	<i>Swartzia cubensis</i>	Katalox
Sapindaceae	<i>Thouinia paucidentata</i>	K'an chuunup
Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	Chit
Bromeliaceae	<i>Tillandsia dasyliirifolia</i>	Humpets'k'in
Commelinaceae	<i>Tradescantia spathacea</i>	Maguey Morado
Orchidaceae	<i>Trichocentrum ascendens</i>	Ahoche'
Orchidaceae	<i>Vanilla odorata</i>	Vainilla
Lamiaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'axnik
Zamiaceae	<i>Zamia prasina</i>	Chak wa
Salicaceae	<i>Zuelania guidonia</i>	Tamay
Leguminosae	<i>Zygia cognata</i>	Cacao che
Sapindaceae	<i>Exothea diphylla</i>	Wayuun koox
Orchidaceae	<i>Trichocentrum ascendens.</i>	Ahoche'

En relación a la distribución de las especies entre las familias, la familia más representada fue Leguminosae con 17 especies, como se muestra en la **Figura IV:28**.

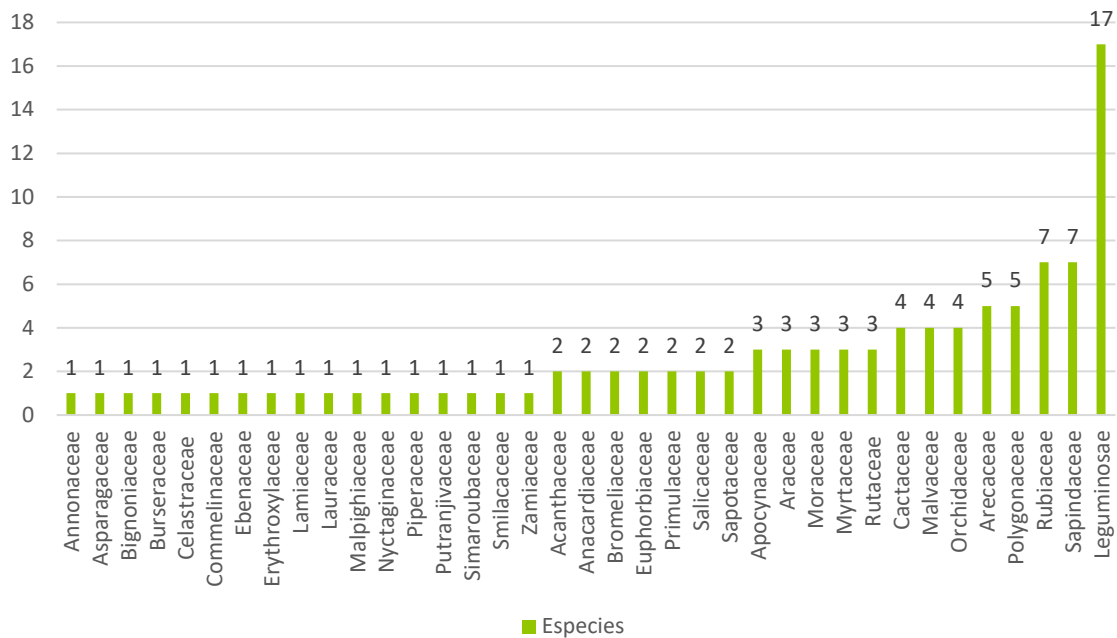


Figura IV:28. Distribución de las especies entre las familias dentro de los predios

#### IV.2.3.1.2.4 Sitios de muestreo

El diseño de muestro fue aleatorio, el cual se basa en el supuesto de que los puntos de muestro de toda la población se eligen de tal forma, que cualquier combinación de  $n$  unidades, tenga la misma oportunidad de ser seleccionada. Se lleva a cabo seleccionando cada unidad al azar e independientemente de cualquier unidad previamente obtenida.

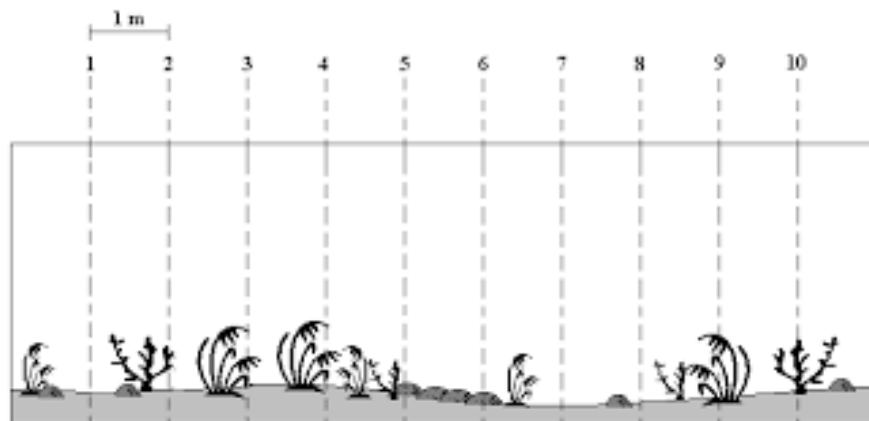
El muestreo de vegetación de selva mediana subperennifolia consistió en dos parcelas circulares concéntricas. La primera parcela tuvo como objetivo registrar las características dasométricas del arbolado con diámetro normal mayor o igual a 10 cm, en un radio de 12.6 m, es decir una superficie de 500 m<sup>2</sup>. La segunda parcela con un radio de 5.64 m, es decir, una superficie de 100 m<sup>2</sup>, el objetivo principal fue registrar los individuos presentes en el estrato arbustivo, esto es con individuos con diámetro normal igual o mayor a 5 cm y menores de 10 cm. Finalmente la última parcela se delimito con un radio de 1.2 m, esto es, una superficie de 5 m<sup>2</sup>, en la que se registraron individuos con los diámetros menores a 5 cm. La dinámica de muestreo, así como las variables registradas en cada parcela se muestran en el **Cuadro IV:22**.

**Cuadro IV:22. Síntesis de las características de muestreo para el levantamiento forestal en los sitios de muestreo.**

DINÁMICA DE MUESTREO	SUPERFICIE DEL SITIO	PARÁMETROS PARA LA TOMA DE DATOS	VARIABLES REGISTRADAS
	500 m <sup>2</sup> Radio de 12.6 m	Diámetro normal ≥ 10 cm.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altura total</li> <li>• Altura al fuste limpio</li> <li>• Plantas epífitas</li> <li>• Forma de fuste</li> <li>• Estado o condición</li> </ul>
	100 m <sup>2</sup> Radio de 5.64 m	Diámetro normal ≥ 5 cm y <10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altura total</li> <li>• Altura al fuste limpio</li> <li>• Forma de fuste</li> <li>• Estado o condición</li> </ul>
	5 m <sup>2</sup> Radio de 1.26 m	Diámetro normal < 5 cm.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobertura</li> <li>• Altura total</li> </ul>

Luego, se calcularon por estrato los atributos que definen la estructura biológica de una comunidad (Riqueza florística, abundancia, densidad, dominancia y frecuencia). Posteriormente, se obtuvo el índice de riqueza específica de Margalef; el índice de diversidad de Simpson, el índice de equidad y diversidad de Shannon-Wiener, y el Índice de Valor de Importancia (IVI) de cada especie.

Por otro lado, en la vegetación de marisma de zacate se utilizó el método de Canfield (1941), en el que la unidad de muestreo son líneas sobre cuyo intercepto se miden individualmente las plantas. Para el muestreo en esta área se establecieron 20 líneas de 20 m de longitud cada una; distribuidas de manera aleatoria en toda la extensión del área cubierta por este tipo de vegetación. Un esquema del proceso de muestreo en una línea de Canfield, se presenta en la **Figura IV:29**.

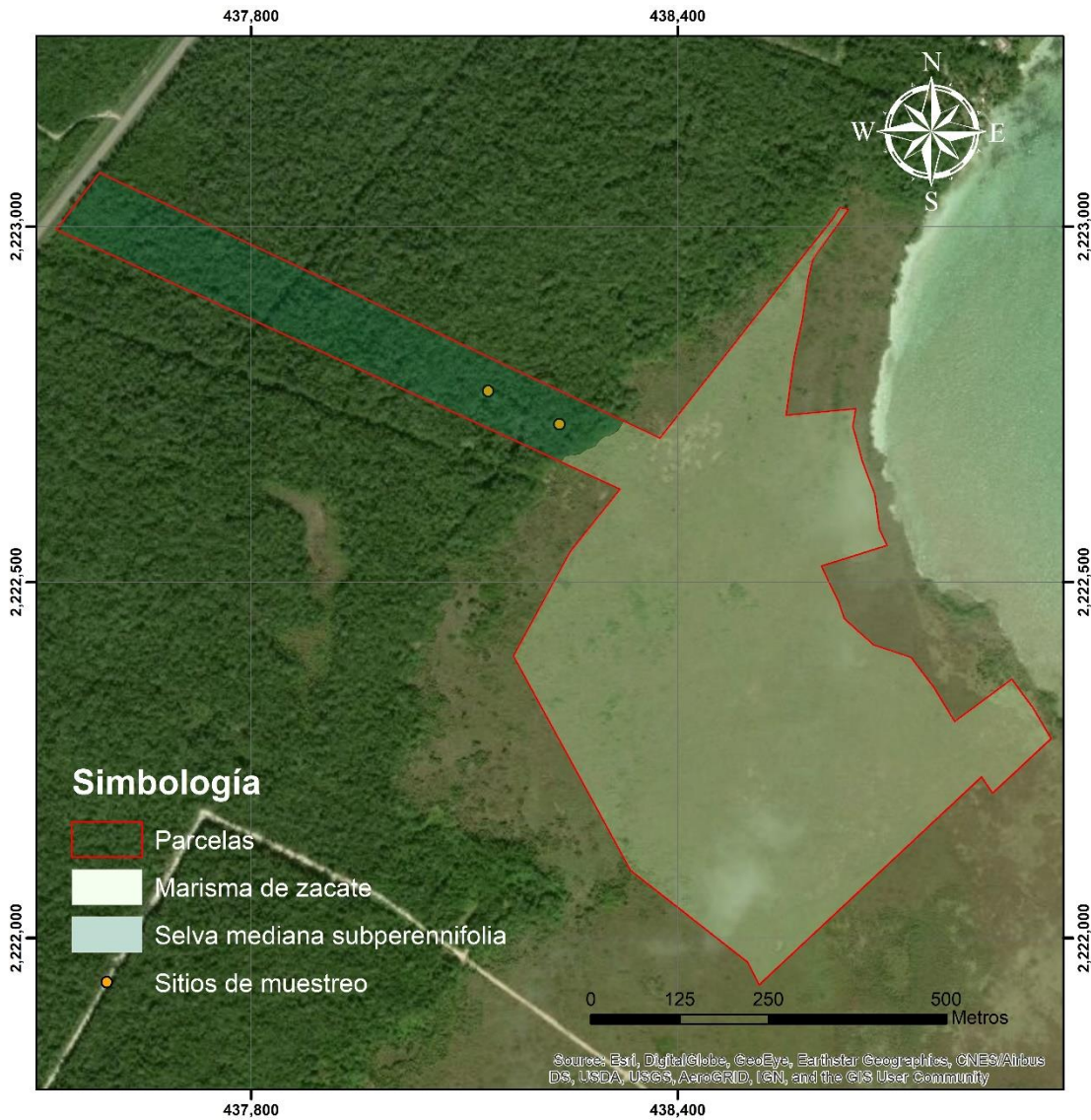


**Figura IV:29. Esquema del procedimiento en la medición de la vegetación por el método de intercepción en línea desarrollado por Canfield (1941)**



#### IV.2.3.1.2.4.1 Selva Mediana Subperennifolia

En la **Figura IV:30**, se muestran los dos sitios de muestreo establecidos para el área que corresponde a la selva mediana subperennifolia (SMQ).



**Figura IV:30.** Ubicación de los sitios de muestreo en el área de selva mediana subperennifolia.

#### IV.2.3.1.2.4.2 Marisma de zacate

La ubicación de las veinte unidades de muestreo (líneas de Canfield) en el área de marisma de zacate, se presenta en la **Figura IV:31**.

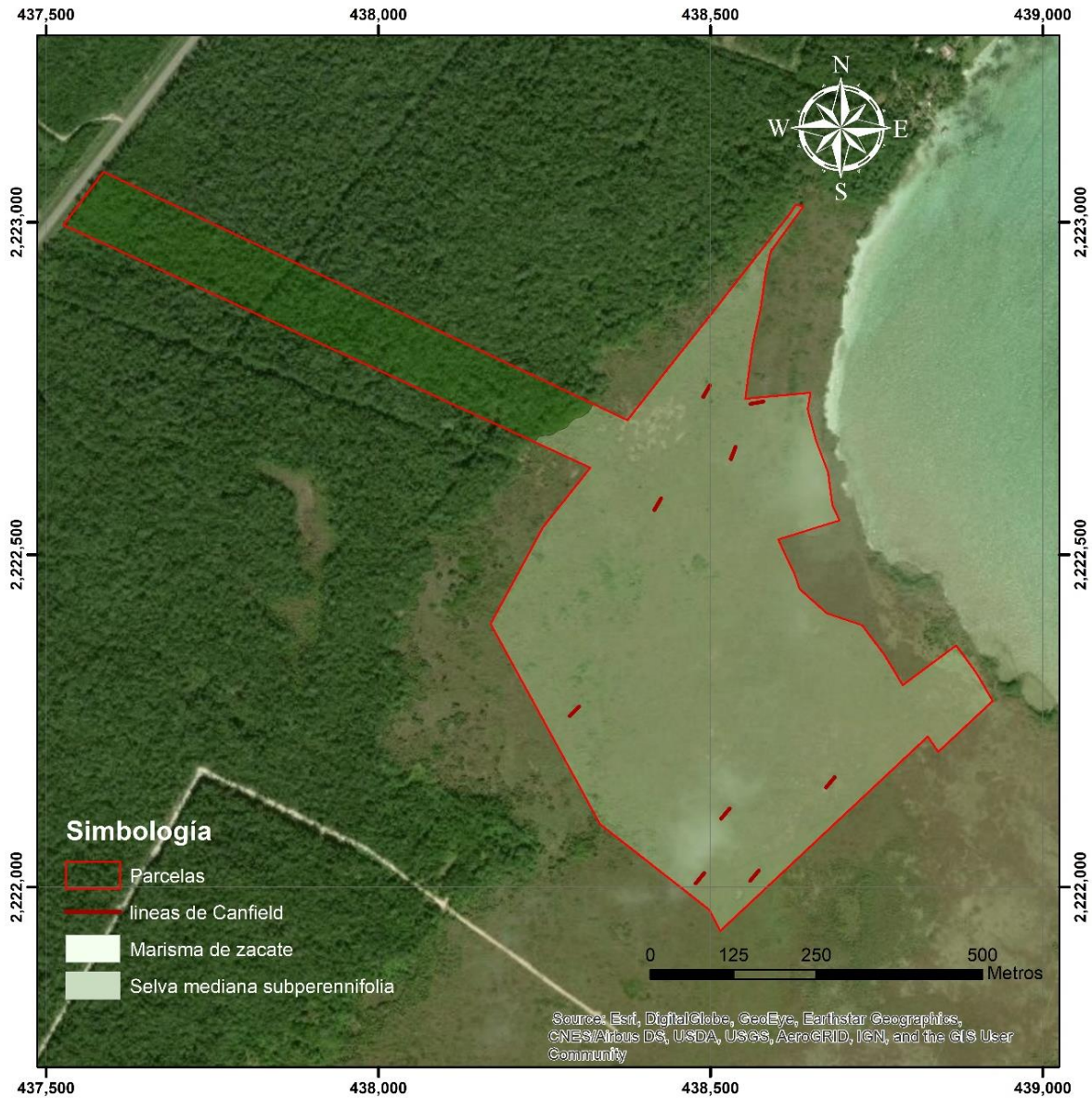


Figura IV:31. Ubicación de las líneas de Canfield en el área de Marisma de Zacate

#### IV.2.3.1.2.5 Abundancia y densidad

##### Vegetación de selva mediana subperennifolia

Las abundancias por especie, por sitio y por estrato se presentan en el **Cuadro IV:23**.

**Cuadro IV:23. Abundancias (número de individuos) por especie, por sitio y por estrato en los predios (selva).**

Especies/Estratos (m <sup>2</sup> )	Sitio 1				Sitio 2			
	5	100	500	Total 1	5	100	500	Total 2
<i>Acacia dolichostachya</i>		1	5	6			1	1
<i>Anthurium schlechtendalii</i>	2			2				
<i>Beaucarnea pliabilis</i>			1	1				

Especies/Estratos (m <sup>2</sup> )	Sitio 1				Sitio 2			
	5	100	500	Total 1	5	100	500	Total 2
<i>Bromelia karatas</i>					1			1
<i>Brosimum alicastrum</i>					1			1
<i>Bursera simaruba</i>			5	5			6	6
<i>Byrsonima bucidifolia</i>						1	3	4
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	1	3	9	13		1		1
<i>Cameraria latifolia L.</i>						3		3
<i>Cascabela gaumeri</i>		1		1				
<i>Coccoloba diversifolia</i>			1	1				
<i>Diospyros yucatanensis</i>		1		1			1	1
<i>Diphysa carthagenensis</i>							1	1
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	1		3	4				
<i>Eugenia axillaris</i>	1			1				
<i>Exothea diphylla</i>							2	2
<i>Ficus cotinifolia</i>			1	1			6	6
<i>Gliricidia sepium</i>			2	2				
<i>Gymnanthes lucida</i>		5	8	13		3	5	8
<i>Gymnopodium floribundum</i>		2	2	4				
<i>Hampea trilobata</i>						1		1
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	1	2	2	5	1			1
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>						1		1
<i>Lonchocarpus rugosus</i>						1		1
<i>Lysiloma latisiliquum</i>			4	4				
<i>Malvaviscus arboreus</i>					1			1
<i>Manilkara zapota</i>						2	1	3
<i>Metopium brownei</i>						1	4	5
<i>Myrcianthes fragrans</i>	1	5	5	11	1			1
<i>Nectandra coriacea</i>					1			1
<i>Neea psychotrioides</i>			1	1				
<i>Paullinia pinnata</i>					9			9
<i>Piscidia piscipula</i>			4	4		1	3	4
<i>Psidium sartorianum</i>	1			1			1	1
<i>Psychotria pubescens</i>					1			1
<i>Randia longiloba</i>		1		1				
<i>Sabal yapa</i>			1	1			1	1
<i>Semialarium mexicanum</i>			2	2			1	1
<i>Simarouba amara</i>							1	1
<i>Thouinia paucidentata</i>		2	4	6			5	5
<i>Vitex gaumeri Greenm.</i>			4	4		2	21	23
<i>Zuelania guidonia</i>						2	1	3
<b>Total general</b>	<b>8</b>	<b>23</b>	<b>64</b>	<b>95</b>	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>64</b>	<b>99</b>

Por otro lado, las densidades en individuos por hectárea por sitio y por estrato se presentan de la misma forma en el **Cuadro IV:24**.

**Cuadro IV:24. Densidades en individuos/ha por sitio y por estrato en los predios (selva).**

Sitio Especies/Superficie de muestreo	Sitio 1			Sitio 2			Promedio		
	5	100	500	5	100	500	5	100	500
<i>Acacia dolichostachya</i>	0	100	100	0	0	20	0	50	60
<i>Anthurium schlechtendalii</i>	4,000	0	0	0	0	0	2,000	0	0
<i>Beaucarnea pliabilis</i>	0	0	20	0	0	0	0	0	10
<i>Bromelia karata</i>	0	0	0	2,000	0	0	1,000	0	0
<i>Brosimum alicastrum</i>	0	0	0	2,000	0	0	1,000	0	0
<i>Bursera simaruba</i>	0	0	100	0	0	120	0	0	110
<i>Byrsonima bucidifolia</i>	0	0	0	0	100	60	0	50	30
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	2,000	300	180	0	100	0	1,000	200	90
<i>Cameraria latifolia.</i>	0	0	0	0	300	0	0	150	0
<i>Cascabela gaumeri</i>	0	100	0	0	0	0	0	50	0
<i>Coccoloba diversifolia</i>	0	0	20	0	0	0	0	0	10
<i>Diospyros yucatanensis</i>	0	100	0	0	0	20	0	50	10
<i>Diphysa carthagenensis</i>	0	0	0	0	0	20	0	0	10
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	2,000	0	60	0	0	0	1,000	0	30
<i>Eugenia axillaris</i>	2,000	0	0	0	0	0	1,000	0	0
<i>Exothea diphylla</i>	0	0	0	0	0	40	0	0	20
<i>Ficus cotinifolia</i>	0	0	20	0	0	120	0	0	70
<i>Gliricidia sepium</i>	0	0	40	0	0	0	0	0	20
<i>Gymnanthes lucida</i>	0	500	160	0	300	100	0	400	130
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0	200	40	0	0	0	0	100	20
<i>Hampea trilobata</i>	0	0	0	0	100	0	0	50	0
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	2,000	200	40	2,000	0	0	2,000	100	20
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	0	0	0	0	100	0	0	50	0
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	0	0	0	0	100	0	0	50	0
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0	0	80	0	0	0	0	0	40
<i>Malvaviscus arboreus</i>	0	0	0	2,000	0	0	1,000	0	0
<i>Manilkara zapota</i>	0	0	0	0	200	20	0	100	10
<i>Metopium brownei</i>	0	0	0	0	100	80	0	50	40
<i>Myrcianthes fragrans</i>	2,000	500	100	2,000	0	0	2,000	250	50
<i>Nectandra coriacea</i>	0	0	0	2,000	0	0	1,000	0	0
<i>Neea psychotrioides</i>	0	0	20	0	0	0	0	0	10
<i>Paullinia pinnata</i>	0	0	0	18,000	0	0	9,000	0	0
<i>Piscidia piscipula</i>	0	0	80	0	100	60	0	50	70
<i>Psidium sartorianum</i>	2,000	0	0	0	0	20	1,000	0	10
<i>Psychotria pubescens</i>	0	0	0	2,000	0	0	1,000	0	0
<i>Randia longiloba</i>	0	100	0	0	0	0	0	50	0
<i>Sabal yapa</i>	0	0	20	0	0	20	0	0	20

Sitio Especies/Superficie de muestreo	Sitio 1			Sitio 2			Promedio		
	5	100	500	5	100	500	5	100	500
<i>Semialarium mexicanum</i>	0	0	40	0	0	20	0	0	30
<i>Simarouba amara.</i>	0	0	0	0	0	20	0	0	10
<i>Thouinia paucidentata.</i>	0	200	80	0	0	100	0	100	90
<i>Vitex gaumeri.</i>	0	0	80	0	200	420	0	100	250
<i>Zuelania guidonia.</i>	0	0	0	0	200	20	0	100	10

Con base en estos datos, se calcularon las abundancias totales por especie y por estrato dentro del predio en la vegetación de selva mediana subperennifolia **Cuadro IV:25.**

**Cuadro IV:25. Estimación de la abundancia total por especie y por estrato en los predios (selva).**

Especies/Estrato	Abundancias totales (en 7.5 ha)			
	Herbáceo	Arbustivo	Arbóreo	Total
<i>Acacia dolichostachya</i>	0	375	450	825
<i>Anthurium schlechtendalii</i>	15,000	0	0	15,000
<i>Beaucarnea plabilis</i>	0	0	75	75
<i>Bromelia karatas</i>	7,500	0	0	7,500
<i>Brosimum alicastrum</i>	7,500	0	0	7,500
<i>Bursera simaruba</i>	0	0	825	825
<i>Byrsonima bucidifolia</i>	0	375	225	600
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	7,500	1,500	675	9,675
<i>Cameraria latifolia</i>	0	1,125	0	1,125
<i>Cascabela gaumeri</i>	0	375	0	375
<i>Coccoloba diversifolia</i>	0	0	75	75
<i>Diospyros yucatanensis</i>	0	375	75	450
<i>Diphysa carthagenensis</i>	0	0	75	75
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	7,500	0	225	7,725
<i>Eugenia axillaris</i>	7,500	0	0	7,500
<i>Exothea diphylla</i>	0	0	150	150
<i>Ficus cotinifolia</i>	0	0	525	525
<i>Gliricidia sepium</i>	0	0	150	150
<i>Gymnanthes lucida</i>	0	3,000	975	3,975
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0	750	150	900
<i>Hampea trilobata</i>	0	375	0	375
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	15,000	750	150	15,900
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	0	375	0	375
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	0	375	0	375
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0	0	300	300
<i>Malvaviscus arboreus</i>	7,500	0	0	7,500
<i>Manilkara zapota</i>	0	750	75	825
<i>Metopium brownei</i>	0	375	300	675
<i>Myrcianthes fragrans</i>	15,000	1,875	375	17,250

Especies/Estrato	Abundancias totales (en 7.5 ha)			
	Herbáceo	Arbustivo	Arbóreo	Total
<i>Nectandra coriacea</i>	7,500	0	0	7,500
<i>Neea psychotrioides</i>	0	0	75	75
<i>Paullinia pinnata</i>	67,500	0	0	67,500
<i>Piscidia piscipula</i>	0	375	525	900
<i>Psidium sartorianum</i>	7,500	0	75	7,575
<i>Psychotria pubescens</i>	7,500	0	0	7,500
<i>Randia longiloba</i>	0	375	0	375
<i>Sabal yapa</i>	0	0	150	150
<i>Semialarium mexicanum</i>	0	0	225	225
<i>Simarouba amara</i>	0	0	75	75
<i>Thouinia paucidentata</i>	0	750	675	1,425
<i>Vitex gaumeri</i>	0	750	1,875	2,625
<i>Zuelania guidonia</i>	0	750	75	825
<b>Total general</b>	<b>180,000</b>	<b>15,750</b>	<b>9,600</b>	<b>205,350</b>

### Vegetación de marisma de zacate

Las abundancias de las especies encontradas en 180 m las líneas de Canfield son las siguientes **Cuadro IV:26**.

*Cuadro IV:26. Estimación de la abundancia total por especie y por estrato en los predios (marisma)*

Especies	ni	Abundancia relativa (ni/180 m)
<i>Jaquinia macrocarpa</i>	3	0.02
<i>Conocarpus erectus</i>	27	0.15
<i>Cladium Jamaicense</i>	8,418.5	46.77
<i>Sagittaria lancifolia</i>	3	0.02
<i>Rhizophora mangle</i>	4	0.02
<b>Total general</b>	<b>8,455.5</b>	

### *IV.2.3.1.2.6 Índices de Importancia Relativa*

#### Vegetación de selva mediana subperennifolia

- Estrato arbóreo

En el **Cuadro IV:27**, se presentan los resultados obtenidos del índice de importancia relativa para el estrato arbóreo del predio en la vegetación de selva mediana subperennifolia, en orden descendente de dicho índice.

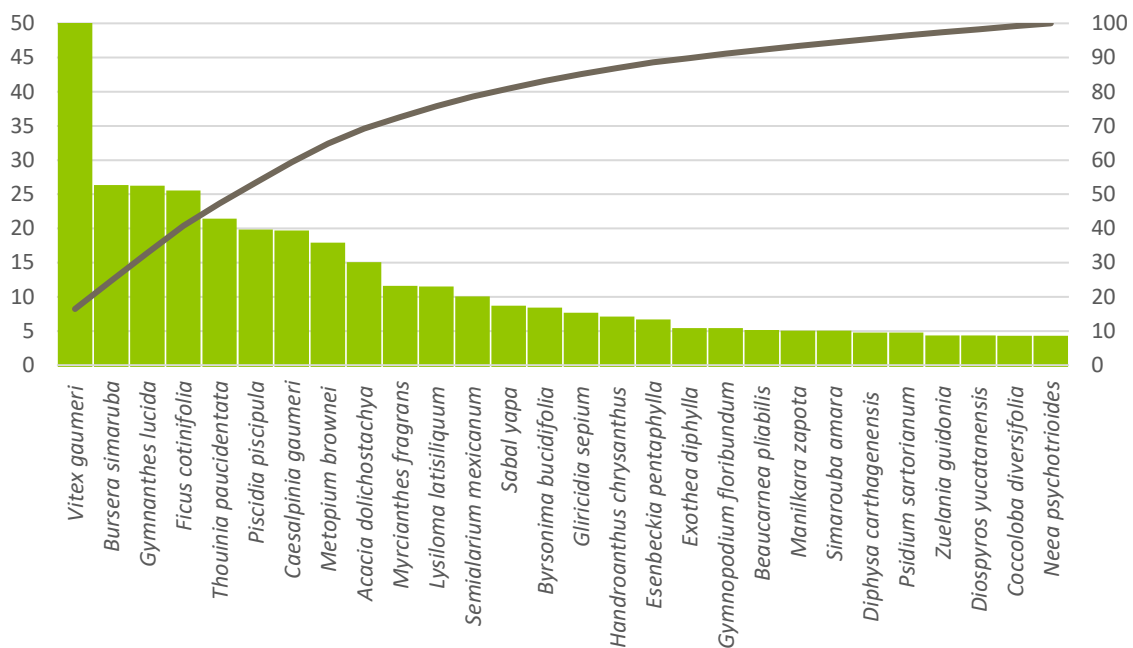
**Cuadro IV:27. Resultados del índice de valor de importancia por especie del estrato arbóreo en el predio con vegetación de selva**

Especie	Número de individuos	Área basal m <sup>2</sup> )	Área muestreada	Dom.absoluta	Dom. relativa	Núm. cuadrantes	Fr.Abs	Fr. Rel	Dens. Abs	Dens. rel	I.V.I
<i>Vitex gaumeri</i>	25	0.56	1,000	0.000559	20.82	6	75.0	8.96	0.0250	19.53	49.30
<i>Bursera simaruba</i>	11	0.23	1,000	0.000230	8.58	5	62.5	7.46	0.0110	8.59	24.64
<i>Gymnanthes lucida</i>	13	0.15	1,000	0.000146	5.44	6	75.0	8.96	0.0130	10.16	24.55
<i>Ficus cotinifolia</i>	7	0.33	1,000	0.000333	12.41	4	50.0	5.97	0.0070	5.47	23.84
<i>Thouinia paucidentata</i>	9	0.14	1,000	0.000140	5.21	5	62.5	7.46	0.0090	7.03	19.71
<i>Piscidia piscipula</i>	7	0.18	1,000	0.000179	6.68	4	50.0	5.97	0.0070	5.47	18.12
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	9	0.13	1,000	0.000134	5.01	4	50.0	5.97	0.0090	7.03	18.01
<i>Metopium brownei</i>	4	0.23	1,000	0.000231	8.61	3	37.5	4.48	0.0040	3.13	16.21
<i>Acacia dolichostachya</i>	6	0.07	1,000	0.000072	2.70	4	50.0	5.97	0.0060	4.69	13.35
<i>Myrcianthes fragrans</i>	5	0.08	1,000	0.000081	3.02	2	25.0	2.99	0.0050	3.91	9.91
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	4	0.10	1,000	0.000100	3.71	2	25.0	2.99	0.0040	3.13	9.82
<i>Semialarium mexicanum</i>	3	0.04	1,000	0.000041	1.51	3	37.5	4.48	0.0030	2.34	8.33
<i>Sabal yapa</i>	2	0.07	1,000	0.000066	2.45	2	25.0	2.99	0.0020	1.56	7.00
<i>Byrsonima bucidifolia</i>	3	0.08	1,000	0.000076	2.85	1	12.5	1.49	0.0030	2.34	6.69
<i>Gliricidia sepium</i>	2	0.04	1,000	0.000038	1.41	2	25.0	2.99	0.0020	1.56	5.96
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	2	0.02	1,000	0.000023	0.86	2	25.0	2.99	0.0020	1.56	5.41
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	3	0.03	1,000	0.000030	1.12	1	12.5	1.49	0.0030	2.34	4.96
<i>Exothea diphylla</i>	2	0.02	1,000	0.000018	0.68	1	12.5	1.49	0.0020	1.56	3.73
<i>Gymnopodium floribundum</i>	2	0.02	1,000	0.000018	0.68	1	12.5	1.49	0.0020	1.56	3.73
<i>Beaucarnea plabilis</i>	1	0.03	1,000	0.000032	1.18	1	12.5	1.49	0.0010	0.78	3.45
<i>Manilkara zapota</i>	1	0.03	1,000	0.000028	1.05	1	12.5	1.49	0.0010	0.78	3.32
<i>Simarouba amara</i>	1	0.03	1,000	0.000028	1.05	1	12.5	1.49	0.0010	0.78	3.32
<i>Diphysa carthagenensis</i>	1	0.02	1,000	0.000022	0.80	1	12.5	1.49	0.0010	0.78	3.08
<i>Psidium sartorianum</i>	1	0.02	1,000	0.000021	0.79	1	12.5	1.49	0.0010	0.78	3.06

Espece	Número de individuos	Área basal m <sup>2</sup> )	Área muestreada	Dom.absoluta	Dom. relativa	Núm. cuadrantes	Fr.Abs	Fr. Rel	Dens. Abs	Dens. rel	I.V.I
<i>Zuelania guidonia</i>	1	0.01	1,000	0.000010	0.38	1	12.5	1.49	0.0010	0.78	2.66
<i>Diospyros yucatanensis</i>	1	0.01	1,000	0.000010	0.36	1	12.5	1.49	0.0010	0.78	2.64
<i>Coccoloba diversifolia</i>	1	0.01	1,000	0.000009	0.33	1	12.5	1.49	0.0010	0.78	2.61
<i>Neea psychotrioides</i>	1	0.01	1,000	0.000008	0.31	1	12.5	1.49	0.0010	0.78	2.59



La especie que presentó mayor índice de valor de importancia en el estrato arbóreo fue *Vitex gaumeri* con 49.30, seguida de *Bursera simaruba* (24.64), *Gymnanthes lucida* (24.55), *Ficus cotinifolia* (23.84), *Thouinia paucidentata* (19.71), *Piscidia piscipula* (18.12), *Caesalpinia gaumeri* (18.01), *Metopium brownei* (16.21), *Acacia dolichostachya* (13.85), *Myrcianthes fragrans* (9.91), *Lysiloma latisiliquum* (9.82), *Semialarium mexicanum* (8.33). Estas 12 especies (el 43% del total de especies en el estrato analizado), representan aproximadamente el 80% del valor de importancia total en este estrato, mientras el resto representa aproximadamente el 20%. Esta tendencia se puede observar de forma gráfica en la **Figura IV:32**.



**Figura IV:32.** Índice de valor de importancia por especie para el estrato arbóreo del predio.

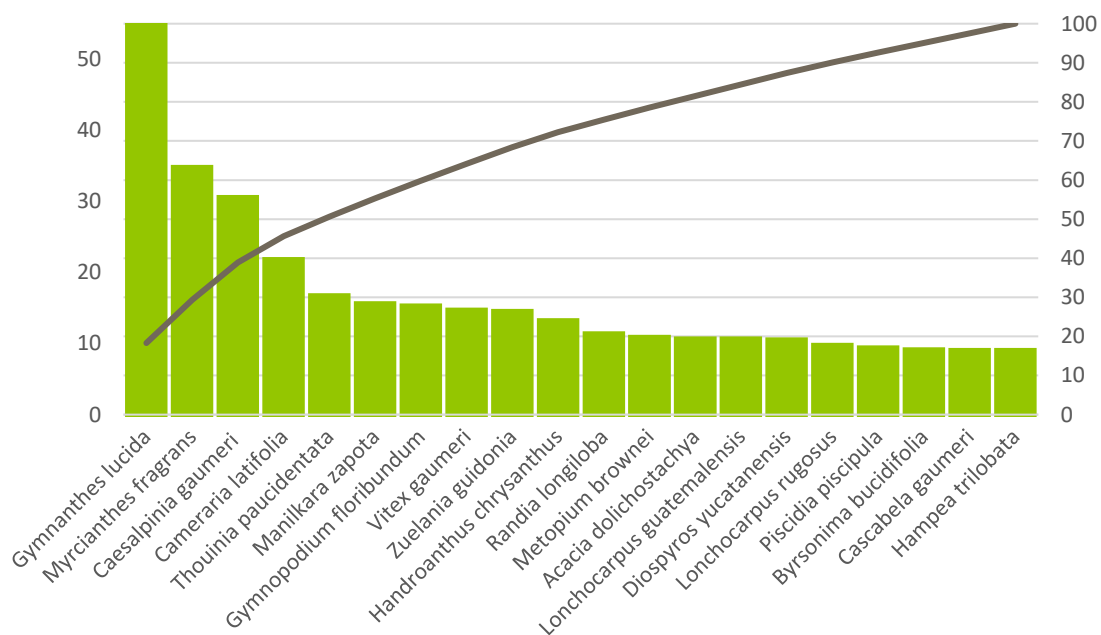
- Estrato arbustivo

En el **Cuadro IV:28**, se presentan los resultados obtenidos del índice de importancia relativa para el estrato arbustivo del predio, en orden descendente de dicho índice.

**Cuadro IV:28. Índices de valor de importancia por especie para el estrato arbustivo en la vegetación de selva para el predio.**

Especies	Número de individuos	AB (m <sup>2</sup> )	Área muestreada	Dom abs	Dom rel	Núm cuad	Fr abs.	Frec rel	Dens. Abs	Dens. Rel	I.V.I
<i>Gymnanthes lucida</i>	8	0.04	200	0.000181	21.59	4	50	14.29	0.04	19.05	54.92
<i>Myrcianthes fragrans</i>	5	0.02	200	0.000087	10.44	3	37.5	10.71	0.025	11.90	33.06
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	4	0.01	200	0.000072	8.59	3	37.5	10.71	0.02	9.52	28.83
<i>Cameraria latifolia</i>	3	0.02	200	0.000079	9.39	1	12.5	3.57	0.015	7.14	20.11
<i>Thouinia paucidentata</i>	2	0.01	200	0.000026	3.13	2	25	7.14	0.01	4.76	15.03
<i>Manilkara zapota</i>	2	0.01	200	0.000046	5.54	1	12.5	3.57	0.01	4.76	13.87
<i>Gymnopodium floribundum</i>	2	0.01	200	0.000044	5.24	1	12.5	3.57	0.01	4.76	13.58
<i>Vitex gaumeri</i>	2	0.01	200	0.000039	4.67	1	12.5	3.57	0.01	4.76	13.01
<i>Zuelania guidonia</i>	2	0.01	200	0.000037	4.46	1	12.5	3.57	0.01	4.76	12.79
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	2	0.01	200	0.000027	3.17	1	12.5	3.57	0.01	4.76	11.51
<i>Randia longiloba</i>	1	0.01	200	0.000031	3.73	1	12.5	3.57	0.005	2.38	9.68
<i>Metopium brownei</i>	1	0.01	200	0.000027	3.22	1	12.5	3.57	0.005	2.38	9.17
<i>Acacia dolichostachya</i>	1	0.00	200	0.000025	2.97	1	12.5	3.57	0.005	2.38	8.93
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	1	0.00	200	0.000025	2.97	1	12.5	3.57	0.005	2.38	8.93
<i>Diospyros yucatanensis</i>	1	0.00	200	0.000024	2.86	1	12.5	3.57	0.005	2.38	8.81
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	1	0.00	200	0.000018	2.10	1	12.5	3.57	0.005	2.38	8.05
<i>Piscidia piscipula</i>	1	0.00	200	0.000014	1.72	1	12.5	3.57	0.005	2.38	7.67
<i>Byrsonima bucidifolia</i>	1	0.00	200	0.000012	1.46	1	12.5	3.57	0.005	2.38	7.41
<i>Cascabela gaumeri</i>	1	0.00	200	0.000011	1.37	1	12.5	3.57	0.005	2.38	7.33
<i>Hampea trilobata</i>	1	0.00	200	0.000011	1.37	1	12.5	3.57	0.005	2.38	7.33
Total general	42			0.00083642	100	8	350	100	0.21		300

En el estrato arbustivo, *Gymnanthes lucida* (54.92) fue la especie con mayor índice de valor de importancia, seguida de *Myrcianthes fragrans* (33.06), *Caesalpinia gaumeri* (28.83), *Cameraria latifolia* (20.11), *Thouinia paucidentata* (15.03), *Manilkara zapota* (13.87), *Gymnopodium floribundum* (13.58), *Vitex gaumeri* (13.01), *Zuelania guidonia* (12.79), *Handroanthus chrysanthus* (11.51), *Randia longiloba* (9.68), *Metopium brownei* (9.17) y *Acacia dolichostachya* (8.93). Estas 13 especies, que representan el 65% del total de este estrato, conforman aproximadamente el 80% del índice de valor de importancia, mientras que el resto (7 especies) representan el 20%. En la **Figura IV:33**, se muestra gráficamente esta relación.



**Figura IV:33.** Índice de valor de importancia por especie para el estrato arbustivo del predio.

- Estrato herbáceo

En el **Cuadro IV:29**, se presentan los resultados obtenidos del índice de importancia relativa para el estrato herbáceo de la vegetación de selva mediana subperennifolia del predio, en orden descendente de dicho índice.

**Cuadro IV:29. Índices de valor de importancia para el estrato herbáceo del predio.**

Especies	Número de individuos	Área muestreada	Cobertura abs	Dom rel	Núm sitios	Frec. Abs	Frec rel	Dens abs	Dens rel	I.V.I
<i>Paullinia pinnata</i>	9	10	3.77	5.26	1	0.5	6.67	0.9	37.50	49.43
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	2	10	18.85	26.31	2	1	13.33	0.2	8.33	47.98
<i>Brosimum alicastrum</i>	1	10	26.01	36.31	1	0.5	6.67	0.1	4.17	47.14
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	1	10	12.57	17.54	1	0.5	6.67	0.1	4.17	28.37
<i>Myrcianthes fragrans</i>	2	10	2.64	3.68	2	1	13.33	0.2	8.33	25.35
<i>Anthurium schlechtendalii</i>	2	10	1.57	2.19	1	0.5	6.67	0.2	8.33	17.19
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	1	10	1.51	2.10	1	0.5	6.67	0.1	4.17	12.94
<i>Psychotria pubescens</i>	1	10	1.34	1.87	1	0.5	6.67	0.1	4.17	12.71
<i>Bromelia karatas</i>	1	10	1.31	1.82	1	0.5	6.67	0.1	4.17	12.66
<i>Nectandra coriacea</i>	1	10	0.75	1.05	1	0.5	6.67	0.1	4.17	11.89
<i>Malvaviscus arboreus</i>	1	10	0.75	1.05	1	0.5	6.67	0.1	4.17	11.89
<i>Psidium sartorianum</i>	1	10	0.50	0.70	1	0.5	6.67	0.1	4.17	11.53
<i>Eugenia axillaris</i>	1	10	0.06	0.09	1	0.5	6.67	0.1	4.17	10.92
<b>Total general</b>	<b>24</b>		<b>71.64</b>	<b>100.00</b>	<b>2</b>	<b>7.5</b>	<b>100</b>	<b>2.4</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

Como puede observarse, en el estrato herbáceo, la especie *Paullinia pinnata* es la especie que tuvo mayor IVI con un valor de 49.43), *Handroanthus chrysanthus* (47.98), *Brosimum alicastrum* (47.14), *Esenbeckia pentaphylla* 28.37, *Myrcianthes fragran* (25.35), *Anthurium schlechtendalii* (17.19), *Caesalpinia gaumeri* (12.94), *Psychotria pubescens* (12.71), *Bromelia karatas* 12.66, *Nectandra coriacea* (11.89), *Malvaviscus arboreus* (11.89), *Psidium sartorianum* (11.53), *Eugenia axillaris* (10.92). La distribución de los índices de importancia en el estrato arbóreo se muestra en la **Figura IV:34**. En el gráfico puede observarse que la mitad de las especies alcanzan aproximadamente el 80% del valor total del IVI.

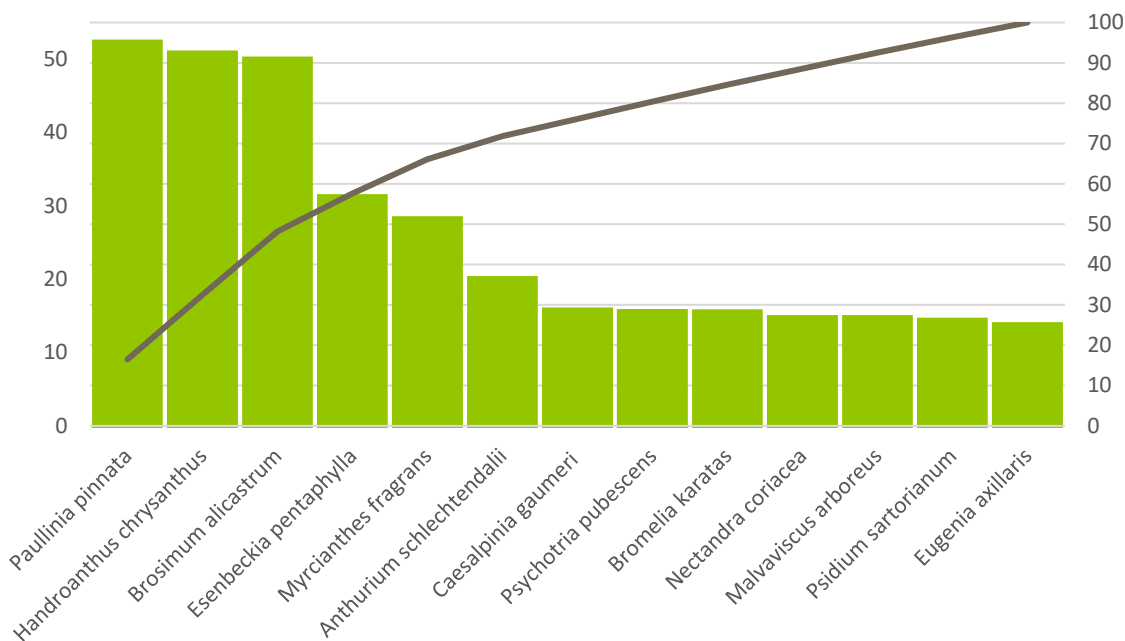


Figura IV:34. Índice de valor de importancia por especie para el estrato herbáceo en el predio.

En términos generales, se puede concluir que la comunidad florística en el predio no se caracteriza particularmente por la dominancia de una o pocas especies en ninguno de los estratos.

### Vegetación de marisma

Para efectos del cálculo de los índices de valor de importancia (IVI) descrito por Cottam y Curtis (1956) en la vegetación de marisma del predio, se utilizó una adaptado para el cálculo de los parámetros con el método muestre de intercepción en línea desarrollado por Canfield (1941), con el fin de realizar el análisis por línea.

El índice de valor de importancia El índice de valor de importancia define cuáles de las especies presentes contribuyen en el carácter y estructura de un ecosistema. Este valor se obtiene mediante la suma de la frecuencia, densidad y dominancia relativas de cada

especie, las cuales se obtienen mediante las siguientes ecuaciones, modificadas para efectos del análisis por línea.

La frecuencia relativa se obtuvo de la siguiente manera:

$$Frecuencia\ relativa = \frac{Frecuencia\ absoluta_i}{\sum Frecuencia\ absoluta} \times 100$$

Donde la frecuencia absoluta se refiere a el número de individuos de cada especie (i) en la línea correspondiente y la suma de la frecuencia absoluta corresponde al número total de individuos en la línea.

$$Densidad\ relativa = \frac{Densidad\ absoluta_i}{\sum Densidad\ absoluta} \times 100$$

Donde

$$Densidad\ absoluta = \frac{Frecuencia\ absoluta_i}{Longitud_i}$$

La suma de densidad absoluta es la densidad total en individuos/m de toda la línea y la  $logitud_i$  es la longitud medida en el muestreo de cada especie i en la línea correspondiente.

$$Densidad\ relativa = \frac{Longitud_i}{\sum Longitud} \times 100$$

Donde la  $longitud_i$  es la longitud medida de cada especie i en la línea correspondiente, mientras que la suma de las longitudes de cada especie corresponde a la longitud total de la línea, que en este caso fue de 20 m cada una.

En total se realizó el muestreo de 9 líneas de Canfield para todo el predio, de las que se obtuvieron los resultados de IVI que se presentan a continuación (**Cuadro IV:30**):

*Cuadro IV:30. Resultados de los índices de importancia relativa en la vegetación de marisma para el predio.*

Especie	Frec abs	Frec rel	Densidad	Densidad rel	Dom.rel	I.V.I
<i>Jacquinia macrocarpa</i>	3	0.04	50.76	1.95	0.12	2.10
<i>Conocarpus erectus</i>	27	0.32	232.41	8.93	5.87	15.12
<i>Rhizophora mangle</i>	4	0.05	35.00	1.34	0.28	1.67
<i>Cladium jamaicense</i>	8,419	99.56	2,250.00	86.43	93.54	279.53
<i>Sagittaria lancifolia</i>	3	0.04	35.00	1.34	0.19	1.57
<b>Total general</b>	<b>8,456</b>	<b>100</b>	<b>2,603.16</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

Como puede observarse, los resultados reflejan una clara dominancia de la especie *Cladium jamaicense* en todas las líneas muestreadas.

### IV.2.3.1.2.7 Índices de diversidad

#### Resultados en la vegetación de selva mediana subperennifolia

Los resultados obtenidos de los sitios de muestreo realizados en la vegetación de selva mediana subperennifolia son los que se presentan en el **Cuadro IV:31**. Los índices de Shannon (H') fueron mayores en los sitios testigo que en el predio en los estratos arbóreo y herbáceo, en tanto que en el arbustivo fueron menores. Esto indica que la sucesión ecológica en los sitios testigo está en un estadio más avanzado que en el predio, en el que se presenta una regeneración más tardía que en aquellos.

**Cuadro IV:31. Resultados de los índices de diversidad en los sitios de muestreo dentro del predio con vegetación de selva mediana subperennifolia.**

Estrato	Sitio	H'	1-D	E	Mg
Arbóreo (DN $\geq$ 10 cm) (área de 500 m <sup>2</sup> )	Sitio 1	2.7280	0.9380	0.9265	4.3281
	Sitio 2	2.3612	0.8646	0.8169	4.0876
	<b>Promedio</b>	<b>2.5446</b>	<b>0.9013</b>	<b>0.8717</b>	<b>4.2079</b>
Arbustivo (5 $\leq$ DN<10 cm) (área de 100 m <sup>2</sup> )	Sitio 1	2.1116	0.8972	0.9171	2.8704
	Sitio 2	2.3786	0.9474	0.9572	3.7359
	<b>Promedio</b>	<b>2.2451</b>	<b>0.9223</b>	<b>0.9371</b>	<b>3.3031</b>
Herbáceo (DN<5) (área de 5 m <sup>2</sup> )	Sitio 1	1.9062	0.9643	0.9796	2.8854
	Sitio 2	1.5366	0.7000	0.7390	2.5247
	<b>Promedio</b>	<b>1.7214</b>	<b>0.8321</b>	<b>0.8593</b>	<b>2.7051</b>

#### Resultados para la vegetación de marisma de zacate

En el **Cuadro IV:32**, se presentan los resultados obtenidos de los índices de diversidad para la vegetación de marisma de zacate en el muestreo realizado de 9 líneas de Canfield, donde se pueden observar niveles de diversidad muy bajos (H'=0.03 y Mg=0.44) y de uniformidad (E=0.02 y 1-D= 0.01) igualmente bajos. Esto hace evidente que se trata de un predio que presenta una alta dominancia de pasto cortadera (*Cladium jamaicense*).

**Cuadro IV:32. Resultados de los índices de diversidad en las líneas de Canfield dentro del predio con vegetación de marisma de zacate.**

Especies	ni	pi	Lnpi	piLnpi	n*(n-1)	Mg
<i>Jacquinia macrocarpa</i>	3	0.00035	-7.944	-0.0028	6.00	
<i>Conocarpus erectus</i>	27	0.00319	-5.747	-0.0184	702.00	
<i>Cladium jamaicense</i>	8,419	0.99562	-0.004	-0.0044	70,862,723.75	
<i>Sagittaria lancifolia</i>	3	0.00035	-7.944	-0.0028	6.00	
<i>Rhizophora mangle</i>	4	0.00047	-7.656	-0.0036	12.00	
<b>Total general</b>	<b>8,456</b>		<b>H'</b>	<b>0.0320</b>	<b>Suma</b>	<b>70,863,449.75</b>
			<b>H'maz</b>	<b>1.6094</b>	<b>N*(N-1)</b>	<b>71,487,024.75</b>
			<b>E</b>	<b>0.0199</b>	<b>1-D</b>	<b>0.0087</b>
						<b>0.44</b>

#### IV.2.3.1.2.8 Especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

En el área ocupada por vegetación de marisma de zacate dentro del conjunto predial correspondiente al proyecto, se identificó la presencia de dos especies de flora incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010, en estatus de Amenazadas. Estas especies son: *Conocarpus erectus* y *Rhizophora mangle*, cuyos individuos, en todo momento y en todas las etapas y áreas del proyecto donde se encuentren, serán respetadas y libradas por dicho proyecto.

En el área ocupada por vegetación de selva mediana subperennifolia se encontraron las especies *Coccothrinax readii* y *Thrinax radiata*, mismas que se encuentran en la categoría de Amenazadas, de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. La totalidad de los individuos de estas especies que se encuentren en el área de cambio de uso de suelo del proyecto serán rescatados y reubicados en las áreas libres del mismo.

El listado de las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 se presentan en el **Cuadro IV:33**.

*Cuadro IV:33. Listado de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, que se identificaron en el predio.*

Familia	Nombre científico	Nombre común	Categoría	Tipo de vegetación
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle rojo	A	Marisma de zacate
Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i>	Mangle botoncillo	A	Marisma de zacate
Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i>	Nacax	A	Vs/Selva Mediana Subpennifolia
Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	Chit	A	Vs/Selva Mediana Subpennifolia

#### IV.2.3.1.2.9 Estado de conservación de la vegetación en el predio

En relación al estado de conservación de la vegetación en el predio, las condiciones que se observaron en el estudio de campo mostraron que, en el caso de la selva mediana subperennifolia, se presenta una vegetación con desarrollo secundario en un estadio arbóreo de sucesión con diversidad media; mientras que, en el caso de la vegetación de marisma de zacate se observó un desarrollo cercano a su estadio de climax que, por la naturaleza de este tipo de comunidad vegetal, presenta indicadores muy bajos de diversidad.

Con base en los resultados de los índices de diversidad y en los índices de valor de importancia de las especies en el predio, el área donde se pretende establecer el proyecto, actualmente no tiene afectación significativa y se encuentra en un nivel de conservación de medio a alto, sin eventos recientes de perturbación.



## **IV.2.3.2 Fauna**

### **IV.2.3.2.1 Fauna en el SAR**

#### **IV.2.3.2.1.1 Justificación del tamaño de la muestra**

La microcuenca Chumpón comprende una superficie de 1,331.94 km<sup>2</sup> o 133,194.42 Ha, un tamaño de muestra con un nivel de confianza del 95% implicaría alta inversión económica y tiempo, por lo que difícilmente podrían muestrearse 6,659.72 ha (5% de intensidad de muestreo). Como en este caso, en los inventarios de diversidad biológica, a menudo resulta imposible registrar la totalidad de las especies presentes en un área determinada. Es por ello que se utilizaron curvas de acumulación de especies, en las que se representa el número de especies acumulado en el inventario frente al esfuerzo de muestreo empleado.

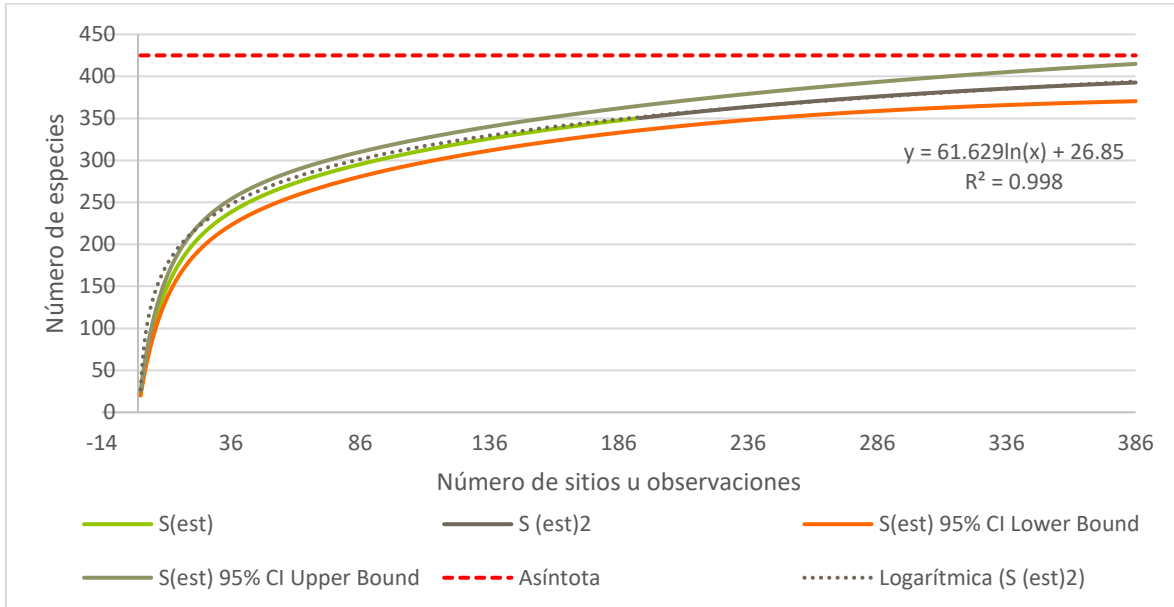
En una curva de colecta de especies, la incorporación de nuevas especies al inventario se relaciona con alguna medida del esfuerzo de muestreo. Cuanto mayor sea este esfuerzo, mayor será el número de especies colectadas. Al principio, se colectan sobre todo especies comunes, y la adición de especies al inventario se produce rápidamente; por tanto, la pendiente de la curva comienza siendo elevada. A medida que prosigue el muestreo son las especies raras, así como los individuos de especies provenientes de otros lugares, los que hacen crecer el inventario, por lo que la pendiente de la curva desciende. Teóricamente, en el número de especies en el que la pendiente de la curva es igual a cero, corresponde con el número total de especies que podemos encontrar en la zona estudiada, con los métodos utilizados y durante el tiempo en el que se lleve a cabo el muestreo; en otras palabras, es la riqueza máxima que se podría encontrar en el sitio, aunque se añadan esfuerzos de muestreo adicionales al nivel que corresponde al punto donde se alcanza la asíntota.

Para la construcción de la curva de acumulación se empleó el programa EstimateS<sup>®</sup>. Esta herramienta es una potente metodología para estandarizar las estimas de riqueza obtenida en distintos trabajos de inventariado. Además, permiten obtener resultados más fiables en análisis posteriores y comparar inventarios en los que se han empleado distintas metodologías y/o diferentes niveles de esfuerzo.

Para hacer una correcta cuantificación del número de especies en la microcuenca Chumpón, se diseñó una curva de acumulación de especies para la zona, utilizando datos del Global Biodiversity Information Facility (2019). La curva muestra que la cantidad de especies nuevas que aparecen en el muestreo hipotético disminuye conforme se aumenta la cantidad de sitios, y el sistema se 'satura' hacia una asíntota marcada por la cantidad de especies disponibles.

La curva de acumulación de especies para la fauna de la microcuenca Chumpón se muestra en la **Figura IV:35**. Una vez que se determinó que el tamaño de muestra es apropiado para

el estudio, se procedió a la caracterización de la riqueza faunística de la microcuenca Chumpón. Los resultados del análisis de la curva de acumulación indican que existe una riqueza máxima aproximada de 425 especies en la microcuenca, cantidad que corresponde a 640 sitios de observación.



*Figura IV:35. Curva de acumulación de especies de fauna en la microcuenca Chumpón.*

En la **Figura IV:36** se muestra el mapa de distribución de los sitios de observación de la fauna en la microcuenca Chumpón y en el **Cuadro IV:34** se presentan las coordenadas UTM con datum WGS 1984 de los puntos de observación, cuya numeración corresponde a la del mapa.

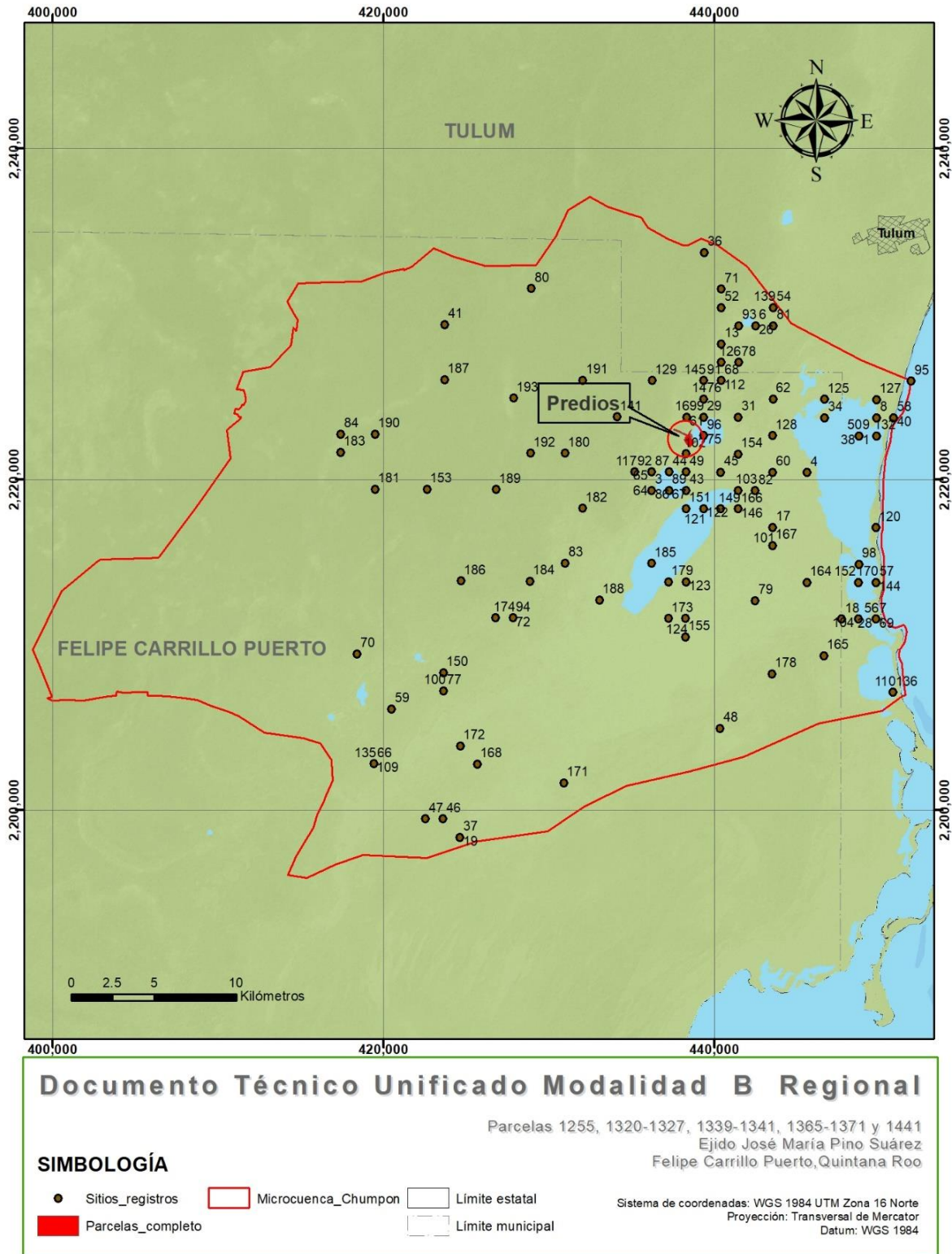


Figura IV-36. Ubicación de los sitios de observación de la fauna de la microcuenca Chumpon.

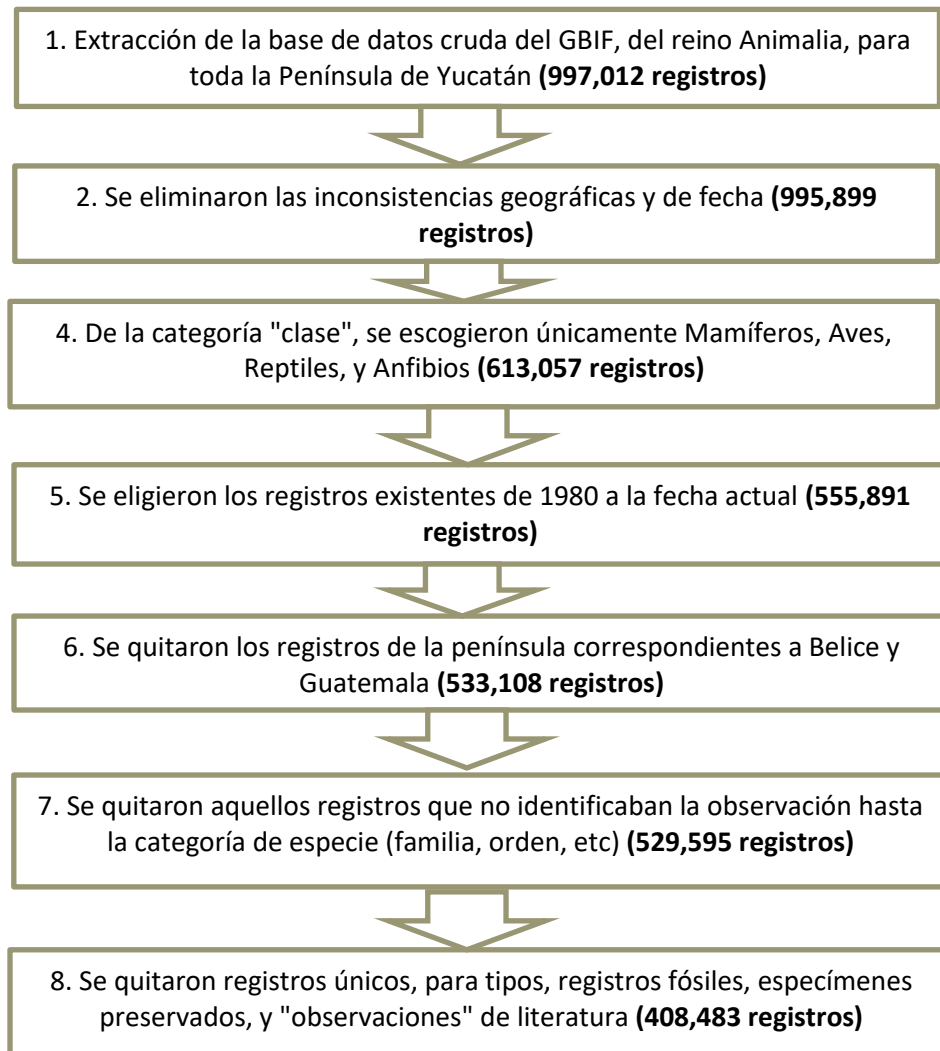
**Cuadro IV:34. Coordenadas UTM (WGS 1984) de los sitios de observación de la fauna de la microcuenca Chumpón**

ID	X	Y	ID	X	Y
1	448,775.40	2,222,622.65	100	423,617.32	2,207,221.03
3	436,218.14	2,219,344.06	101	443,530.39	2,217,105.56
4	445,632.24	2,220,418.85	102	438,317.23	2,221,549.85
6	442,524.80	2,229,282.14	103	441,446.29	2,219,325.74
7	449,789.04	2,211,553.24	104	448,742.96	2,211,556.27
8	449,824.01	2,223,726.25	105	448,775.40	2,222,622.65
9	448,775.40	2,222,622.65	107	436,218.14	2,219,344.06
11	436,218.14	2,219,344.06	108	436,222.18	2,220,450.71
12	442,524.80	2,229,282.14	109	419,411.49	2,202,813.05
13	440,430.95	2,228,182.52	110	450,822.71	2,207,123.77
14	439,374.28	2,224,866.15	111	437,263.77	2,219,340.27
16	438,325.06	2,223,763.17	112	440,423.37	2,225,969.20
17	443,530.39	2,217,105.56	114	443,573.42	2,230,385.38
18	447,696.87	2,211,559.36	116	449,789.04	2,211,553.24
19	424,625.79	2,198,363.25	117	435,176.61	2,220,454.57
20	448,775.40	2,222,622.65	118	437,267.75	2,220,446.92
22	436,218.14	2,219,344.06	120	449,804.91	2,217,086.41
23	436,222.18	2,220,450.71	121	438,305.49	2,218,229.89
25	437,263.77	2,219,340.27	122	439,351.19	2,218,226.23
26	442,524.80	2,229,282.14	123	438,289.87	2,213,803.29
28	449,789.04	2,211,553.24	124	438,282.07	2,211,589.99
29	439,370.43	2,223,759.50	125	446,691.34	2,224,842.21
31	441,461.15	2,223,752.35	126	440,427.16	2,227,075.86
34	446,687.95	2,223,735.56	127	449,827.20	2,224,832.89
36	439,405.17	2,233,719.46	128	443,548.29	2,222,638.79
37	424,625.79	2,198,363.25	129	436,242.43	2,225,984.02
38	448,775.40	2,222,622.65	130	448,775.40	2,222,622.65
39	436,218.14	2,219,344.06	132	449,820.82	2,222,619.61
40	450,869.36	2,223,723.27	133	436,218.14	2,219,344.06
41	423,714.05	2,229,354.56	134	436,222.18	2,220,450.71
43	438,309.40	2,219,336.54	135	419,411.49	2,202,813.05
44	437,267.75	2,220,446.92	136	450,822.71	2,207,123.77
45	440,404.44	2,220,435.93	137	437,263.77	2,219,340.27
46	423,583.68	2,199,474.41	139	443,573.42	2,230,385.38
47	422,536.84	2,199,478.98	140	442,524.80	2,229,282.14
48	440,351.70	2,204,942.92	141	434,143.59	2,223,778.47
49	438,313.32	2,220,443.20	143	449,789.04	2,211,553.24
50	448,775.40	2,222,622.65	144	449,795.38	2,213,766.51
51	436,218.14	2,219,344.06	145	439,378.14	2,225,972.81
52	440,438.54	2,230,395.85	146	441,442.58	2,218,219.09
53	437,263.77	2,219,340.27	149	440,396.89	2,218,222.63

ID	X	Y	ID	X	Y
54	443,573.42	2,230,385.38	150	423,622.13	2,208,327.69
56	449,789.04	2,211,553.24	151	438,305.49	2,218,229.89
57	449,795.38	2,213,766.51	152	448,749.43	2,213,769.54
58	450,869.36	2,223,723.27	153	422,624.75	2,219,399.02
59	420,473.15	2,206,128.29	154	441,453.72	2,221,539.04
60	443,541.13	2,220,425.50	155	438,278.18	2,210,483.35
61	438,325.06	2,223,763.17	159	436,218.14	2,219,344.06
62	443,555.46	2,224,852.10	160	436,222.18	2,220,450.71
64	436,218.14	2,219,344.06	161	437,263.77	2,219,340.27
65	436,222.18	2,220,450.71	163	449,789.04	2,211,553.24
66	419,411.49	2,202,813.05	164	445,611.58	2,213,779.01
67	437,263.77	2,219,340.27	165	446,644.06	2,209,349.25
68	440,423.37	2,225,969.20	166	441,442.58	2,218,219.09
69	449,789.04	2,211,553.24	167	443,526.82	2,215,998.91
70	418,395.68	2,209,457.92	168	425,691.37	2,202,785.42
71	440,442.33	2,231,502.51	170	448,749.43	2,213,769.54
72	427,821.05	2,211,629.96	171	430,920.22	2,201,657.45
75	439,366.58	2,222,652.84	172	424,649.47	2,203,896.53
76	439,374.28	2,224,866.15	173	437,235.98	2,211,593.71
77	423,617.32	2,207,221.03	174	426,774.94	2,211,634.30
78	441,472.32	2,227,072.31	176	436,218.14	2,219,344.06
79	442,470.08	2,212,682.40	177	437,263.77	2,219,340.27
80	428,948.37	2,231,545.77	178	443,501.84	2,208,252.44
81	443,569.83	2,229,278.72	179	437,243.91	2,213,807.01
82	442,491.92	2,219,322.26	180	430,998.70	2,221,577.27
83	430,972.46	2,214,937.29	181	419,487.77	2,219,413.20
84	417,412.17	2,222,743.05	182	432,031.28	2,218,253.18
86	436,218.14	2,219,344.06	183	417,406.93	2,221,636.35
87	436,222.18	2,220,450.71	184	428,876.15	2,213,839.01
89	437,263.77	2,219,340.27	185	436,201.98	2,214,917.44
91	439,378.14	2,225,972.81	186	424,692.23	2,213,856.51
92	435,176.61	2,220,454.57	187	423,699.48	2,226,034.50
93	441,479.77	2,229,285.63	188	433,055.81	2,212,715.85
94	427,821.05	2,211,629.96	189	426,807.36	2,219,380.98
95	451,920.82	2,225,933.64	190	419,503.10	2,222,733.26
96	439,366.58	2,222,652.84	191	432,061.48	2,225,999.84
98	448,752.67	2,214,876.17	192	428,907.68	2,221,585.67
99	438,325.06	2,223,763.17	193	427,875.91	2,224,909.99

#### IV.2.3.2.1.2 Metodología

Como se mencionó previamente, para realizar el estudio de la fauna a nivel de la microcuenca hidrológico-forestal, se utilizó la herramienta Global Biodiversity Information Facility (2019), para lo cual se empleó el procedimiento siguiente (**Figura IV:37**):



*Figura IV:37. Diagrama de flujo del procedimiento para el arreglo de datos en el GBIF*

Una vez realizada la extracción y filtrado de los datos en el GBIF, se procedió a extraer los registros que se encontraran dentro de la microcuenca Chumpón resultando finalmente en 13,123 registros de 344 especies. Con la base de datos depurada, se procedió a realizar el análisis y cálculo de los índices de biodiversidad.

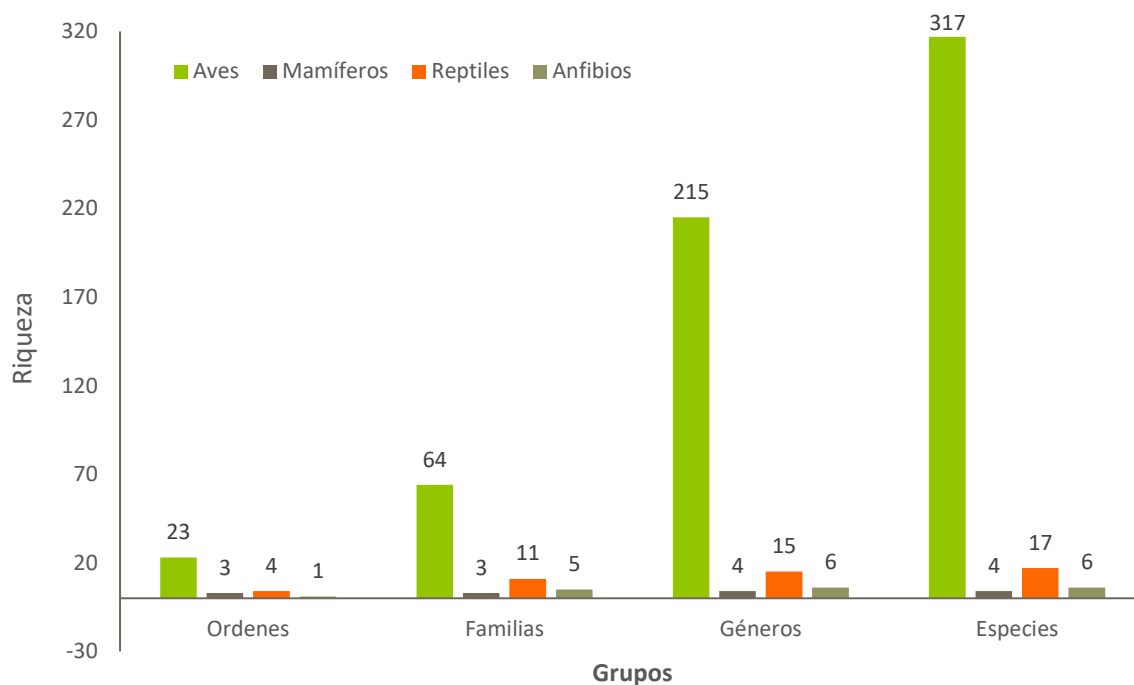
#### IV.2.3.2.1.3 Riqueza faunística en la microcuenca

La riqueza faunística de la microcuenca Chumpón está representada por 344 especies distribuidas en cuatro grupos, anfibios, aves, mamíferos y reptiles. Las aves son el grupo

más diverso con 23 órdenes, 64 familias, 215 géneros y 317 especies. En contraste, los anfibios están representados solo por la orden Anura, que engloba cinco familias, seis géneros y seis especies. Por otro lado, los mamíferos están representados por 3 órdenes, 3 familias, 4 géneros y 4 especies, y los reptiles por 4 órdenes, 11 familias, 15 géneros y 17 especies. En total se encontraron 31 órdenes, 83 familias, 240 géneros y 344 especies. Estos datos se pueden visualizar en el **Cuadro IV:35** y en la **Figura IV:38**.

**Cuadro IV:35. Riqueza de fauna por grupos en la microcuenca Chumpón.**

Taxa	Aves	Mamíferos	Reptiles	Anfibios	Totales
<b>Órdenes</b>	23	3	4	1	31
<b>Familias</b>	64	3	11	5	83
<b>Géneros</b>	215	4	15	6	240
<b>Especies</b>	317	4	17	6	344



**Figura IV:38.. Riqueza de fauna por grupos en la microcuenca Chumpón.**

#### **IV.2.3.2.1.4 Especies de fauna en la NOM-059-SEMARNAT-2010**

De las 344 especies de fauna la microcuenca, se identificaron 60 en alguna categoría de protección en la NOM-SEMARNAT-2010. De estas especies, 5 se encuentran en peligro de extinción (P); 39 se encuentra en categoría de proyección especial (Pr), siendo una de estas endémica (\*), y 16 se encuentran en categoría de Amenazadas (A). En el **Cuadro IV:36**, se enlistan las especies incluidas en esta norma, así como la categoría de protección de cada una de ellas. En cuanto al grupo al que pertenecen, 1 corresponde a los anfibios; 55 a las aves y 4 a los reptiles.

**Cuadro IV:36. Especies de fauna de la microcuenca Chumpón incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.**

Clase	Nombre científico	Nombre común	Categoría
Aves	<i>Accipiter bicolor</i>	Gavilán bicolor	A
Aves	<i>Agamia agami</i>	Garza pechicastaña	Pr
Aves	<i>Amazona albifrons</i>	Loro frente blanco	Pr
Aves	<i>Amazona xantholora</i>	Loro yucateco	A
Aves	<i>Aramides axillaris</i>	Rascón cuello rufo	A
Aves	<i>Aramus guarauna</i>	Carao	A
Aves	<i>Botaurus lentiginosus</i>	Avetoro	A
Aves	<i>Bubo virginianus</i>	Búho cornudo	A
Aves	<i>Buteo albicaudatus</i>	Aguililla colablanca	Pr
Aves	<i>Buteo albonotatus</i>	Aguililla aura	Pr
Aves	<i>Buteogallus anthracinus</i>	Aguililla negra menor	Pr
Aves	<i>Buteogallus urubitinga</i>	Aguililla negra mayor	Pr
Aves	<i>Calidris mauri</i>	Scolopacidae	A
Aves	<i>Campephilus guatemalensis</i>	Carpintero pico plata	Pr
Aves	<i>Cathartes burrovianus</i>	Zopilote sabanero	Pr
Aves	<i>Celeus castaneus</i>	Carpintero castaño	Pr
Aves	<i>Charadrius wilsonia beldingi</i>	Charadriidae	A
Aves	<i>Chondrohierax uncinatus</i>	Gavilán pico gancho	Pr
Aves	<i>Crax rubra</i>	Hocofaisán	A
Aves	<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	Tinamú canelo	Pr
Aves	<i>Dendrocincla anabatina</i>	Trepatroncos sepia	Pr
Aves	<i>Dendrocolaptes sanctithomae</i>	Trepatroncos barrado	Pr
Aves	<i>Egretta rufescens</i>	Garza rojiza	P
Aves	<i>Elanoides forficatus</i>	Milano tijereta	Pr
Aves	<i>Eucometis penicillata</i>	Tangara cabeza griz	Pr
Aves	<i>Eupsittula nana</i>	Perico pechosucio	Pr
Aves	<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	Pr
Aves	<i>Geranospiza caerulescens</i>	Gavilán zancón	A
Aves	<i>Harpagus bidentatus</i>	Gavilán bidentado	Pr
Aves	<i>Hylophilus ochraceiceps</i>	Verdillo ocre	Pr
Aves	<i>Jabiru mycteria</i>	Cigüeña jaribú	P
Aves	<i>Limnothlypis swainsonii</i>	Chipe corona café	Pr
Aves	<i>Melanoptila glabrirostris</i>	Mauillador negro	Pr
Aves	<i>Meleagris ocellata</i>	Guajolote ocelado	A
Aves	<i>Micrastur semitorquatus</i>	Halcón selvático de collar	Pr
Aves	<i>Mycteria americana</i>	Cigüeña americana	Pr
Aves	<i>Onychorhynchus coronatus</i>	Mosquero real	P
Aves	<i>Passerina ciris</i>	Gorrion mariposa/siete colores	Pr
Aves	<i>Patagioenas leucocephala</i>	Paloma cabeza blanca	A
Aves	<i>Patagioenas nigrirostris</i>	Paloma triste	Pr
Aves	<i>Patagioenas speciosa</i>	Paloma morada	Pr



Clase	Nombre científico	Nombre común	Categoría
Aves	<i>Phoenicopiterus ruber</i>	Flamenco americano	A
Aves	<i>Pionus senilis</i>	Loro corona blanca	A
Aves	<i>Platyrinchus cancrominus</i>	Mosquero picoplano	Pr
Aves	<i>Polioptila plumbea</i>	Perlita tropical	Pr
Aves	<i>Pteroglossus torquatus</i>	Arasari de collar	Pr
Aves	<i>Ramphastos sulfuratus</i>	Tucán pico canoa	A
Aves	<i>Rostrhamus sociabilis</i>	Gavilan caracolero	Pr
Aves	<i>Sarcoramphus papa</i>	Zopilote rey	P
Aves	<i>Sclerurus guatemalensis</i>	Hojarasquero oscuro	A
Aves	<i>Spizaetus ornatus</i>	Aguila elegante	P
Aves	<i>Tachybaptus dominicus</i>	Zambullidor menor	Pr
Aves	<i>Tigrisoma mexicanum</i>	Garza tigre	Pr
Aves	<i>Trichechus manatus</i>	Manatí del carbibe	P
Aves	<i>Trogon collaris</i>	Trogón de collar	Pr
Aves	<i>Vireo pallens</i>	Vireo manglero	Pr
Aves	<i>Zenaida aurita</i>	Paloma aurita	Pr
Anfibios	<i>Lithobates brownorum</i>	Rana de brown	Pr*
Reptiles	<i>Coleonyx elegans</i>	Cuija yucateca	A
Reptiles	<i>Crocodylus acutus</i>	Cocodrilo de río	Pr
Reptiles	<i>Crocodylus moreletii</i>	Cocodilo de pantano	Pr
Reptiles	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana rayada	A

**A= Amenazada; P= En peligro de extinción; Pr =Sujeta a protección especial; \*Especie endémica**

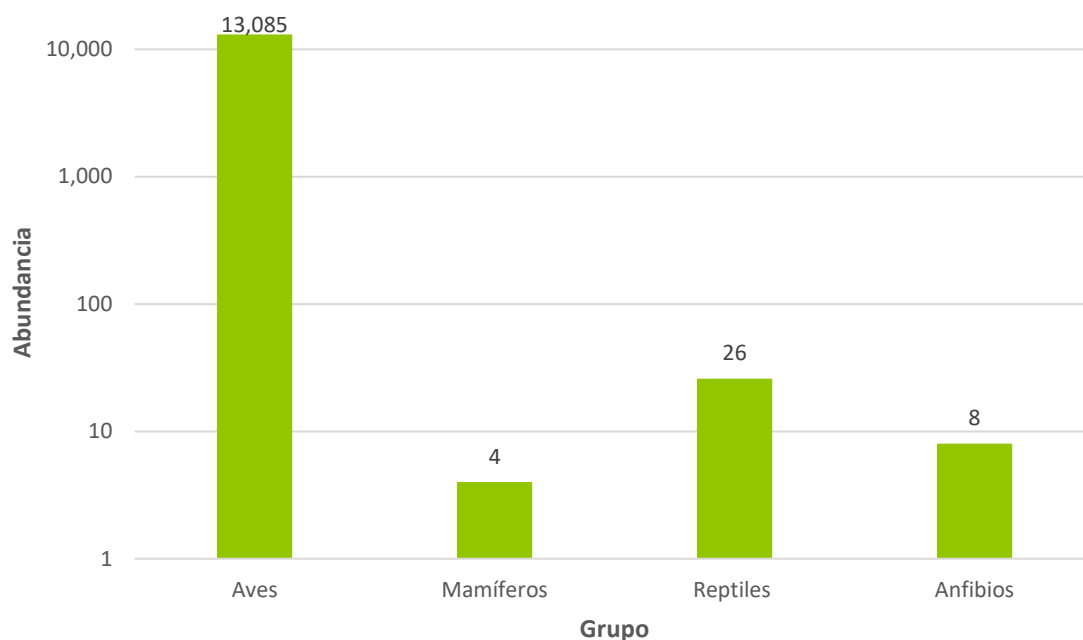
#### IV.2.3.2.1.5 Abundancia

Como se mencionó previamente, del análisis y filtración de los datos obtenidos del GBIF se obtuvieron 13,123 registros de 334 especies. De estos, 13,085 registros fueron de 317 especies de aves, 4 registros del mismo número de especies de mamíferos, 26 registros de 17 especies de reptiles y 8 registros de 6 especies de anfibios (**Cuadro IV:37**).

**Cuadro IV:37. Abundancias por cada uno de los grupos de fauna analizados de la microcuenca Chumpón.**

Grupo	Riqueza (S)	Abundancia total (N)
Aves	317	13,085
Mamíferos	4	4
Reptiles	17	26
Anfibios	6	8
	334	13,123

En la **Figura IV:39** se presentan gráficamente los resultados de las abundancias por cada grupo de fauna analizado.



**Figura IV:39.** Representación gráfica de las abundancias de la fauna por grupo (escala logarítmica).

A continuación, se presentan las abundancias por cada grupo de fauna. Además, en el **Anexo 1** del presente DTU-B se presenta el listado general de especies y los cálculos de los índices correspondientes.

En el **Cuadro IV:38**, se presentan las abundancias para el grupo de las aves. En la **Figura IV:40** se presentan las abundancias de las 32 especies de mayor abundancia para este grupo. Se puede observar que la especie más abundante fue *Quiscalus mexicanus* con 308 registros, seguida de *Cathartes aura* con 252, *Mimus gilvus* con 229 y *Myozetetes similis* con 206.

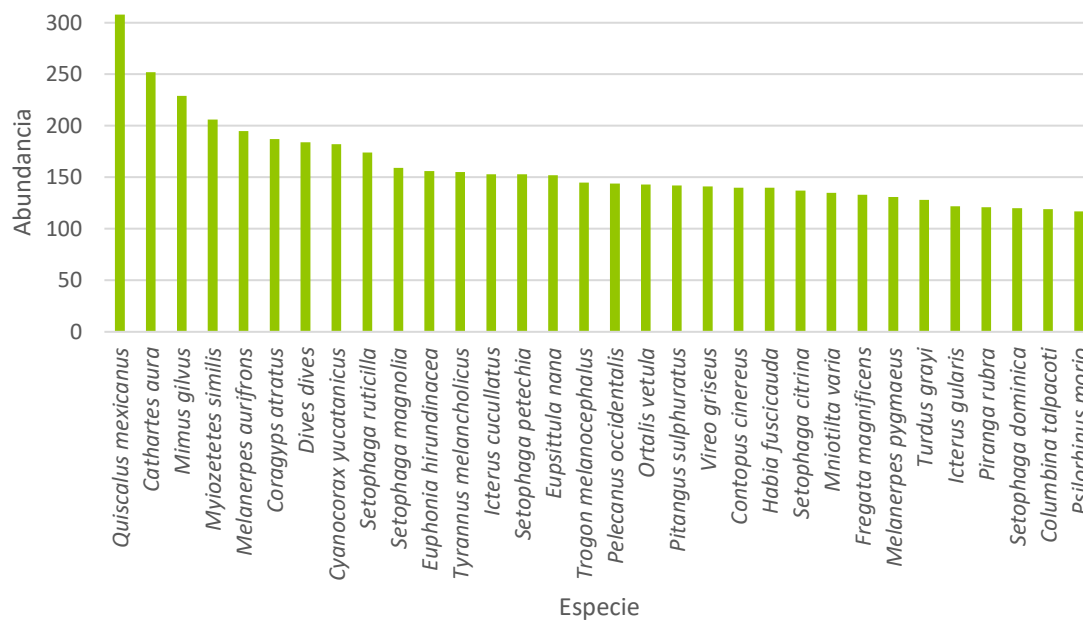


Figura IV:40. Abundancias de las 32 especies más abundantes del grupo de las aves.

Cuadro IV:38. Abundancias por especie para el grupo de las aves.

Especies	Abundancias
Accipiter bicolor	3
Actitis macularius	15
Agamia agami	4
Agelaius phoeniceus	15
Amazilia candida	89
Amazilia rutila	87
Amazilia tzacatl	4
Amazilia yucatanensis	23
Amazona albifrons	73
Amazona xantholora	30
Amblycercus holosericeus	70
Anhinga anhinga	24
Anthracothorax prevostii	6
Aramides albiventris	36
Aramides axillaris	7
Aramus guarauna	13
Archilochus colubris	18
Ardea alba	87
Ardea herodias	110
Arenaria interpres	47
Arremonops chloronotus	50
Arremonops rufivirgatus	18

<b>Especies</b>	<b>Abundancias</b>
<i>Attila spadiceus</i>	31
<i>Aythya affinis</i>	31
<i>Aythya collaris</i>	5
<i>Basileuterus culicivorus</i>	3
<i>Blythipicus rubiginosus</i>	12
<i>Bombycilla cedrorum</i>	1
<i>Botaurus lentiginosus</i>	1
<i>Bubo virginianus</i>	1
<i>Bubulcus ibis</i>	27
<i>Buteo albicaudatus</i>	7
<i>Buteo albonotatus</i>	6
<i>Buteo brachyurus</i>	6
<i>Buteo nitidus</i>	31
<i>Buteogallus anthracinus</i>	40
<i>Buteogallus urubitinga</i>	8
<i>Butorides striata</i>	2
<i>Butorides virescens</i>	59
<i>Calidris alba</i>	15
<i>Calidris mauri</i>	4
<i>Calidris minutilla</i>	7
<i>Calidris pusilla</i>	2
<i>Calonectris diomedea</i>	1
<i>Campephilus guatemalensis</i>	29
<i>Camptostoma imberbe</i>	32
<i>Campylopterus curvipennis</i>	82
<i>Caracara cheriway</i>	1
<i>Cardellina pusilla</i>	5
<i>Cardinalis cardinalis</i>	65
<i>Cathartes aura</i>	252
<i>Cathartes burrovianus</i>	67
<i>Catharus guttatus</i>	2
<i>Catharus ustulatus</i>	10
<i>Celeus castaneus</i>	1
<i>Chaetura vauxi</i>	90
<i>Charadrius nivosus</i>	14
<i>Charadrius semipalmatus</i>	23
<i>Charadrius vociferus</i>	2
<i>Charadrius wilsonia</i>	19
<i>Chen caerulescens</i>	2
<i>Chlidonias niger</i>	3
<i>Chloroceryle aenea</i>	20
<i>Chloroceryle amazona</i>	1

<b>Especies</b>	<b>Abundancias</b>
<i>Chloroceryle americana</i>	5
<i>Chlorostilbon canivetii</i>	34
<i>Chondrohierax uncinatus</i>	1
<i>Chordeiles acutipennis</i>	2
<i>Ciccaba virgata</i>	1
<i>Circus cyaneus</i>	2
<i>Claravis pretiosa</i>	3
<i>Coccyzus americanus</i>	4
<i>Coccyzus minor</i>	3
<i>Cochlearius cochlearius</i>	18
<i>Coereba flaveola</i>	14
<i>Colinus nigrogularis</i>	1
<i>Columba livia</i>	70
<i>Columbina passerina</i>	24
<i>Columbina talpacoti</i>	119
<i>Contopus cinereus</i>	140
<i>Contopus virens</i>	11
<i>Coragyps atratus</i>	187
<i>Crax rubra</i>	3
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	46
<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	21
<i>Cyanerpes cyaneus</i>	69
<i>Cyanocompsa parellina</i>	53
<i>Cyanocorax yncas</i>	110
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	182
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	82
<i>Dendrocincla anabatina</i>	38
<i>Dendrocincla homochroa</i>	44
<i>Dendrocolaptes sanctithomae</i>	21
<i>Dives dives</i>	184
<i>Dryocopus lineatus</i>	45
<i>Dumetella carolinensis</i>	108
<i>Egretta caerulea</i>	63
<i>Egretta rufescens</i>	20
<i>Egretta thula</i>	49
<i>Egretta tricolor</i>	55
<i>Elaenia flavogaster</i>	54
<i>Elaenia martinica</i>	4
<i>Elanoides forficatus</i>	3
<i>Empidonax flaviventris</i>	4
<i>Empidonax minimus</i>	34
<i>Eucometis penicillata</i>	58

<b>Especies</b>	<b>Abundancias</b>
<i>Eudocimus albus</i>	99
<i>Eumomota superciliosa</i>	68
<i>Euphonia affinis</i>	50
<i>Euphonia hirundinacea</i>	156
<i>Eupsittula nana</i>	152
<i>Falco columbarius</i>	2
<i>Falco peregrinus</i>	5
<i>Falco rufigularis</i>	2
<i>Florisuga mellivora</i>	1
<i>Formicarius analis</i>	26
<i>Fregata magnificens</i>	133
<i>Fulica americana</i>	58
<i>Geothlypis formosa</i>	6
<i>Geothlypis poliocephala</i>	12
<i>Geothlypis trichas</i>	60
<i>Geotrygon montana</i>	2
<i>Geranospiza caerulescens</i>	1
<i>Glaucidium brasilianum</i>	51
<i>Granatellus sallaei</i>	13
<i>Habia fuscicauda</i>	140
<i>Habia rubica</i>	37
<i>Harpagus bidentatus</i>	3
<i>Helmitheros vermivorum</i>	33
<i>Henicorhina leucosticta</i>	1
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	16
<i>Himantopus mexicanus</i>	4
<i>Hirundo rustica</i>	20
<i>Hydroprogne caspia</i>	1
<i>Hylocichla mustelina</i>	57
<i>Hylophilus ochraceiceps</i>	13
<i>Icteria virens</i>	3
<i>Icterus auratus</i>	74
<i>Icterus chrysater</i>	55
<i>Icterus cucullatus</i>	153
<i>Icterus galbula</i>	9
<i>Icterus gularis</i>	122
<i>Icterus mesomelas</i>	44
<i>Icterus prothemelas</i>	79
<i>Icterus spurius</i>	18
<i>Jabiru mycteria</i>	2
<i>Jacana spinosa</i>	1
<i>Larus atricilla</i>	31

<b>Especies</b>	<b>Abundancias</b>
<i>Laterallus ruber</i>	14
<i>Legatus leucophaeus</i>	23
<i>Leiothlypis peregrina</i>	4
<i>Leiothlypis ruficapilla</i>	5
<i>Leptotila jamaicensis</i>	11
<i>Leptotila verreauxi</i>	49
<i>Limnodromus griseus</i>	1
<i>Limnothlypis swainsonii</i>	12
<i>Megaceryle alcyon</i>	44
<i>Megaceryle torquata</i>	8
<i>Megarynchus pitangua</i>	55
<i>Megascops guatemalae</i>	2
<i>Melanerpes aurifrons</i>	195
<i>Melanerpes pygmaeus</i>	131
<i>Melanoptila glabrirostris</i>	83
<i>Meleagris ocellata</i>	12
<i>Melospiza lincolni</i>	2
<i>Micrastur semitorquatus</i>	12
<i>Mimus gilvus</i>	229
<i>Mionectes oleagineus</i>	7
<i>Mniotilta varia</i>	135
<i>Molothrus aeneus</i>	51
<i>Momotus lessonii</i>	33
<i>Mycteria americana</i>	36
<i>Myiarchus crinitus</i>	2
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	79
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	24
<i>Myiarchus yucatanensis</i>	48
<i>Myiodynastes luteiventris</i>	25
<i>Myiodynastes maculatus</i>	6
<i>Myiopagis viridicata</i>	15
<i>Myiozetetes similis</i>	206
<i>Notharchus hyperrhynchus</i>	1
<i>Nyctanassa violacea</i>	23
<i>Nycticorax nycticorax</i>	8
<i>Nyctidromus albicollis</i>	4
<i>Nyctiphrynus yucatanicus</i>	3
<i>Oncostoma cinereigulare</i>	23
<i>Onychorhynchus coronatus</i>	21
<i>Ortalis vetula</i>	143
<i>Pachyramphus aglaiae</i>	67
<i>Pachyramphus major</i>	13

<b>Especies</b>	<b>Abundancias</b>
<i>Pachysylvia decurtata</i>	43
<i>Pandion haliaetus</i>	99
<i>Parkesia motacilla</i>	26
<i>Parkesia noveboracensis</i>	96
<i>Passerina caerulea</i>	21
<i>Passerina ciris</i>	34
<i>Passerina cyanea</i>	80
<i>Patagioenas cayennensis</i>	2
<i>Patagioenas flavirostris</i>	31
<i>Patagioenas leucocephala</i>	6
<i>Patagioenas nigrirostris</i>	3
<i>Patagioenas speciosa</i>	10
<i>Pelecanus occidentalis</i>	144
<i>Petrochelidon fulva</i>	9
<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	2
<i>Phalacrocorax auritus</i>	39
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	49
<i>Pheucticus ludovicianus</i>	29
<i>Pheugopedius maculipectus</i>	106
<i>Phoenicopterus ruber</i>	3
<i>Piaya cayana</i>	87
<i>Picoides fumigatus</i>	21
<i>Picoides scalaris</i>	26
<i>Pionus senilis</i>	2
<i>Pipra mentalis</i>	4
<i>Piranga roseogularis</i>	50
<i>Piranga rubra</i>	121
<i>Pitangus sulphuratus</i>	142
<i>Platalea ajaja</i>	35
<i>Platyrinchus cancrminus</i>	18
<i>Plegadis falcinellus</i>	2
<i>Pluvialis squatarola</i>	9
<i>Podilymbus podiceps</i>	11
<i>Poecilatriccus sylvia</i>	3
<i>Polioptila caerulea</i>	39
<i>Polioptila plumbea</i>	30
<i>Porphyrio martinica</i>	1
<i>Porzana carolina</i>	1
<i>Progne chalybea</i>	12
<i>Progne subis</i>	16
<i>Protonotaria citrea</i>	11
<i>Psilorhinus morio</i>	117



<b>Especies</b>	<b>Abundancias</b>
<i>Pteroglossus torquatus</i>	59
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	2
<i>Quiscalus mexicanus</i>	308
<i>Rallus crepitans</i>	1
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	57
<i>Ramphocaenus melanurus</i>	26
<i>Rhynchocyclus brevirostris</i>	45
<i>Rostrhamus sociabilis</i>	11
<i>Rupornis magnirostris</i>	84
<i>Saltator atriceps</i>	104
<i>Saltator coerulescens</i>	91
<i>Sarcoramphus papa</i>	1
<i>Sayornis phoebe</i>	7
<i>Schiffornis turdina</i>	2
<i>Sclerurus guatemalensis</i>	1
<i>Seiurus aurocapilla</i>	97
<i>Setophaga americana</i>	80
<i>Setophaga caerulescens</i>	9
<i>Setophaga citrina</i>	137
<i>Setophaga coronata</i>	15
<i>Setophaga dominica</i>	120
<i>Setophaga magnolia</i>	159
<i>Setophaga palmarum</i>	84
<i>Setophaga pensylvanica</i>	3
<i>Setophaga petechia</i>	153
<i>Setophaga ruticilla</i>	174
<i>Setophaga tigrina</i>	4
<i>Setophaga virens</i>	97
<i>Sittasomus griseicapillus</i>	72
<i>Spatula discors</i>	17
<i>Sphyrapicus varius</i>	12
<i>Spinus psaltria</i>	3
<i>Spizaetus ornatus</i>	1
<i>Spizella passerina</i>	1
<i>Sporophila torqueola</i>	78
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	50
<i>Sterna forsteri</i>	1
<i>Sterna maxima</i>	108
<i>Sternula antillarum</i>	13
<i>Streptopelia decaocto</i>	80
<i>Sula leucogaster</i>	2
<i>Synallaxis erythrothorax</i>	1

<b>Especies</b>	<b>Abundancias</b>
<i>Tachybaptus dominicus</i>	7
<i>Tachycineta albilinea</i>	48
<i>Tachycineta bicolor</i>	11
<i>Thalasseus sandvicensis</i>	10
<i>Thamnophilus doliatus</i>	22
<i>Thraupis abbas</i>	3
<i>Thraupis episcopus</i>	33
<i>Thryothorus ludovicianus</i>	26
<i>Tiaris olivaceus</i>	32
<i>Tigrisoma mexicanum</i>	35
<i>Tityra inquisitor</i>	36
<i>Tityra semifasciata</i>	70
<i>Todirostrum cinereum</i>	6
<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	63
<i>Tringa flavipes</i>	1
<i>Tringa melanoleuca</i>	2
<i>Tringa solitaria</i>	1
<i>Troglodytes aedon</i>	7
<i>Trogon caligatus</i>	61
<i>Trogon collaris</i>	14
<i>Trogon melanocephalus</i>	145
<i>Turdus grayi</i>	128
<i>Turdus migratorius</i>	1
<i>Tyrannus couchii</i>	83
<i>Tyrannus dominicensis</i>	2
<i>Tyrannus forficatus</i>	2
<i>Tyrannus melancholicus</i>	155
<i>Tyrannus tyrannus</i>	3
<i>Uropsila leucogastra</i>	40
<i>Vermivora chrysoptera</i>	1
<i>Vermivora cyanoptera</i>	6
<i>Vireo altiloquus</i>	1
<i>Vireo flavifrons</i>	27
<i>Vireo flavoviridis</i>	44
<i>Vireo griseus</i>	141
<i>Vireo magister</i>	61
<i>Vireo olivaceus</i>	7
<i>Vireo pallens</i>	43
<i>Vireo philadelphicus</i>	2
<i>Vireo solitarius</i>	3
<i>Volatinia jacarina</i>	8
<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	116

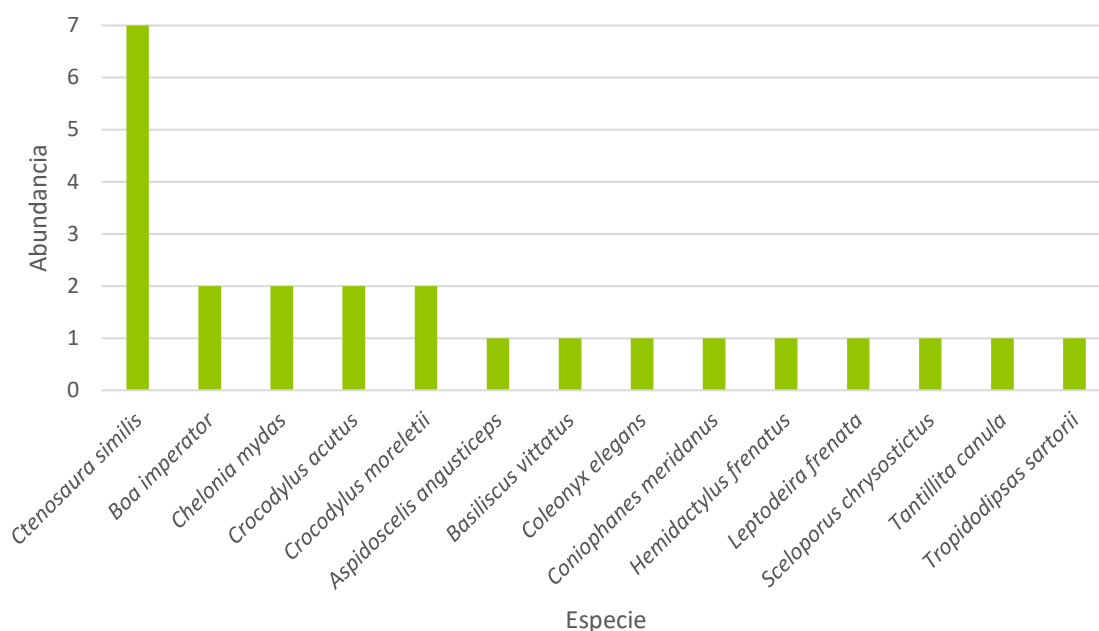
Especies	Abundancias
<i>Zenaida asiatica</i>	96
<i>Zenaida aurita</i>	1
<i>Zenaida macroura</i>	5
<b>Total general</b>	<b>13,085</b>

Para el grupo de los mamíferos, en el **Cuadro IV:39** se muestran las abundancias de las 4 especies registradas. En este grupo, únicamente se registró un individuo por cada especie encontrada: *Nasua narica*, *Pecari tajacu*, *Procyon lotor* y *Trichechus monatus*.

*Cuadro IV:39. Abundancias para el grupo de los mamíferos.*

Especies	Abundancias
<i>Nasua narica</i>	1
<i>Pecari tajacu</i>	1
<i>Procyon lotor</i>	1
<i>Trichechus manatus</i>	1
<b>Total general</b>	<b>4</b>

En el **Cuadro IV:40** y en la **Figura IV:41**, se muestran las abundancias obtenidas para el grupo de los reptiles. La especie más abundante de este grupo fue *Ctenosaura similis* con 7 registros, seguidas de *Boa imperator*, *Charadrius vociferus*, *Chelonia mydas*, *Crocodylus acutus* y *Crocodylus moreletii*, con dos registros cada una. Para el resto de las especies (*Aspidoscelis angusticeps*, *Basiliscus vittatus*, *Coleonyx elegans*, *Coniophanes meridanus*, *Hemidactylus frenatus*, *Leptodeira frenata*, *Sceloporus chrysostictus*, *Tantillita canula*, *Tropidodipsas sartorii*), se contabilizó un registro de cada una.



**Figura IV:41. Abundancias por especie para el grupo de reptiles.**

**Cuadro IV:40. Abundancias para el grupo de los reptiles.**

Especies	Abundancias
<i>Aspidoscelis angusticeps</i>	1
<i>Basiliscus vittatus</i>	1
<i>Boa imperator</i>	2
<i>Chelonia mydas</i>	2
<i>Coleonyx elegans</i>	1
<i>Coniophanes meridanus</i>	1
<i>Crocodylus acutus</i>	2
<i>Crocodylus moreletii</i>	2
<i>Ctenosaura similis</i>	7
<i>Hemidactylus frenatus</i>	1
<i>Leptodeira frenata</i>	1
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	2
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	1
<i>Tantillita canula</i>	1
<i>Tropidodipsas sartorii</i>	1
<b>Total general</b>	<b>26</b>

Finalmente, en la **Figura IV:42** y en el **Cuadro IV:41**, se presentan las abundancias por especie para el grupo de los anfibios. En este grupo dominaron *Incillus valiceps* y *Smilisca baudinii* con 2 registros para cada una, seguidas de *Agalychnis callidryas*, *Hipopachus variolosus*, *Leptodactylus fragilis* y *lithobates bronorum* con un solo registro para cada una.

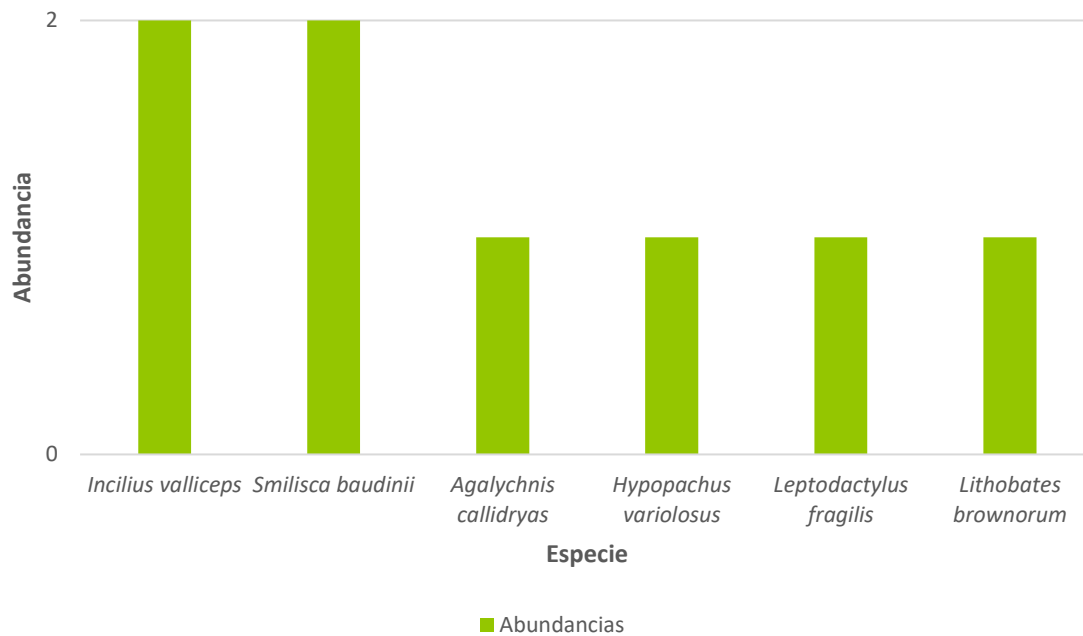


Figura IV:42. Abundancias por especie para el grupo de los anfibios.

Cuadro IV:41. Abundancias para el grupo de los anfibios.

Especies	Abundancias
<i>Agalychnis callidryas</i>	1
<i>Hypopachus variolosus</i>	1
<i>Incilius valliceps</i>	2
<i>Leptodactylus fragilis</i>	1
<i>Lithobates brownorum</i>	1
<i>Smilisca baudinii</i>	2
<b>Total general</b>	<b>8</b>

#### IV.2.3.2.1.6 Índices de diversidad

Para cada grupo de fauna, con base en el número de registros, se calcularon los índices de diversidad para la microcuenca Chumpón. Los índices analizados fueron: el índice de diversidad de Simpson (1-D) el complemento del índice de dominancia), el índice de Shannon-Wiener (H'), el índice de riqueza de Margalef (Mg) y el índice de equidad (E) Pielou. Para la estimación de estos índices se usaron las siguientes fórmulas (Cuadro IV:42):

**Cuadro IV:42. Métodos para el cálculo de los índices de diversidad empleados para el análisis de la fauna de la Microcuenca Chumpón.**

Índice	Fórmulas
Shannon-Weiner	$H' = \sum \frac{n_i}{N} \ln \frac{N}{n_i}$
Simpson	$1 - D = 1 - \frac{\sum n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$
Margalef	$Mg = \frac{(S - 1)}{\ln N}$
Pielou	$E = \frac{H'}{H'_{max}} = \frac{H}{\ln S}$
<b>Donde:</b>	
H' = Índice de Shannon-Weiner	
D = Índice de dominancia de Simpson	
Mg = Índice de riqueza de Margalef	
E = Índice de equidad de Pielou	
N = Número total de individuos	
n <sub>i</sub> = número de individuos en la i-ésima especie	
S = Número de especies	
Ln = Logaritmo natural	

Los resultados de los índices en cada grupo, se presentan a continuación. Además, se anexa al presente DTU-B Regional, la base de datos con el cálculo de dichos índices por grupo (**Anexo 1**).

- Anfibios

En el **Cuadro IV:43** se muestra los indicadores de diversidad del grupo de los anfibios. El índice de Shannon fue de 1.73, mientras que el índice de Simpson fue de 0.93 y el de equidad de 0.96. El índice de riqueza de Margalef de 2.40 se considera bajo. Los resultados para este grupo significan una baja diversidad, pero una alta equidad o uniformidad en la distribución de los individuos en las especies.

**Cuadro IV:43. Síntesis de los indicadores de riqueza y diversidad en la microcuenca Chumpón para el grupo de los anfibios.**

Parámetro	Valor
Número de especies	6
Número de individuos	8
Índice de diversidad Shannon-Wiener	1.73
Índice de diversidad Simpson	0.93
Índice de riqueza Margalef	2.40
Índice de Equidad Pielou	0.96

La estimación de índice de diversidad y riqueza por especie se presenta en el

- Aves

El grupo de las aves presenta índices de diversidad Shannon y Simpson con valores de 5.42 y 0.99 respectivamente, lo cual revela alta diversidad para el mismo. El cálculo para ambos índices se presenta en el **Anexo 1**.

Por otra parte, el índice de riqueza Margalef indicó un valor de 32.49; es decir alta riqueza de especies del grupo aves, por otro lado el índice de equidad presenta valores muy cercanos a 1 (0.95); por tanto, indica alta equidad entre especies, en otras palabras, existen diversas especies con abundancia parecida entre ellas (**Cuadro IV:44**).

*Cuadro IV:44. Síntesis de los indicadores de riqueza y diversidad en la microcuenca Chumpón para el grupo de las aves.*

Parámetro	Valor
Número de especies	309
Número de individuos	13,085
Índice de diversidad Shannon-Wiener	5.42
Índice de diversidad Simpson	0.99
Índice de riqueza Margalef	32.49
índice de Equidad Pielou	0.95

- Mamíferos

El grupo mamíferos presenta diversidad alta, aunque con valores menores al grupo aves; el índice de Shannon indica 1.39, mientras el de diversidad Simpson es igual a 1. Por otra parte, el índice de equidad indica un valor de 1, es decir alta equidad entre especies, lo cual implica pocas especies abundantes, existiendo distintos tipos de especies que ocupando la superficie del predio; lo anterior es coherente con el valor obtenido mediante el índice Margalef, donde un valor de 0.76 indica baja riqueza de especies (**Cuadro IV:45**).

*Cuadro IV:45. Síntesis de los indicadores de riqueza y diversidad en la microcuenca Chumpón para el grupo de los mamíferos.*

Parámetro	Valor
Número de especies	4
Número de individuos	4
Índice de diversidad Shannon-Wiener	1.39
Índice de diversidad Simpson	1
Índice de riqueza Margalef	0.76
índice de Equidad Pielou	1

- Reptiles

Finalmente, para el cuarto grupo, los reptiles resultaron los indicadores que se presenta en el **Cuadro IV:46**. Estos resultados muestran que el grupo tiene una diversidad media ( $H' = 2.47$ ), una alta equidad o uniformidad en la estructura ( $1-D = 0.92$  y  $E = 0.97$ ) y una baja riqueza ( $Mg = 3.54$ ), ya que únicamente se contabilizaron 15 especies.

*Cuadro IV:46. Síntesis de los indicadores de riqueza y diversidad en la microcuenca Chumpón para el grupo de los reptiles.*

Parámetro	Valor
Número de especies	15
Número de individuos	26
Índice de diversidad Shannon-Wiener	2.47
Índice de diversidad Simpson	0.92
Índice de riqueza Margalef	3.54
índice de Equidad Pielou	0.97

#### *IV.2.3.2.1.7 Conclusiones sobre el estudio de fauna en la microcuenca Chumpón*

Los resultados de los índices de diversidad d del estudio de fauna de la microcuenca Chumpón se sintetizan en el **Cuadro IV:47**.

*Cuadro IV:47. Resultados de los índices de diversidad de fauna por grupo en la microcuenca Chumpón.*

Grupo	Riqueza (S)	Abundancia total (N)	$H'$	1-D	E	M	Diversidad
Aves	309	13,085	5.42	0.99	0.95	32.49	Alta
Mamíferos	4	4	1.39	1.00	1.00	0.92	Baja
Reptiles	15	26	2.47	0.92	0.91	3.54	Media
Anfibios	6	8	1.73	0.93	0.97	2.40	Baja
Totales	334	13,123					

#### *IV.2.3.2.2 Fauna en el predio*

##### *IV.2.3.2.2.1 Justificación del tamaño de la muestra*

Se registraron los individuos de fauna en 3 transectos en línea con una longitud de 800 m el primero (transecto 1), y los otros 2 transectos (transectos 2 y 3) de 600 m cada uno, que en conjunto suman un total de 2,000 metros. Este esfuerzo de muestreo se justifica por el hecho de abarcar y distribuirse por todo el predio y considerarse representativo del mismo.

Con objeto de que el trabajo de campo fuera representativo de la fauna en la zona y dentro del mismo predio bajo estudio. Se utilizaron técnicas de muestreo establecidas por especialistas en cada taxón, y adecuadas para el sitio y fauna habitante de la zona. Los sitios



donde se colocaron las trampas y redes, así como de los recorridos representaron los diferentes estados de conservación de la vegetación y de las condiciones ambientales que se encuentran en toda el área de interés. La selección de muestras y unidades muestrales se adecuaron perfectamente a los requerimientos de aleatorización, replicación y/o estratificación.

#### *IV.2.3.2.2.2 Metodología*

La caracterización de fauna consistió en recorridos mediante caminatas dentro del polígono bajo estudio con la intención de definir los tipos de hábitats, los transectos para el registro directo de la fauna, así como para la colocación de trampas. Para posteriormente iniciar con el monitoreo de fauna, el cual se realizó los días 17-19 y 24-25 de noviembre de 2018.

En este monitoreo se implementaron estrategias para cuatro grupos faunísticos (anfibios, reptiles aves y mamíferos). Las técnicas de muestreo utilizadas fueron de muestreo aleatorio estratificado y muestreos aleatorios simples. Además, se obtuvieron parámetros ecológicos como abundancia en el sentido de número de ejemplares por especie, sociabilidad interespecífica, estacionalidad y tipo de alimentación. Para efecto de la obtención de la abundancia se realizaron 3 transectos con una longitud de 800 m el primero (transecto 1), y los otros 2 transectos (transectos 2 y 3) de 600 m cada uno, que en conjunto suman un total de 2,000 metros (**Figura IV:43**).

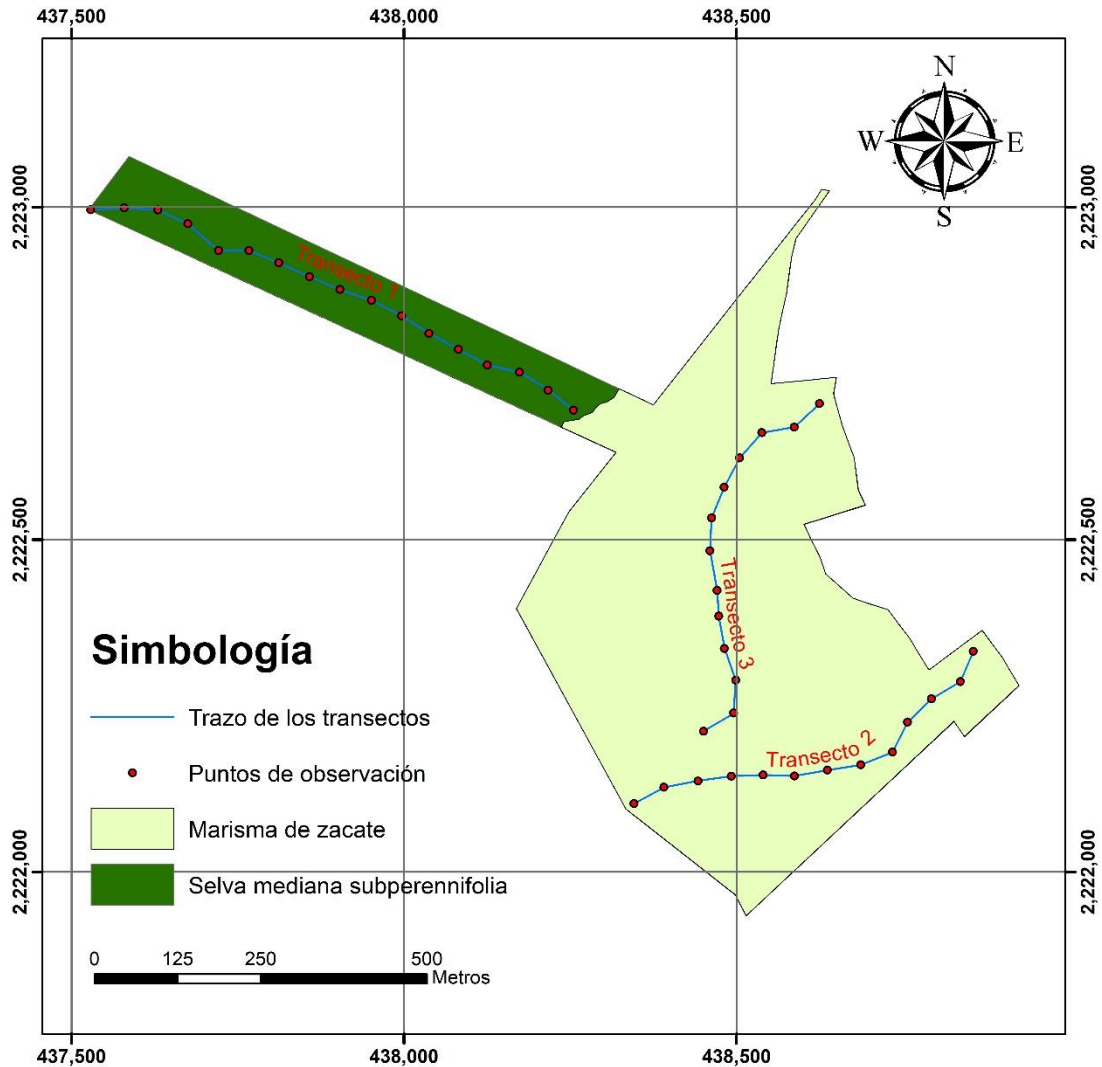


Figura IV:43. Transectos utilizados en la caracterización de fauna del proyecto.

En el **Cuadro IV:48**, se presentan las coordenadas de los transectos trazados para efectos del muestreo de la fauna en el predio.

Cuadro IV:48. Coordenadas UTM 16 Q de los transectos utilizados en la caracterización de fauna del proyecto.

WGS 84 / UTM 16 Q					
Transecto 1		Transecto 2		Transecto 3	
X	Y	X	Y	X	Y
437,529.18	2,222,995.84	438,346.02	2,222,102.76	438,625.11	2,222,704.13
437,579.57	2,222,998.61	438,391.14	2,222,127.39	438,587.15	2,222,668.99
437,630.34	2,222,995.45	438,442.47	2,222,136.78	438,538.23	2,222,660.48
437,675.14	2,222,974.57	438,492.45	2,222,144.13	438,504.88	2,222,622.73

WGS 84 / UTM 16 Q					
Transecto 1		Transecto 2		Transecto 3	
X	Y	X	Y	X	Y
437,721.28	2,222,934.56	438,540.32	2,222,146.02	438,481.61	2,222,578.49
437,766.88	2,222,934.56	438,587.48	2,222,144.48	438,462.62	2,222,532.49
437,811.96	2,222,916.00	438,636.79	2,222,153.25	438,460.25	2,222,482.84
437,858.27	2,222,895.09	438,686.80	2,222,161.34	438,471.06	2,222,423.28
437,903.95	2,222,875.87	438,734.83	2,222,180.46	438,473.52	2,222,384.80
437,951.29	2,222,859.69	438,757.35	2,222,225.22	438,482.00	2,222,335.92
437,996.66	2,222,836.37	438,793.57	2,222,260.28	438,499.10	2,222,288.50
438,037.73	2,222,809.82	438,836.76	2,222,286.36	438,496.04	2,222,238.91
438,082.09	2,222,785.78	438,856.23	2,222,331.83	438,450.49	2,222,211.65
438,125.29	2,222,762.44				
438,173.88	2,222,751.38				
438,216.91	2,222,724.49				
438,255.11	2,222,694.45				

Por las características del sitio, tiempo disponible y los objetivos del estudio se utilizaron estrategias de observación directa e indirecta adecuadas a cada grupo taxonómico. Todos los organismos observados o capturados, así como las evidencias indirectas, fueron determinados en el sitio con base en la experiencia profesional y el uso de guías especializadas de identificación en campo y de claves taxonómicas.

Los ejemplares colectados vivos fueron identificados, registrados, fotografiados y posteriormente liberados *in situ* sin daño alguno. La categoría de riesgo o su característica de endemismo se basó en el listado oficial de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Para determinar si la especie es migratoria o no se consultaron diversas fuentes documentales y electrónicas como <http://www.naturalista.mx>, y <http://www.biodiversidad.gob.mx>.

La herpetofauna registrada (anfibios y reptiles) en este trabajo fue determinada mediante la recopilación de claves dicotómicas de Flores-Villela *et al.* (1995)<sup>96</sup>, mientras que los cambios taxonómicos fueron siguiendo a Flores-Villela y Canseco-Márquez (2004)<sup>97</sup>, Frost

<sup>96</sup> Flores-Villela, O., Mendoza, F. & Gonzalez, G., 1995. Recopilación de Claves para la Determinación de Anfibios y Reptiles de México. Publicaciones Especiales del Museo de Zoología, Issue 10, p. 439.

<sup>97</sup> Flores-Villela, O. & Canseco-Márquez, L., 2004. Nuevas Especies y Cambios Taxonómicos para la Herpetofauna de México. Acta Zoológica Mexicana, 20(2), pp. 115-144.

*et al.* (2006)<sup>98</sup>, Wüster (2005)<sup>99</sup>. La mastofauna fue determinada según Medellín *et al.* (1997)<sup>100</sup>, Wilson y Reeder, (2005)<sup>101</sup>, Arita y Ceballos (1997)<sup>102</sup>, (Ceballos & Oliva, 2005)<sup>103</sup> y Reid (1997)<sup>104</sup>, mientras que los cambios taxonómicos fueron siguiendo a Ceballos *et al.* (2002)<sup>105</sup> y Ramírez-Pulido *et al.* (2005)<sup>106</sup>. Las aves fueron identificadas mediante las guías de Howell y Webb (1995)<sup>107</sup>, la taxonomía y nombres actuales fueron según la American Ornithologist' Union (AOU) (1998)<sup>108</sup> y Berlanga *et al.* (2015)<sup>109</sup>. Las especies endémicas fueron según Flores-Villela (1993)<sup>110</sup> para el caso de la herpetofauna. Ceballos *et al.* (2005) para los mamíferos, la NOM-059-SEMARNAT-2010 para todas las clases, Howell y Webb (1995), Berlanga *et al.* (2015) para las aves. Para el resto de los nombres comunes se siguió aquellos utilizados en la región.

El análisis de la diversidad alfa sigue los conceptos propuestos por Halffter y Moreno (2005). La diversidad alfa se estima como el número de especies o riqueza específica total (Magurran, 2004) esto es mediante conteo directo de las especies. Derivado de la lista de especies se obtuvo la abundancia relativa e indicadora de diversidad faunística de las especies.

#### *IV.2.3.2.2.1 Método para anfibios*

La mayoría de las especies de anfibios tienen hábitos nocturnos y están asociados a cuerpos de agua permanentes o temporales por lluvia, por lo que su búsqueda se realiza en este

---

<sup>98</sup> Frost, D. R., Grant, T., Faivovich, J., Bain, R. H., Haas, A., Haddad, C. F., ... & Raxworthy, C. J. (2006). The amphibian tree of life. *Bulletin of the American Museum of natural History*, 2006(297), 1-291.

<sup>99</sup> Wüster, W., Ferguson, J. E., Quijada-Mascareñas, J. A., Pook, C. E., Salomão, M. D. G., & Thorpe, R. S. (2005). Tracing an invasion: landbridges, refugia, and the phylogeography of the Neotropical rattlesnake (Serpentes: Viperidae: *Crotalus durissus*).

<sup>100</sup> Medellín, R.A., H.T. Arita & O. Sánchez. 1997. Identificación de los murciélagos de México, clave de campo. Asociación Mexicana de Mastozoología, México. 83 pp.

<sup>101</sup> Wilson, D. E., and D. M. Reeder (eds.). 2005. *Mammal Species of the World: Taxonomic and Geographic Reference*. 3rd edition. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, 2,142 pp.

<sup>102</sup> Arita, H. T. & Ceballos, G., 1997. Los Mamíferos de México: Distribución y Estado de Conservación. *Revista Mexicana de Mastozoología*, Issue 2, pp. 33-71.

<sup>103</sup> Ceballos, G. & Oliva, G., 2005. Los Mamíferos Silvestres de México. México: CONABIO-FCE.

<sup>104</sup> Reid (1997) *A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico*. Oxford University Press.

<sup>105</sup> Ceballos, G., Arroyo-Cabrales, Joaquín., & Medellín, R. A. (2002). Mamíferos de México. *Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales*, 2, 377-413.

<sup>106</sup> Ramírez-Pulido, J., Arroyo-Cabrales, J., & Castro-Campillo, A. (2005). Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta zoológica mexicana*, 21(1), 21-82.

<sup>107</sup> Howel, S. N. & Webb, S., 1995. *A Guide to the Birds of Mexico and Nortner Central America*. New York: Oxford University Press.

<sup>108</sup> American Ornithologists Union, 1998. *Check list of North American birds*. 7th Edition. p. 15.

<sup>109</sup> Berlanga, H. y otros, 2015. *Aves de México: Lista Actualizada de Especies y Nombres Comunes*. México, D.F.

<sup>110</sup> Flores-Villela, O., 1993. *Herpetofauna mexicana: Lista Anotada de las Especies de Afibios y Reptiles de México, Cambios Taxonómicos Recientes y Nuevas Especies*. Special Publication No.17 ed. Pittsburg, USA.: Carnegie Museum of Natural History..

horario y posterior a lluvias fuertes, y en los nichos específicos mediante búsquedas puntuales. Otra de las características que ayudan a la captura de ejemplares de anfibios es la ubicación por señales auditivas. Los machos de casi todas las especies vocalizan para el cortejo por lo que pueden ser fácilmente ubicados.

Para el registro de anfibios se trabajó en un horario de 6:00 a 9:00 horas y de 18:00 a 20:00 horas y simplemente se identifican a la distancia. La búsqueda de anfibios por vocalización se realizó siguiendo los 3 transectos establecidos y en diferentes puntos al azar dentro del proyecto, las caminatas nocturnas se realizaron con el apoyo de una linterna pequeña de cabeza de haz concentrado iluminando hacia el frente, al escuchar la vocalización o ver el ejemplar se debe deslumbrar con la luz para identificarlo a la distancia o capturarlo para su identificación, fotografía y liberación. Los individuos se identifican, registran en libreta de campo con los datos básicos de especie, fecha, hora, tipo de hábitat, entre otras características.

#### *IV.2.3.2.2.2 Método para Reptiles*

Para el registro de los reptiles se realizaron recorridos en horarios diurnos pico en los transectos establecidos y en diferentes puntos al azar dentro del predio a una velocidad aproximada de 1 km/H. Estos transectos cubrieron los tipos de vegetación presentes en el predio. El registro de reptiles consiste en capturar o avistar cualquier ejemplar de tortuga, lagartija o serpiente, o bien indicios de estos como huellas, mudas, restos, etc. Durante las caminatas se remueven troncos, rocas o se revisa entre las plantas o en cualquier nicho encontrado donde pudieran refugiarse los ejemplares. Cuando fue posible se fotografió al ejemplar, y se registró en libreta de campo con los datos básicos de especie, fecha, hora, y tipo de hábitat. Esta técnica es la más eficiente para el registro de herpetofauna. También se realizaron recorridos nocturnos con el apoyo de una linterna de cabeza y un gancho herpetológico.

#### *IV.2.3.2.2.3 Método para Aves*

Para el registro de aves, se llevaron a cabo tres técnicas básicas; 1) técnica de observación o avistamiento a distancia al azar, 2) puntos de conteo y 4) uso de redes de niebla. La técnica de observación a distancia consistió en el avistamiento de aves mediante el uso de binoculares, marca Bushnell 7x 35, esta se efectuó en el horario completo de la jornada laboral en diferentes sitios dentro del predio. Esta metodología representó una herramienta importante en la elaboración del listado de especies de la región, y para determinar la diversidad de especies en el predio. Este método es un complemento a la técnica de puntos de conteo. Los ejemplares son registrados en libreta de campo con los datos básicos de especie, fecha, hora, y tipo de hábitat.

Asimismo, se utilizó la técnica de puntos por conteo, dicha metodología consistió en el registró de especies en los transectos entre las 06:00 y 10:00 horas. Estos transectos son recorridos haciendo paros totales cada 200 m [ (Ralph, et al., 1996)<sup>111</sup>, (Bibby, et al., 1992)<sup>112</sup>] de manera que se haga un censo visual y sonoro.

El objetivo de los puntos de conteo es contar los individuos presentes en un radio de 20 m una sola vez, constituye uno de los métodos más populares para estudiar la abundancia, riqueza, densidad, composición y distribución de las aves terrestres [ (Ralph, et al., 1996), (Bibby, et al., 1992)<sup>113</sup>].

Este método se usa para estudiar los cambios anuales en las poblaciones de aves, las diferencias en la composición de especies entre hábitats y la abundancia de diferentes especies en un lugar específico. Los puntos de conteo con radio fijo requieren que el observador permanezca inmóvil 10 min en un lugar determinado y que registre toda ave detectada ya sea visualmente o auditivamente. Los puntos se realizaron en los transectos seleccionados dentro del área de estudio. Para que se evitará el doble conteo de especies registradas, se sugirió una distancia de 200 m entre los puntos de recuento, con la finalidad de que los puntos de muestreo sean independientes, este tipo de metodología se puede utilizar en cualquier lugar determinado (MacGregor-Fors, 2010)<sup>114</sup>.

También se utilizaron redes de niebla. Este método consiste en la colocación en vísperas del alba de 2 redes de niebla de 5 m, activándolas en cuanto amanece, y su revisión cada 15 minutos. Fueron colocadas en 2 puntos del predio. Los ejemplares capturados se liberaron de la red, se identificaron y se registraron en libreta de campo con los datos básicos de especie, fecha, hora, y tipo de hábitat.

En el **Cuadro IV:49**, se presentan las coordenadas de los sitios de colocación de redes de niebla y de los sitios de muestreo para el monitoreo de aves. Los puntos marcados en naranja corresponden a los sitios donde se colocaron las redes de niebla.

*Cuadro IV:49. Coordenadas geográficas de los sitios de colocación de redes y de avistamiento para el monitoreo de aves.*

Sitio	WGS 84 / UTM 16 Q					
	Transecto 1		Transecto 2		Transecto 3	
	X	Y	X	Y	X	Y
<b>Sitio 1</b>	437,578.57	2,223,000.31	438,348.28	2,222,100.39	438,450.65	2,222,213.19

<sup>111</sup> Ralph, C. J. Geupel, G.R.; Pyle, P.; Martin, T.E.; De Sante, D. F.; y Milá, B., 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres Fauna Silvestre de México: uso, manejo y legislación. General Technical Report, Volumen 115.

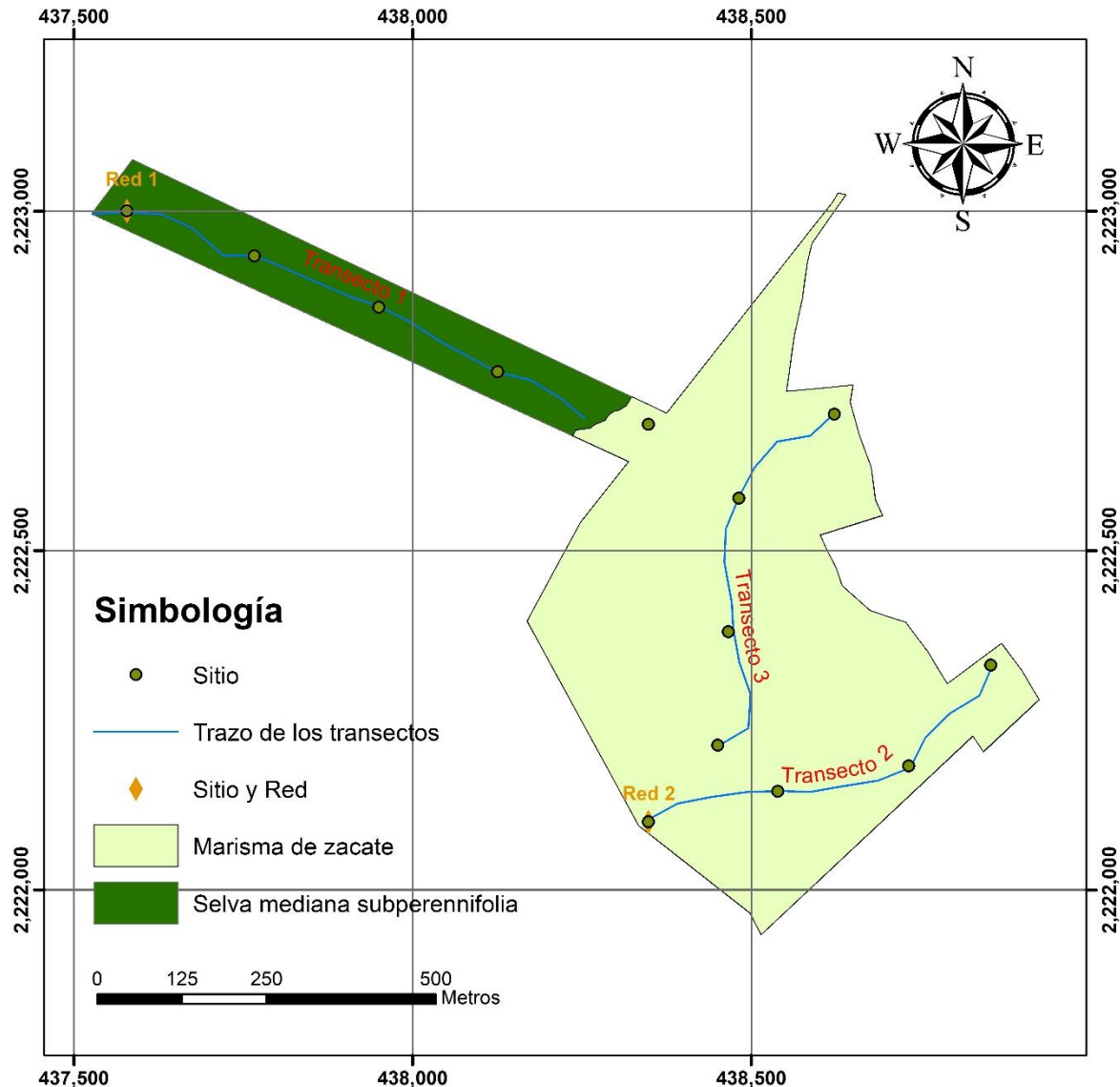
<sup>112</sup> Bibby, C. J., Burgess, N. D. & Hill, D. A., 1992. Bird Census Techniques. London: Academic Press.

<sup>113</sup> Bibby, C. J., Burgess, N. D. & Hill, D. A., 1992. Bird Census Techniques. London: Academic Press.

<sup>114</sup> MacGregor-Fors, I., 2010. How to measure the urban-wildland ecotone: redefining "periurban" areas. Ecological Research, Volumen 25, pp. 883-887.

Sitio	WGS 84 / UTM 16 Q					
	Transecto 1		Transecto 2		Transecto 3	
	X	Y	X	Y	X	Y
sitio 2	437,766.83	2,222,933.93	438,539.33	2,222,145.21	438,466.13	2,222,380.28
sitio 3	437,950.47	2,222,858.16	438,732.44	2,222,182.65	438,481.89	2,222,577.02
sitio 4	438,125.86	2,222,763.21	438,853.58	2,222,331.25	437,622.71	2,222,700.61
sitio 5	438,308.39	2,222,685.88				

La ubicación de estos sitios y la localización de las redes se pueden observar en la **Figura IV:44**.



*Figura IV:44. Ubicación de los sitios de muestreo de aves y de colocación de las redes de niebla*

#### IV.2.3.2.2.2.4 Método para Mamíferos

Se recorrieron los 3 transectos al azar en busca de mamíferos silvestres o evidencias indirectas (huellas, excretas, restos, etc.) a una velocidad de 1 km/h. Para el registro de los

mamíferos se aplicaron dos técnicas; uso de trampas y registro de evidencias y de ejemplares.

#### Uso de trampas para mamíferos pequeños y medianos.

Para mamíferos medianos se colocaron 4 trampas tipo Tomahawk colocadas a 50 metros de distancia entre ellas en dos sitios y días diferentes. Estas trampas fueron cebadas con sardina y fruta indistintamente.

Asimismo, se colocaron 20 trampas Sherman a cada 10 metros en dos sitios diferentes y días diferentes, estas trampas fueron cebadas con una mezcla de crema de cacahuate, hojuelas de avena y vainilla. Ambos tipos de trampas se activaron al atardecer y se revisaron al amanecer.

Los ejemplares capturados se liberaron de la trampa una vez que se identificaron y registraron en libreta de campo con los datos básicos de especie, fecha, hora, y tipo de hábitat.

#### Uso de redes de niebla para murciélagos

Para murciélagos se colocaron 2 redes de niebla de 5 m activándola en vísperas del anochecer y su revisión fue cada 15 minutos. Los ejemplares capturados se liberaron de la red, se identificaron y registraron en una libreta de campo con los datos básicos de especie, fecha, hora, y tipo de hábitat. En el **Cuadro IV:50**, se presentan las coordenadas de los sitios donde se colocaron las redes de niebla.

*Cuadro IV:50. Ubicación de las redes de niebla colocadas para los murciélagos.*

Red	X	Y
Red 1	437,578.57	2,223,000.31
Red 2	438,348.28	2,222,100.39

#### Registro de evidencias y ejemplares

Consistió en la observación de ejemplares de mamíferos de todas las tallas y evidencia de estos (huellas, excretas, restos, sonidos, rasguños de árboles, etc.) mediante recorridos al azar en el proyecto en el horario completo de la jornada laboral. Los ejemplares o evidencia fueron registrados en una libreta de campo con los datos básicos de especie, fecha, hora, y tipo de hábitat.

En el **Cuadro IV:51**, pueden observarse las coordenadas de los sitios muestreados para mamíferos en el transecto 1. En todos los sitios se establecieron Trampas Sherman y se marcan en naranja los sitios en los que, además, se instalaron trampas tipo Tomahawk, es decir, los sitios 1, 5 9 y 13.



**Cuadro IV:51. Coordenadas de ubicación de trampas Tomahawk y Sherman en el transecto 1.**

Sitio	X	Y
Sitio 1	437,546.01	2,222,998.26
Sitio 2	437,555.56	2,222,998.63
Sitio 3	437,574.73	2,223,000.38
Sitio 4	437,585.41	2,222,999.88
Sitio 5	437,596.54	2,222,998.92
Sitio 6	437,606.77	2,222,998.19
Sitio 7	437,616.78	2,222,997.24
Sitio 8	437,625.95	2,222,995.79
Sitio 9	437,636.25	2,222,992.47
Sitio 10	437,645.61	2,222,988.94
Sitio 11	437,654.91	2,222,984.99
Sitio 12	437,664.11	2,222,980.42
Sitio 13	437,673.44	2,222,976.54
Sitio 14	437,682.26	2,222,973.15
Sitio 15	437,691.22	2,222,969.79
Sitio 16	437,700.90	2,222,964.97
Sitio 17	437,709.03	2,222,960.21
Sitio 18	437,718.00	2,222,957.60
Sitio 19	437,727.17	2,222,952.50
Sitio 20	437,736.53	2,222,948.30

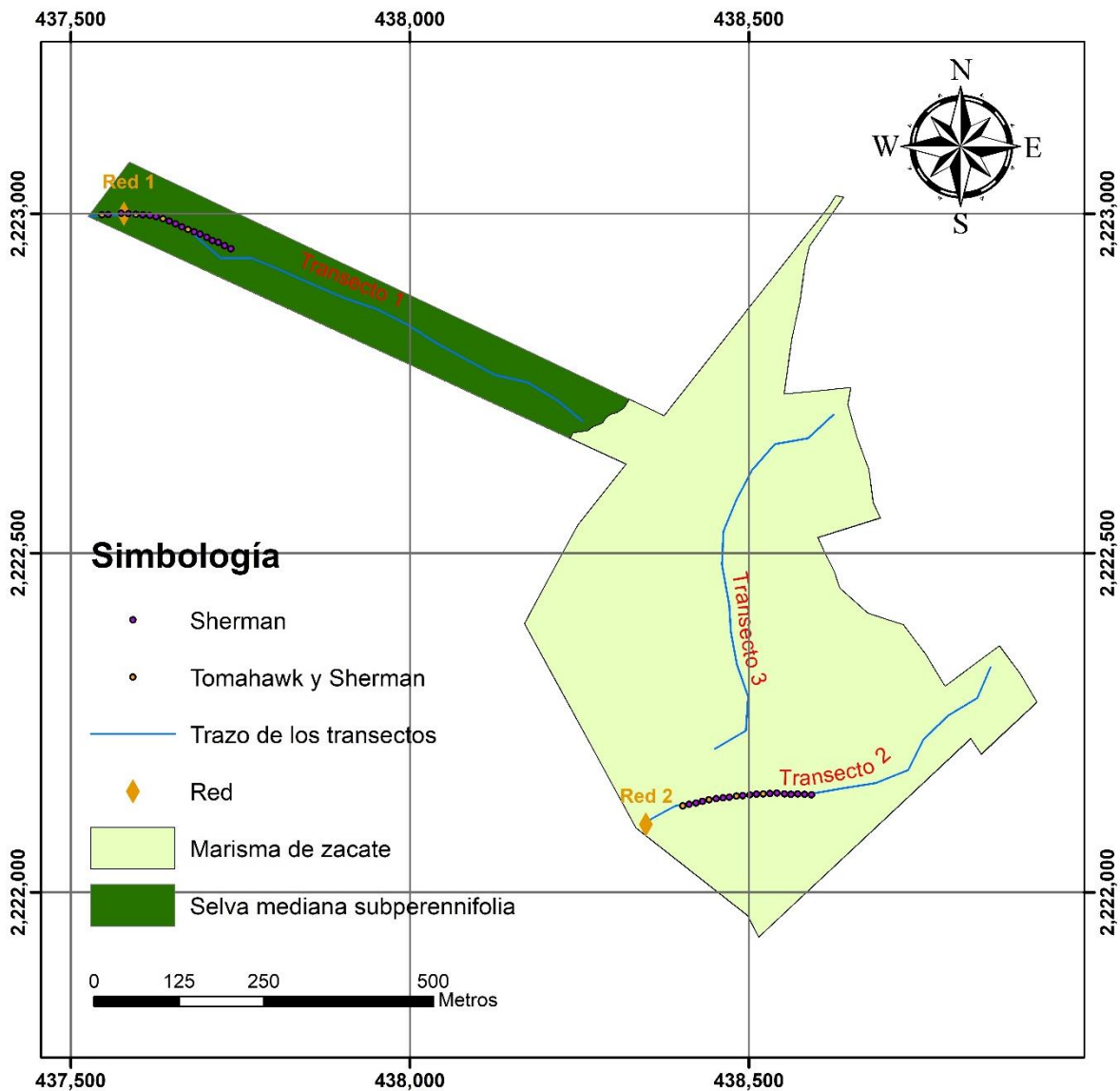
En el **Cuadro IV:52**, pueden observarse las coordenadas de los sitios muestreados para mamíferos en el transecto 2. En todos los sitios se establecieron Trampas Sherman y se marcan en naranja los sitios en los que, además, se instalaron trampas tipo Tomahawk, es decir, los sitios 1, 5 9 y 13.

**Cuadro IV:52. Coordenadas de ubicación de trampas Tomahawk y Sherman en el transecto 2.**

Sitio	X	Y
Sitio 1	438,402.89	2,222,127.32
Sitio 2	438,412.16	2,222,129.65
Sitio 3	438,422.30	2,222,131.53
Sitio 4	438,431.99	2,222,134.28
Sitio 5	438,441.33	2,222,136.40
Sitio 6	438,451.84	2,222,137.90
Sitio 7	438,461.98	2,222,139.19
Sitio 8	438,471.53	2,222,140.27
Sitio 9	438,481.94	2,222,141.74
Sitio 10	438,491.10	2,222,142.58
Sitio 11	438,501.54	2,222,143.63
Sitio 12	438,511.39	2,222,144.69
Sitio 13	438,521.57	2,222,144.88
Sitio 14	438,531.44	2,222,145.72
Sitio 15	438,541.50	2,222,146.24

Sitio	X	Y
Sitio 16	438,552.72	2,222,144.98
Sitio 17	438,562.40	2,222,144.51
Sitio 18	438,572.22	2,222,144.92
Sitio 19	438,582.35	2,222,144.22
Sitio 20	438,592.43	2,222,143.75

En este sentido, en la **Figura IV:45**, se presenta la ubicación de los 40 sitios referidos anteriormente, así como los sitios de colocación de las 2 redes de niebla para murciélagos. Cabe aclarar que el número de sitio es ascendente de Oeste a Este en el mapa.



*Figura IV:45. Ubicación de los sitios de muestreo para el grupo de los mamíferos y las redes de niebla para el subgrupo de los murciélagos.*

#### IV.2.3.2.2.3 Riqueza faunística en el predio

Se identificó un total de 41 especies pertenecientes a 23 familias, 12 órdenes y 4 clases. Estos números se sintetizan y especifican por grupo en el **Cuadro IV:53**. Por otro lado, 3 de estas especies resultaron abundantes, 19 comunes, y 19 poco comunes. Ninguna de ellas resultó ocasional o rara.

**Cuadro IV:53. Riqueza total del predio por taxón y por grado de abundancia.**

Clase	Orden	Familia	Especies	Porcentaje	Registros	Abundancia	
						Abundante	3
Anfibios	1	1	2	4.88	5	Ocasional	0
Reptiles	1	8	9	21.95	34	Común	19
Aves	7	11	27	65.85	126	Poco común	19
Mamíferos	3	3	3	7.32	6	Rara	0
<b>TOTALES</b>	<b>12</b>	<b>23</b>	<b>41</b>	<b>100</b>	<b>171</b>		<b>41</b>

Las especies encontradas se clasificaron en cuanto a su alimentación, a su comportamiento social y en cuanto a su estacionalidad. En cuanto a su alimentación; 4 especies son insectívoras-frugívoras, 2 omnívoras, 5 carnívoras, 18 insectívoras, 2 frugívoras-granívoras, 1 insectívora-carnívora, 3 granívoras, 3 piscívoras y 2 carroñeras. Por su sociabilidad; 15 fueron gregarias, 9 se movilizan en parejas y 17 tienen un comportamiento solitario. En lo que respecta a su estacionalidad; se encontraron 18 especies residentes, 2 migratorias de invierno y residentes y 7 migratorias de invierno.

En el **Cuadro IV:54**, se enlistan las especies en relación a su clasificación taxonómica, comportamiento alimenticio, social y de estacionalidad. Asimismo, se especifica cuando se trata de una especie endémica (E) e introducida (I). De estas especies, 1 resultó endémica (E) y 1 introducida (I), las cuales corresponden a *Icterus auratus* y a *Hemidactylus frenatus*, respectivamente. Cinco de estas especies están catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

**Cuadro IV:54. Listado de riqueza total en el predio y características biológicas de las especies**

Clase	Orden	Familia	Nombre Científico	Alimentación	Sociabilidad	Abundancia	Estacionalidad	NOM-059	E	I
ANFIBIOS	Anura	Hylidae	<i>Smilisca baudinii</i>	insectívora	solitaria	poco común				
			<i>Trachycephalus typhonius</i>	insectívora	solitaria	poco común				
		Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	omnívora	parejas	común		A		
		Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	insectívora	parejas	común				
		Dactyloidae	<i>Anolis sericeus</i>	insectívora	parejas	abundante				
		Gekkonidae	<i>Hemidactylus frenatus</i>	insectívora	solitaria	común				
		Phrynosomatidae	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	insectívora	solitaria	común				
REPTILES	Squamata	Teiidae	<i>Aspidozelis angusticeps</i>	Insectívora, carnívora	solitaria	común				
		Boidae	<i>Boa constrictor</i>	carnívora	solitaria	poco común		A		
		Colubridae	<i>Mastigodryas melanolomus</i>	carnívora	solitaria	poco común				
			<i>Leptophis mexicanus</i>	carnívora	solitaria	poco común		A		
AVES	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Rupornis magnirostris</i>	carnívora	solitaria	poco común	residente			
	Cathartiformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	carroñera	gregaria	abundante	residente			
			<i>Coragyps atratus</i>	carroñera	gregaria	común	residente			
	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	piscívora	solitaria	poco común	residente			
			<i>Egretta thula</i>	piscívora	solitaria	común	residente			
			<i>Butorides virescens</i>	piscívora	solitaria	común	migratoria de invierno y residente			
	Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	granívora	gregaria	común	residente			
			<i>Patagioenas flavirostris</i>	granívora	solitaria	poco común	residente			

Clase	Orden	Familia	Nombre Científico	Alimenta- ción	Sociabi- lidad	Abundan- cia	Estacio- nalidad	NOM- 059	E	I
			<i>Zenaida asiatica</i>	granívora	solitaria	poco común	residente			
	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Eupsittula nana</i>	frugívora, granívora	gregaria	abundante	residente	Pr		
	Piciformes	Picidae	<i>Dryocopus lineatus</i>	insectívora, frugívora	parejas	poco común	residente			
			<i>Melanerpes aurifrons</i>	insectívora, frugívora	parejas	poco común	residente			
			<i>Coereba flaveola</i>	insectívora	gregaria	poco común	residente			
			<i>Seiurus aurocapilla</i>	insectívora	gregaria	poco común	migratoria de invierno			
			<i>Setophaga coronata</i>	insectívora	gregaria	común	migratoria de invierno y residente			
		Parulidae	<i>S. dominica</i>	insectívora	gregaria	común	migratoria de invierno			
			<i>S. magnolia</i>	insectívora	gregaria	común	migratoria de invierno			
			<i>S. ruticilla</i>	insectívora	gregaria	poco común	migratoria de invierno			
			<i>S. palmarum</i>	insectívora	gregaria	común	migratoria de invierno			
	Passeriformes		<i>S. citrina</i>	insectívora	gregaria	común	migratoria de invierno			
			<i>Mniotilta varia</i>	insectívora	gregaria	común	migratoria de invierno			
		Vireonidae	<i>Vireo magister</i>	insectívora	gregaria	poco común	residente			
			<i>Vireo pallens</i>	insectívora	gregaria	común	residente	Pr		
			<i>Pitangus sulphuratus</i>	insectívora	parejas	común	residente			
		Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	insectívora	parejas	común	residente			
		Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	insectívora, frugívora	parejas	común	residente			
		Icteridae	<i>Icterus auratus</i>	insectívora, frugívora	parejas	poco común	residente			E

Clase	Orden	Familia	Nombre Científico	Alimenta- ción	Sociabi- lidad	Abundan- cia	Estacio- nalidad	NOM- 059	E	I
MAMÍFEROS	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	omnívora	solitaria	poco común				
	Carnívora	Mustelidae	<i>Mustela frenata</i>	carnívora	solitaria	poco común				
	Rodentia	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	frugívora, granívora	solitaria	poco común				
4	12	23	41					5	1	1

#### IV.2.3.2.2.4 Abundancias de fauna en el predio

Las abundancias expresadas en número de registros obtenidos a lo largo de los tres transectos que suman 2,000 m se presentan en el **Cuadro IV:55**. Se contabilizó un total de 171 individuos pertenecientes a 41 especies, 23 familias, 12 órdenes y 4 clases. Éstas últimas corresponden a los 4 grupos de vertebrados incluidos en el presente estudio.

**Cuadro IV:55. Taxonomía y abundancias registradas por especie en 2,000 m de transectos lineales**

Clase	Orden	Familia	Nombre Científico	Número de registros	
ANFIBIOS	Anura	Hylidae	<i>Smilisca baudinii</i>	4	
			<i>Trachycephalus typhonius</i>	1	
		Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	6	
		Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	5	
		Dactyloidae	<i>Anolis sericeus</i>	8	
REPTILES	Squamata	Gekkonidae	<i>Hemidactylus frenatus</i>	7	
		Phrynosomatidae	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	3	
		Teiidae	<i>Aspidozelis angusticeps</i>	2	
		Boidae	<i>Boa constrictor</i>	1	
		Colubridae	<i>Mastigodryas melanolomus</i>	1	
			<i>Leptophis mexicanus</i>	1	
			Accipitriformes	Accipitridae	<i>Rupornis magnirostris</i>
		Cathartiformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	9
				<i>Coragyps atratus</i>	6
		Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	1
<i>Egretta thula</i>	4				
<i>Butorides virescens</i>	4				
AVES	Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	8	
			<i>Patagioenas flavirostris</i>	3	
			<i>Zenaida asiatica</i>	3	
	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Eupsittula nana</i>	12	
	Piciformes	Picidae	<i>Dryocopus lineatus</i>	2	
			<i>Melanerpes aurifrons</i>	2	
	Passeriformes	Parulidae	<i>Coereba flaveola</i>	2	
<i>Seiurus aurocapilla</i>			3		
<i>Setophaga coronata</i>			4		
		<i>Setophaga dominica</i>	5		

Clase	Orden	Familia	Nombre Científico	Número de registros
			<i>Setophaga magnolia</i>	4
			<i>Setophaga ruticilla</i>	3
			<i>Setophaga palmarum</i>	4
			<i>Setophaga citrina</i>	7
			<i>Mniotilta varia</i>	6
		Vireonidae	<i>Vireo magister</i>	3
			<i>Vireo pallens</i>	4
		Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	5
			<i>Tyrannus melancholicus</i>	8
		Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	9
		Icteridae	<i>Icterus auratus</i>	4
<b>MAMÍFEROS</b>	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	2
	Carnívora	Mustelidae	<i>Mustela frenata</i>	1
	Rodentia	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	3
<b>4</b>	<b>12</b>	<b>23</b>	<b>41</b>	<b>171</b>

#### IV.2.3.2.2.5 Índices de diversidad

Una vez determinadas las abundancias en el predio, se procedió a realizar el cálculo de los principales indicadores de diversidad por cada grupo, con los mismos procedimientos y fórmulas aplicados para la microcuenca para efectos de comparación.

#### Resultados globales

Considerando el conjunto de especies en la comunidad de forma global, el índice de Shannon (H') resultó en 3.52, mientras el índice de diversidad fue de 0.97, el índice de equidad 0.94 y el correspondiente al de Margalef, de 7.78. Estos resultados niveles altos de diversidad y además valores altos de uniformidad en la comunidad, es decir, ninguna especie es particularmente dominante en la comunidad general, aunque las especies del grupo de las aves en conjunto aparecen como dominantes. En el **Cuadro IV:56** se presentan los resultados de los índices de diversidad de forma global.

**Cuadro IV:56. Índices globales de diversidad (incluyendo todas las especies registradas)**

Todas las especies	Índice de Shannon				Índice de Simpson	Margalef
	Nombre Científico	n	pi	Lnpi	piLnpi	n*(n-1)
<i>Smilisca baudinii</i>	4	0.0234	-3.7554	-0.0878	12.00	
<i>Trachycephalus typhonius</i>	1	0.0058	-5.1417	-0.0301	0.00	
<i>Ctenosaura similis</i>	6	0.0351	-3.3499	-0.1175	30.00	
<i>Basiliscus vittatus</i>	5	0.0292	-3.5322	-0.1033	20.00	



Todas las especies		Índice de Shannon			Índice de Simpson	Margalef
Nombre Científico	n	pi	Lnpi	piLnpi	n*(n-1)	Mg
<i>Anolis sericeus</i>	8	0.0468	-3.0622	-0.1433	56.00	
<i>Hemidactylus frenatus</i>	7	0.0409	-3.1958	-0.1308	42.00	
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	3	0.0175	-4.0431	-0.0709	6.00	
<i>Aspidoscelis angusticeps</i>	2	0.0117	-4.4485	-0.0520	2.00	
<i>Boa constrictor</i>	1	0.0058	-5.1417	-0.0301	0.00	
<i>Mastigodryas melanolomus</i>	1	0.0058	-5.1417	-0.0301	0.00	
<i>Leptophis mexicanus</i>	1	0.0058	-5.1417	-0.0301	0.00	
<i>Rupornis magnirostris</i>	1	0.0058	-5.1417	-0.0301	0.00	
<i>Cathartes aura</i>	9	0.0526	-2.9444	-0.1550	72.00	
<i>Coragyps atratus</i>	6	0.0351	-3.3499	-0.1175	30.00	
<i>Ardea alba</i>	1	0.0058	-5.1417	-0.0301	0.00	
<i>Egretta thula</i>	4	0.0234	-3.7554	-0.0878	12.00	
<i>Butorides virescens</i>	4	0.0234	-3.7554	-0.0878	12.00	
<i>Columbina talpacoti</i>	8	0.0468	-3.0622	-0.1433	56.00	
<i>Patagioenas flavirostris</i>	3	0.0175	-4.0431	-0.0709	6.00	
<i>Zenaida asiatica</i>	3	0.0175	-4.0431	-0.0709	6.00	
<i>Eupsittula nana</i>	12	0.0702	-2.6568	-0.1864	132.00	
<i>Dryocopus lineatus</i>	2	0.0117	-4.4485	-0.0520	2.00	
<i>Melanerpes aurifrons</i>	2	0.0117	-4.4485	-0.0520	2.00	
<i>Coereba flaveola</i>	2	0.0117	-4.4485	-0.0520	2.00	
<i>Seiurus aurocapilla</i>	3	0.0175	-4.0431	-0.0709	6.00	
<i>Setophaga coronata</i>	4	0.0234	-3.7554	-0.0878	12.00	
<i>Setophaga dominica</i>	5	0.0292	-3.5322	-0.1033	20.00	
<i>Setophaga magnolia</i>	4	0.0234	-3.7554	-0.0878	12.00	
<i>Setophaga ruticilla</i>	3	0.0175	-4.0431	-0.0709	6.00	
<i>Setophaga palmarum</i>	4	0.0234	-3.7554	-0.0878	12.00	
<i>Setophaga citrina</i>	7	0.0409	-3.1958	-0.1308	42.00	
<i>Mniotilta varia</i>	6	0.0351	-3.3499	-0.1175	30.00	
<i>Vireo magister</i>	3	0.0175	-4.0431	-0.0709	6.00	
<i>Vireo pallens</i>	4	0.0234	-3.7554	-0.0878	12.00	
<i>Pitangus sulphuratus</i>	5	0.0292	-3.5322	-0.1033	20.00	
<i>Tyrannus melancholicus</i>	8	0.0468	-3.0622	-0.1433	56.00	
<i>Mimus gilvus</i>	9	0.0526	-2.9444	-0.1550	72.00	
<i>Icterus auratus</i>	4	0.0234	-3.7554	-0.0878	12.00	
<i>Didelphis virginiana</i>	2	0.0117	-4.4485	-0.0520	2.00	
<i>Mustela frenata</i>	1	0.0058	-5.1417	-0.0301	0.00	
<i>Cuniculus paca</i>	3	0.0175	-4.0431	-0.0709	6.00	
	171		H'	3.5202	Suma(n*(n-1))	826.00
			H'max	3.7136	N*(N-1)	29,070.00
			E	0.9479	1-D	0.97 7.78

## Resultados por grupo faunístico

- Anfibios

En el grupo de los anfibios fue el menos diverso, ya que solamente fueron registrados 5 individuos de 2 especies; por lo que los índices de diversidad resultaron bajos. El índice de Shannon ( $H'$ ) tuvo un valor de 0.72 y el índice de diversidad de Simpson (1-D) fue de 0.4; mientras que el índice de equidad (E) fue de 0.72, lo que indica una uniformidad media en las abundancias. En el **Cuadro IV:57** se presentan los resultados obtenidos de los índices de diversidad para el grupo de los anfibios.

**Cuadro IV:57. Índices de diversidad para el grupo de los anfibios**

Anfibios		Índice de Shannon			Simpson	Margalef	
Especie	n	pi	Lnpi	piLnpi	ni*(ni-1)	Mg	
<i>Smilisca baudinii</i>	4	0.8000	-0.22	-0.18	12		
<i>Trachycephalus typhonius</i>	1	0.2000	-1.61	-0.32	0		
	5		$H'$	0.50	Suma(n*(ni-1))	12	
			$H'$ max	0.69	$N*(N-1)$	20	
			E=	0.72	(1-D)	0.4	0.62

- Reptiles

En el grupo de los reptiles se registraron 34 individuos de 9 especies, lo que resulto en índices de nivel medio, ya que el índice de Shannon fue de 1.95; el índice de diversidad de Simpson fue de 0.86 y el de equidad de 0.89, lo que muestra una uniformidad alta en la comunidad para este grupo. Por otra parte, el índice de Margalef fue de 2.27. En el **Cuadro IV:58** se presentan los resultados obtenidos de los índices de diversidad para el grupo de los reptiles.

**Cuadro IV:58. Índices de diversidad para el grupo de los reptiles.**

Reptiles		Índice de Shannon			Índice de Simpson	Margalef	
Especie	n	pi	Lnpi	piLnpi	ni*(ni-1)	Mg	
<i>Ctenosaura similis</i>	6	0.1765	-1.7346	-0.3061	30		
<i>Basiliscus vittatus</i>	5	0.1471	-1.9169	-0.2819	20		
<i>Anolis sericeus</i>	8	0.2353	-1.4469	-0.3405	56		
<i>Hemidactylus frenatus</i>	7	0.2059	-1.5805	-0.3254	42		
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	3	0.0882	-2.4277	-0.2142	6		
<i>Aspidoscelis angusticeps</i>	2	0.0588	-2.8332	-0.1667	2		
<i>Boa constrictor</i>	1	0.0294	-3.5264	-0.1037	0		
<i>Mastigodryas melanolomus</i>	1	0.0294	-3.5264	-0.1037	0		
<i>Leptophis mexicanus</i>	1	0.0294	-3.5264	-0.1037	0		
	34		$H'$	1.95	Suma(n*(ni-1))	156	
			$H'$ max	2.197	$N*(N-1)$	1122	
			E=	0.89	(1-D)	0.86	2.27

- Aves

Como es frecuente en las comunidades faunísticas, el grupo de las aves fue el más diverso con 126 individuos de 27 especies. El índice de Shannon resultó en 3.14, considerado alto, mientras el índice de diversidad de Simpson (1-D) fue de 0.96, mientras que el índice de Equidad fue de 0.95, lo que implica una alta uniformidad en la distribución de individuos en la comunidad. Por su parte, el índice de Margalef fue de 5.38, lo que se considera medio, considerando que el grupo de las aves fue que exhibió el valor más alto de este índice. En el **Cuadro IV:59** se presentan los resultados obtenidos de los índices de diversidad para el grupo de las aves.

**Cuadro IV:59. Índices de diversidad para el grupo de las aves.**

Aves		Índice de Shannon			Índice de Simpson	Margalef
Especie	n	pi	Lnpi	piLnpi	ni*(ni-1)	Mg
<i>Rupornis magnirostris</i>	1	0.0079	-4.84	-0.04	0.00	
<i>Cathartes aura</i>	9	0.0714	-2.64	-0.19	72.00	
<i>Coragyps atratus</i>	6	0.0476	-3.04	-0.14	30.00	
<i>Ardea alba</i>	1	0.0079	-4.84	-0.04	0.00	
<i>Egretta thula</i>	4	0.0317	-3.45	-0.11	12.00	
<i>Butorides virescens</i>	4	0.0317	-3.45	-0.11	12.00	
<i>Columbina talpacoti</i>	8	0.0635	-2.76	-0.18	56.00	
<i>Patagioenas flavirostris</i>	3	0.0238	-3.74	-0.09	6.00	
<i>Zenaida asiatica</i>	3	0.0238	-3.74	-0.09	6.00	
<i>Eupsittula nana</i>	12	0.0952	-2.35	-0.22	132.00	
<i>Dryocopus lineatus</i>	2	0.0159	-4.14	-0.07	2.00	
<i>Melanerpes aurifrons</i>	2	0.0159	-4.14	-0.07	2.00	
<i>Coereba flaveola</i>	2	0.0159	-4.14	-0.07	2.00	
<i>Seiurus aurocapilla</i>	3	0.0238	-3.74	-0.09	6.00	
<i>Setophaga coronata</i>	4	0.0317	-3.45	-0.11	12.00	
<i>Setophaga dominica</i>	5	0.0397	-3.23	-0.13	20.00	
<i>Setophaga. magnolia</i>	4	0.0317	-3.45	-0.11	12.00	
<i>Setophaga ruticilla</i>	3	0.0238	-3.74	-0.09	6.00	
<i>Setophaga palmarum</i>	4	0.0317	-3.45	-0.11	12.00	
<i>Setophaga citrina</i>	7	0.0556	-2.89	-0.16	42.00	
<i>Mniotilta varia</i>	6	0.0476	-3.04	-0.14	30.00	
<i>Vireo magister</i>	3	0.0238	-3.74	-0.09	6.00	
<i>Vireo pallens</i>	4	0.0317	-3.45	-0.11	12.00	
<i>Pitangus sulphuratus</i>	5	0.0397	-3.23	-0.13	20.00	
<i>Tyrannus melancholicus</i>	8	0.0635	-2.76	-0.18	56.00	
<i>Mimus gilvus</i>	9	0.0714	-2.64	-0.19	72.00	
<i>Icterus auratus</i>	4	0.0317	-3.45	-0.11	12.00	
	126		H'	3.14	Suma(n*(ni-1))	650.00
			H'max	3.30	N*(N-1)	15,750.00
			E=	0.95	(1-D)	0.96
						5.38

- Mamíferos

El grupo de los mamíferos fue el segundo menos diverso con 6 individuos de 3 especies. Por esta razón, los índices de diversidad resultaron en lo general bajos, aunque los que indican la distribución de los individuos en la comunidad (índices de Simpson y de Equidad) fueron altos, ya que no hubo una especie que dominen particularmente en ésta. Por una parte, el índice de Shannon fue de 1.01, el índice de diversidad de Simpson fue de 0.8, el índice de equidad fue de 0.92. Finalmente, el índice de Margalef fue de 1.12, valor que se considera bajo. En el **Cuadro IV:60** se presentan los resultados obtenidos de los índices de diversidad para el grupo de los mamíferos.

*Cuadro IV:60. Índices de diversidad para el grupo de los mamíferos.*

Mamíferos	Índice de Shannon				Índice de Simpson	Margalef
Especie	n	pi	Lnpi	piLnpi	ni*(ni-1)	Mg
<i>Didelphis virginiana</i>	2	0.3333	-1.10	-0.37	2	
<i>Mustela frenata</i>	1	0.1667	-1.79	-0.30	0	
<i>Cuniculus paca</i>	3	0.5000	-0.69	-0.35	2	
	6		H'	1.01	Suma(n*(ni-1))	6
			H'max	1.10	N*(N-1)	30
			E=	0.92	(1-D)	0.8
						1.12

Los resultados de los índices de diversidad, tanto a nivel global como divididos por grupo faunístico se sintetizan en el **Cuadro IV:61**.

*Cuadro IV:61. Síntesis de los resultados de diversidad en el Predio.*

Indicador	Riqueza (S)	Abundancia (N)	Shannon (H')	Equidad (E)	Simpson (1-D)	Margalef (Mg)
Anfibios	2	5	0.50	0.72	0.40	0.62
Reptiles	9	34	1.95	0.89	0.86	2.27
Aves	27	126	3.14	0.95	0.96	5.38
Mamíferos	3	6	1.01	0.92	0.80	1.12
Totales/Globales	41	171	3.52	0.95	0.97	7.77

#### *IV.2.3.2.2.6 Especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010*

De las 41 especies identificadas de fauna, 5 de ellas están en alguna categoría de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010. De estas especies 3 pertenecen a la clase de los reptiles y 2 a la de las aves; 2 se encuentran en la categoría de Amenazadas (A) y 2 en Protección especial. En la primera categoría (A) se encuentran *Ctenosaura similis* y *Boa constrictor*, mientras que en la segunda (Pr) están *Leptophis mexicanus*, *Eupsittula nana* y *Vireo pallens* (**Cuadro IV:62**).

**Cuadro IV:62. Listado de especies de fauna en el predio, incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.**

Clase	Orden	Familia	Especie	Categoría
Reptiles	Squamata	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	A
Reptiles	Squamata	Boidae	<i>Boa constrictor</i>	A
Reptiles	Squamata	Colubridae	<i>Leptophis mexicanus</i>	A
Aves	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Eupsittula nana</i>	Pr
Aves	Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo pallens</i>	Pr

#### IV.2.3.2.2.7 Conclusiones generales del estudio de fauna

Con base en los resultados obtenidos en el estudio de fauna, se pueden derivar las siguientes conclusiones:

- En la zona donde se localiza el predio hay evidencia de actividad antropogénica, si bien en el predio actualmente no hay actividades, hay evidencias que las hubo recientemente. A pesar de esto, la fauna registrada en el predio tanto en número como en cantidades son similares a otros sitios mejor conservados en la misma zona.
- Se contabilizó un total de 171 individuos pertenecientes a 41 especies, 23 familias, 12 órdenes y 4 clases. Éstas últimas corresponden a los 4 grupos de vertebrados incluidos en el presente estudio.
- Por Clase taxonómica estudiada los registros están representados en un 65.85% para las aves, 21.95% para los reptiles, 7.31% para los mamíferos, y 4.87% para los anfibios. Estos datos son similares en porcentajes y en los grupos taxonómicos que en otros sitios mejor conservados en la misma zona.
- El grupo más diverso y el que más contribuye a incrementar los indicadores globales de diversidad ( $H' = 3.52$ ) fue el de las aves ( $H' = 3.14$ ), seguido del de los reptiles ( $H' = 1.95$ ), el de los mamíferos ( $H' = 1.01$ ) y, por último, el de los anfibios ( $H' = 0.50$ ).
- Se observó un número no muy importante de especies migratorias (*Setophaga spp*), pero que son un buen indicador ecológico que deberá ser observado conforme la zona y el predio se desarrollen.
- Se registraron a 5 especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010; 2 aves en la categoría bajo protección especial (Pr), y 3 especies de reptiles en la categoría de amenazadas (A), además de una especie endémica a México las cuales deberán ser objeto de una estrategia para su conservación.
- Se registró 1 especie introducida a México (exótica), se trata de la lagartija besucona (*Hemidactylus frenatus*), que está representada en todos los hábitats presentes en la Península de Yucatán.
- Se registraron 9 especies con conducta migratoria, todas aves. Sin embargo, la mayoría de las especies registradas para el presente estudio son de estacionalidad Residentes.
- No hubo registros de especies ferales, ni especies silvestres que hayan ampliado su distribución.

- En todos los casos, la diversidad ( $H'$ ) de fauna dentro del predio fue menor que en la microcuena, por lo que se concluye que toda la diversidad incluida encontrada en los predios, se encuentra bien representada en la microcuena y se mantendrá dicha diversidad con el establecimiento del proyecto.

#### ***IV.2.3.3 Composición de poblaciones y comunidades***

La composición de las poblaciones y comunidades, tanto de flora como de fauna en el Sistema Ambiental Regional y en los predios se señalaron en el apartado IV.2.3, Medio Biótico, mediante los listados de riqueza, abundancias, densidades, índices de valor de importancia e índices de diversidad.

#### ***IV.2.3.4 Ecosistemas***

En los predios donde se pretende ubicar el proyecto y su área de influencia se encuentran dos tipos de ecosistemas: el primero es el caracterizado por presentar vegetación de selva mediana subperennifolia con suelos de tipo litosol y una geología de material consolidado de roca caliza. El segundo tipo de ecosistema que se caracteriza por presentar vegetación hidrófila compuesta predominantemente por *Cladium jamaicense* con suelo de tipo Solonchak Mólico y material de tipo lacustre.

En el límite oriental de este último ecosistema y fuertemente asociado al mismo y al proyecto, el predio se encuentra directamente influenciado en términos paisajísticos y ecológicos por la Laguna Nopalitos; es decir un cuerpo de agua de tipo lagunar interior de agua dulce sin conexión directa con el mar que presenta conexión directa con el acuífero subterráneo y formada por colapso del material rocoso de una caverna. Dicho cuerpo de agua presenta fauna lagunar principalmente compuesta por cíclidos y otros grupos de peces dulceacuícolas.

#### ***IV.2.3.5 Ecosistemas ambientalmente sensibles***

Entendiendo los ecosistemas ambientalmente sensibles como aquellos que tienen una muy alta y comprobada sensibilidad del deterioro de las condiciones por mínimas que éstas sean, de la calidad de su ambiente, derivadas de la introducción de presiones externas. En el conjunto de predios donde se pretende establecer el proyecto no se encuentran ecosistemas ambientalmente sensibles, tales como manglares, arrecifes o bosque de niebla. Los mangles presentes en estos predios no conforman una vegetación de manglar propiamente dicha ni presentan las características de un ecosistema ambientalmente sensible en función de la definición anterior, sino únicamente individuos aislados y dispersos, los cuales serán librados y respetados por el proyecto en todas sus etapas y obras.

Las parcelas no constituyen un hábitat, ni se encuentran en un lugar exclusivo que albergue especies, tanto de flora como de fauna, que no estén bien representadas en el resto del Sistema Ambiental Regional. Asimismo, debido a que los tipos de vegetación se encuentran bien representados en el SAR (La vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia representa el 39.94% de todo el SAR; mientras la vegetación de tular representa el 11.69%), no se consideran ambientes singulares o poco frecuentes en dicho sistema.

## IV.2.4 Medio socioeconómico

### IV.2.4.1.1 Demografía

De acuerdo con datos del INEGI (2010)<sup>115</sup>, la microcuenca Chumpón abarca, en su mayor parte, el municipio de Felipe Carrillo Puerto y una porción minoritaria el de Tulum, en el Estado de Quintana Roo. No cuenta con localidades urbanas y tiene 28 localidades rurales con un total de 1,367 habitantes en conjunto, de los cuales 1,306 habitantes (95.54%) corresponden a población indígena. El 52.5% de los habitantes (714) habitan en la localidad que le da nombre a la microcuenca de referencia. La microcuenca cuenta con un total de 315 viviendas. Los datos demográficos de dichas localidades se presentan en el **Cuadro IV:63**. Las actividades productivas de la región son la agricultura (milpa, camote y jícama), la caza y la pesca para consumo doméstico. El turismo es una fuente complementaria del ingreso familiar y se realiza a través de dos cooperativas (Santana, et al., 2013)<sup>116</sup>. El turismo masivo de sol y playa no se encuentra desarrollado en esta zona, sin embargo, cuenta con alto potencial para el desarrollo del turismo alternativo cultural y arqueológico (Jouault, et al., 2015)<sup>117</sup>.

*Cuadro IV:63. Información demográfica de las localidades que se encuentran dentro de la microcuenca Chumpón.*

Localidad	Población masculina	Población femenina	Total de viviendas	Población total	Población indígena (CDI)
Chun On	143	126	57	269	269
Chumpón	374	343	165	717	714
Chunhuás	*	*	1	1	1
Chunxaché	109	82	35	191	191
Cecilio Chí (Kilómetro Sesenta y Cuatro)	36	34	14	70	70

<sup>115</sup> Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática., 2010. Censo Nacional de Población y Vivienda

<sup>116</sup> Santana, R., Salvatierra, B., Parra, M. R. & Arce, A. M., 2013. Aporte económico del ecoturismo a las estrategias de vida de grupos domésticos de la Península de Yucatán, México. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural, 11(1), pp. 185-204.

<sup>117</sup> Jouault, S., Garcia de Fuentes, A. & Rivera, T., 2015. Un modelo regional de turismo alternativo y economía social en la Península de Yucatán, México. Otra Economía, 9(17), pp. 164-176.

Localidad	Población masculina	Población femenina	Total de viviendas	Población total	Población indígena (CDI)
Yodzonot	*	*	1	9	9
José María Pino Suárez	23	22	13	45	8
Boca Paila	6	3	4	9	5
Houston	*	*	1	7	7
Kaape Ha	*	*	1	2	2
El Paraíso	*	*	1	1	0
Paso Juana	5	2	5	7	2
Pedro Paila	*	*	1	3	0
Casa de los Pelícanos	*	*	1	2	2
Casa Godi	*	*	1	3	0
Villa Destini	*	*	1	2	0
Casa del Niño	*	*	1	1	0
Dos Ojos	*	*	2	5	5
Le Hoxu'ul Haltun	*	*	1	1	0
La Lunita	*	*	1	2	2
El Maguey	*	*	1	1	0
El Manantial	*	*	1	6	6
Mi Lu'um	*	*	1	2	2
Nuevo	*	*	1	2	2
Paso Lágrimas	*	*	1	2	2
El Pedregal	*	*	1	1	1
Pino Suárez	*	*	1	1	1
San Antonio	*	*	1	5	5
<b>Totales</b>	<b>696</b>	<b>612</b>	<b>315</b>	<b>1367</b>	<b>1,306</b>

La población del entorno no tiene un crecimiento explosivo, común en el Estado de Quintana Roo, pero tampoco presenta un proceso de despoblamiento vía emigración, lo cual significa un bajo crecimiento medio de la población (Dachary & López, 1983)<sup>118</sup>.

#### IV.2.4.1.2 Factores socioculturales

En la microcuenca se encuentra el sitio arqueológico de Muyil, el cual es un antiguo sitio maya de 50 ha en la costa Este de la Península de Yucatán. El sitio está sobre una plataforma kárstica de 8 m. En la zona también existen varios edificios cívico-ceremoniales. Se encuentran densamente agrupadas grandes montículos alrededor de la arquitectura cívico-religiosa dentro de los 350 m del centro del sitio. La densidad de los basamentos disminuye

<sup>118</sup> Dachary, A. C. & López, A., 1983. Economía, Población y Dinámica en el Uso del Suelo de la Reserva de la Biósfera y su Zona Periférica. En: Sian Ka'an. Puerto Morelos: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología y Centro de Investigaciones de Quintana Roo, pp. 123-143.



conforme uno se aleja del centro del sitio. Algunas estructuras ceremoniales se localizan en o más allá del perímetro del centro del sitio densamente ocupado. En la Región de Muyil se encuentran 16 sitios arqueológicos conocidos y 6 sitios mencionados por informantes, uno de los cuales está hacia el norte de la Laguna Nopalitos (Witschey, 2005). Como se mencionó en la sesión anterior, la microcuenca Chumpón cuenta con 82 comunidades rurales, en las cuales, el 95.5% de la población es indígena de origen maya, con tradiciones propias de esta cultura. Se dedican fundamentalmente a la agricultura, a la pesca y, complementariamente, al turismo.

#### **IV.2.5 Paisaje**

Para llevar a cabo una valoración del paisaje actual del sistema ambiental (microcuenca Chumpón) donde se llevará a cabo el cambio de uso de suelo se implementó un método indirecto de valoración de categorías estéticas utilizado por el Bureau of Land Management de los Estados Unidos (1980). En el cual se valora en un paisaje aspectos como la morfología, vegetación, existencia o no de agua, color, rareza, entre otros, asignando unos valores ya establecidos para cada uno de ellos según se propone en el **Cuadro IV:64** (Viñals, 2002)<sup>119</sup>.

Cuando se suman las diferentes puntuaciones se pueden establecer tres intervalos de los valores según la calidad visual, de tal forma que los paisajes con puntuación entre 19 y 33 son considerados de máxima calidad, los paisajes entre 12 y 18 de calidad media y entre 0 y 11 de calidad baja.

***Valor Calidad = morfología + vegetación + agua + color + fondo escénico + rareza + acción antrópica.***

---

<sup>119</sup> Viñals, M. J., 2002. Turismo en espacios naturales y rurales II. Universidad Politécnica de Valencia.

**Cuadro IV:64. Criterios para la evaluación de la calidad escénica del paisaje.**

Componente	Criterios	Valor
Morfología	Relieve con pendiente muy marcada (acantilados, agujas, grandes formaciones rocosas); o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado, o sistemas de dunas, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominante.	5
	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales.	3
	Colinas suaves, pendiente plana, pocos o ningún detalle singular.	1
Vegetación	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución.	5
	Cierta variedad en la vegetación, pero solo uno o dos tipos.	3
	Escasa o ninguna variedad o contraste en la vegetación.	1
Agua	Factor dominante en el paisaje, limpia y clara, aguas cristalinas o espejos de agua en reposo.	5
	Agua en movimiento o reposo, pero no dominante en el paisaje.	3
	Ausente o inapreciable.	0
Variabilidad cromática	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables entre suelo, vegetación, roca, agua y nieve	5
	Alguna variedad e intensidad en los colores y contraste del suelo, roca y vegetación, pero no actúa como elemento dominante	3
	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados.	1
Fondo escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual.	5
	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto	3
	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto	1
Singularidad o rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna y vegetación excepcional.	6
	Característico, o aunque similar a otros en la región	2
	Bastante común en la región	1
Acción antrópica	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual	2

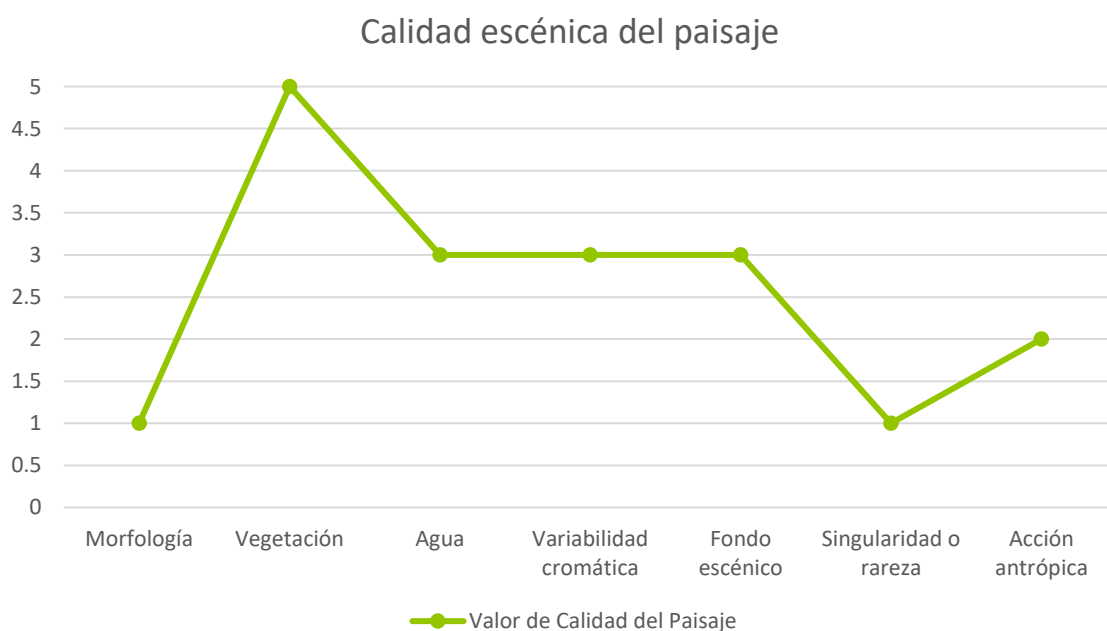
Componente	Criterios	Valor
	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual.	0
	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica	0

Fuente: Bureau of Land Management (1980).

Como resultado de la valoración del paisaje con los parámetros descritos en el cuadro anterior se tiene que el sistema ambiental regional, presenta una calidad del paisaje media (**VCP= 12, Cuadro IV:65 y Figura IV:46**).

**Cuadro IV:65. Resultados de la valoración de la calidad del paisaje de acuerdo con el método BLM (1980).**

Factor	Valor de Calidad del Paisaje
Morfología	1
Vegetación	5
Agua	3
Variabilidad cromática	3
Fondo escénico	3
Singularidad o rareza	1
Acción antrópica	2
<b>Total</b>	<b>17</b>



**Figura IV:46. Representación gráfica de la calidad escénica del paisaje de sistema ambiental regional.**

Otro parámetro considerado para la valoración del paisaje es la capacidad de absorción del mismo, el cual según Viñals (*Op. Cit.*), es el concepto inversamente proporcional u opuesto a la “fragilidad o vulnerabilidad” visual y se puede medir a en función de la valoración de factores como la pendiente, la diversidad de la vegetación, la estabilidad y erosionabilidad del suelo, la regeneración potencial de la vegetación, etc., a través de la expresión propuesta por Yeomans (1986)<sup>120</sup>

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

Donde:

*P = Pendiente*

*D = Diversidad de vegetación*

*E = Erosionabilidad*

*V = Actuación humana*

*R = Potencial*

*C = Contraste de color*

La escala de referencia para la estimación de la capacidad de absorción del paisaje define tres categorías: Baja (CAV < 15), Media (CAV > 15 y <30) y Alta (CAV > 30). La valoración nominal y numérica para las variables descritas se presente en el **Cuadro IV:66**.

**Cuadro IV:66. Valores de la capacidad de absorción visual (C.A.V.) del sistema ambiental regional**

Factor	Características	Valores de C.A.V.	
		Nominal	Numérico
Pendiente (P)	Inclinado (pendiente > 55%)	Bajo	1
	Inclinación suave (25-55% pendiente)	Moderado	2
	Poco inclinado (0-25% pendiente)	Alto	3
Diversidad de vegetación (D)	Vegetación escasa	Alto	3
	Hasta dos tipos de vegetación	Moderado	2
	Diversificada	Bajo	1
Estabilidad del suelo y erosionabilidad (E)	Restricción alta derivada de riesgos altos de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial	Bajo	1
	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y regeneración potencial	Moderado	2

<sup>120</sup> Yeomans, W., 1986. Visual Impact Assesment: Changes in natural and rura environment. New York: Jonh Wiley and sons.

Factor	Características	Valores de C.A.V.	
		Nominal	Número
Contraste de color (V)	Poca restricción por riesgos bajos de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial	Alto	3
	Elementos de bajo contraste	Bajo	1
	Contraste visual moderado	Moderado	2
	Contraste visual alto	Alto	3
Potencial estético (R)	Potencial bajo	Alto	3
	Potencial moderado	Moderado	2
	Potencial alto	Bajo	1
Actuación humana (C)	Fuerte presencia antrópica	Alto	3
	Presencia moderada	Moderado	2
	Casi imperceptible	Bajo	1

Fuente: (Yeomans, 1986).

En el **Cuadro IV:67** y **Figura IV:47** se presentan los valores que posee el predio para cada uno de los parámetros que definen la capacidad de absorción visual.

**Cuadro IV:67. Valores de la capacidad de absorción visual del sistema ambiental regional.**

FACTOR	VALOR DE C.A.V.
Pendiente	3
Diversidad de vegetación	2
Estabilidad del suelo y erosionabilidad	2
Contraste de color	3
Potencial estético	2
Actuación humana	1
<b>Total</b>	<b>30</b>

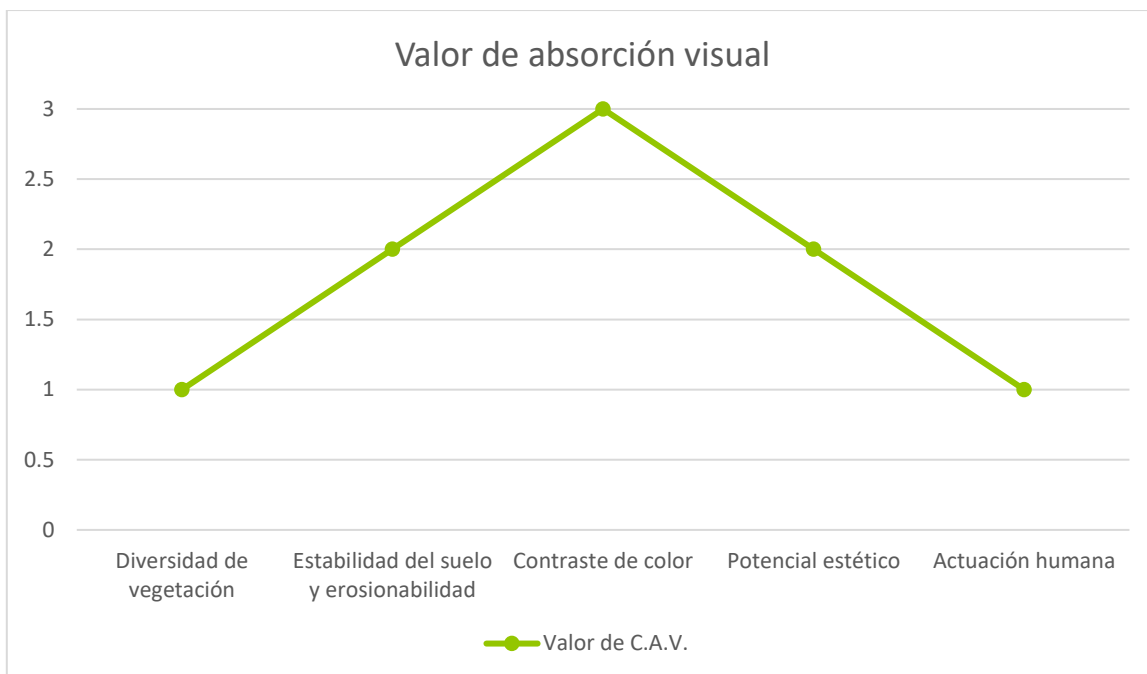


Figura IV:47. Representación gráfica de la capacidad de absorción visual en el sistema ambiental regional

Considerando los resultados de la calidad del paisaje y su capacidad de absorción visual, se concluye que el paisaje presente en el sistema ambiental tiene una calidad media, por tanto, el servicio ambiental que presta el ecosistema forestal en este rubro es no es muy alto. Además, dadas las características evaluadas tiene una mediana capacidad de absorción de los cambios que en este se puedan manifestar, por tanto, la afectación o decremento de este servicio ambiental no será considerable, más aún si se toma en cuenta que en las áreas verdes contempladas por el proyecto no se removerán los individuos arbustivos ni arbóreos.

### IV.3 VEGETACIÓN QUE DEBA RESPETARSE O ESTABLECERSE PARA PROTEGER LAS TIERRAS FRÁGILES

De acuerdo con la Fracción XXXV del Artículo 2 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de febrero de 2005, **Tierras frágiles:** *Son aquellas ubicadas en terrenos forestales o preferentemente forestales que son propensas a la degradación y pérdida de su capacidad productiva natural como consecuencia de la eliminación o reducción de su cobertura vegetal natural.*

Esta definición es muy general por lo que resulta ambigua y con base en ella se puede asumir que cualquier tipo de suelo puede considerarse como tierras frágiles, ya que el término hace referencia a la pérdida de la productividad natural del suelo a consecuencia

de la eliminación o reducción de su cobertura vegetal, sin embargo, no especifica cuáles serían las características, los tipos, ni el grado de fragilidad de los suelos que pueden considerarse en este rubro. No obstante, para tener un marco de referencia que permita establecer el grado de fragilidad de los suelos presentes en el predio se llevó a cabo el cálculo de las tasas de erosión hídrica a través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, cuyo proceso se describe a continuación:

De acuerdo con Wischmeier, W. H. y D.D. Smith. (1978)<sup>121</sup> la erosión del suelo puede estimar con la siguiente ecuación:

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

Dónde:

E = Erosión del suelo t/ha año.

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

K = Erosionabilidad del suelo.

LS = Longitud y Grado de pendiente.

C = Factor de vegetación

P = Factor de prácticas mecánicas.

### IV.3.1 Erosión con proyecto

Por otra parte, llevando a cabo el cálculo de erosión potencial del predio con las modificaciones que implicaría el proyecto se tiene que los factores R, LS y P no tendrían ningún cambio a diferencia de los factores K, y C.

La textura representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla. Se dice que un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición. La composición por tamaño de partículas (granulométrica) de un suelo, es el porcentaje de materia mineral en peso de cada fracción, obtenida por cada separación de las partículas minerales en dos o más clases por tamaño mutuamente excluyentes. Las fracciones gruesas, arena y grava, cuando no están cubiertas de arcilla y limo carecen prácticamente de plasticidad y de tenacidad. Su capacidad de retener agua es escasa y debido a los grandes espacios entre sus partículas separadas, el paso del agua gravitacional es rápido, facilita así el drenaje y el eficaz movimiento del aire. Los suelos en

---

<sup>121</sup> Wischmeier, W. H., and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture.

los que predominan la arena o la grava son de carácter abierto poseen un buen drenaje y aireación y no ofrecen resistencia al laboreo (Rucks, et al., 2004)<sup>122</sup>.

El factor K, que representa la erodabilidad del suelo, tiene valores diferentes debido al diseño del proyecto, las estructuras de las cabañas, el módulo de servicios, la recepción y administración y el restaurante que serán piloteadas a 1 m de altura del suelo. En estas superficies no se recubrirá y se mantendrá casi en condiciones naturales, pero a pesar de eso se modificará la textura del suelo por compactación mínima (minimizando el tamaño de partícula y la profundidad del suelo) ya que las personas encargadas en la construcción tendrán acceso constante sobre el suelo y para estas superficies se considera un valor de  $K=0.010$ . La entrada, los andadores y el camino de servicios estarán compactados y cubiertos de grava y estos tendrán un valor de  $K=0.05$ . Finalmente, para la superficie de áreas verdes o áreas de conservación, en donde las condiciones del suelo serán las mismas que en condiciones naturales se considera un valor de  $K=0.013$ .

Los valores considerados anteriormente se pueden visualizar en el **Cuadro IV:68**.

*Cuadro IV:68. Clasificación de las partículas del suelo.*

	Sistema del Dpto. de Agricultura de EE. UU.	Sistema Internacional
FRACCIÓN DEL SUELO	DIAMETROS LÍMITES EN MM.	DÍAMETROS LÍMITES EN MM.
Arena muy gruesa	2.00-1.00	
Arena gruesa	1.00-0.50	2.00-0.20
Arena media	0.50-0.25	
Arena fina	0.25-0.10	0.20-0.002
Arena muy fina	0.10-0.05	
Limos	0.05-0.002	0.02-0.002
Arcilla	Menos de 0.002	Menos de 0.002

Fuente: Departamento de Agricultura de U.S.A. y la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo

El factor LS manifiesta cambios en los valores que se presentan en el predio, esto debido a que en toda la superficie del mismo será ligeramente modificado el micro relieve, dando lugar a pendientes homogéneas con el mismo valor del Factor LS calculado (**0.040**).

Por último, el factor C, que al ser el correspondiente a la cobertura vegetal, se modificará con las obras y actividades del proyecto, de tal forma que la fracción del área libre ocupada asignada como áreas de conservación posee el valor de  $C = 0.17$ , correspondiente a la vegetación de pastizal inducido y por último, la superficie correspondiente a las vialidades

<sup>122</sup> Rucks L, García F, Kaplan A, Ponce de Leon J, y Hill M. 2004. Propiedades Físicas del Suelo. Facultad de Agronomía Universidad de la República, Dpto. Suelos y Aguas. Montevideo-Uruguay.



se le asignará un valor de  $C=1$ , y finalmente en las superficies que estarán piloteadas un valor de  $C$  de 0.10.

En el **Cuadro IV:69** se presentan los valores para los factores  $K$ ,  $LS$  y  $C$  de acuerdo con los usos de suelo contemplados en el proyecto y la superficie de área verde correspondiente a cada uno de con respecto a las restricciones establecidas en el POET.

**Cuadro IV:69. Tasa de erosión para los usos de suelo del proyecto.**

Uso	Superficie Ha	Factor R	Factor K	Factor LS	Factor C	Factor P	$R*K*LS*C*P$	Erosión/uso
Alberca	0.44	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	<b>0.28</b>
Andador	0.10	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	<b>0.07</b>
Andador deck	1.10	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	<b>0.70</b>
Andador peatonal	0.28	11,136.05	0.02	0.58	0.10	1.00	12.85	<b>3.57</b>
Área pública	0.09	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	<b>0.06</b>
Área verde ajardinada	0.82	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	<b>0.52</b>
Camellones	0.44	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	<b>0.28</b>
Canal	1.87	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	<b>1.20</b>
Cárcamo	0.15	11,136.05	0.02	0.58	1.00	1.00	128.51	<b>19.89</b>
Club de playa	0.15	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	<b>0.10</b>
Desplante	2.17	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	<b>1.39</b>
Estacionamiento	1.12	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	<b>0.71</b>
Glorieta	0.01	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	<b>0.01</b>
Hotel	0.62	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	<b>0.39</b>
Mercado	0.76	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	<b>0.49</b>
Motor Lobby	0.03	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	<b>0.02</b>
Planta de tratamiento	0.08	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	0.05
Puente	0.10	11,136.05	0.02	0.58	0.10	1.00	12.85	1.23
Área libre en selvas	2.52	11,136.05	0.02	0.58	0.18	1.00	23.13	58.18
Área libre en marisma	23.86	11,136.05	0.02	0.58	0.18	1.00	23.13	551.89
Vialidades internas	5.71	11,136.05	0.02	0.58	0.12	1.00	15.42	87.99
Total general	42.40	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	27.13
							226.13	756.14
							Tasa de erosión	<b>17.83</b>

Con base en los resultados obtenidos, el cálculo de erosión con el proyecto se tiene que en el predio se presenta un nivel de erosión media anual moderada (**17.83 ton/ha/año**), la cual se encuentra muy por debajo de las tasas de erosión ligera y moderada (**Figura IV:48**).

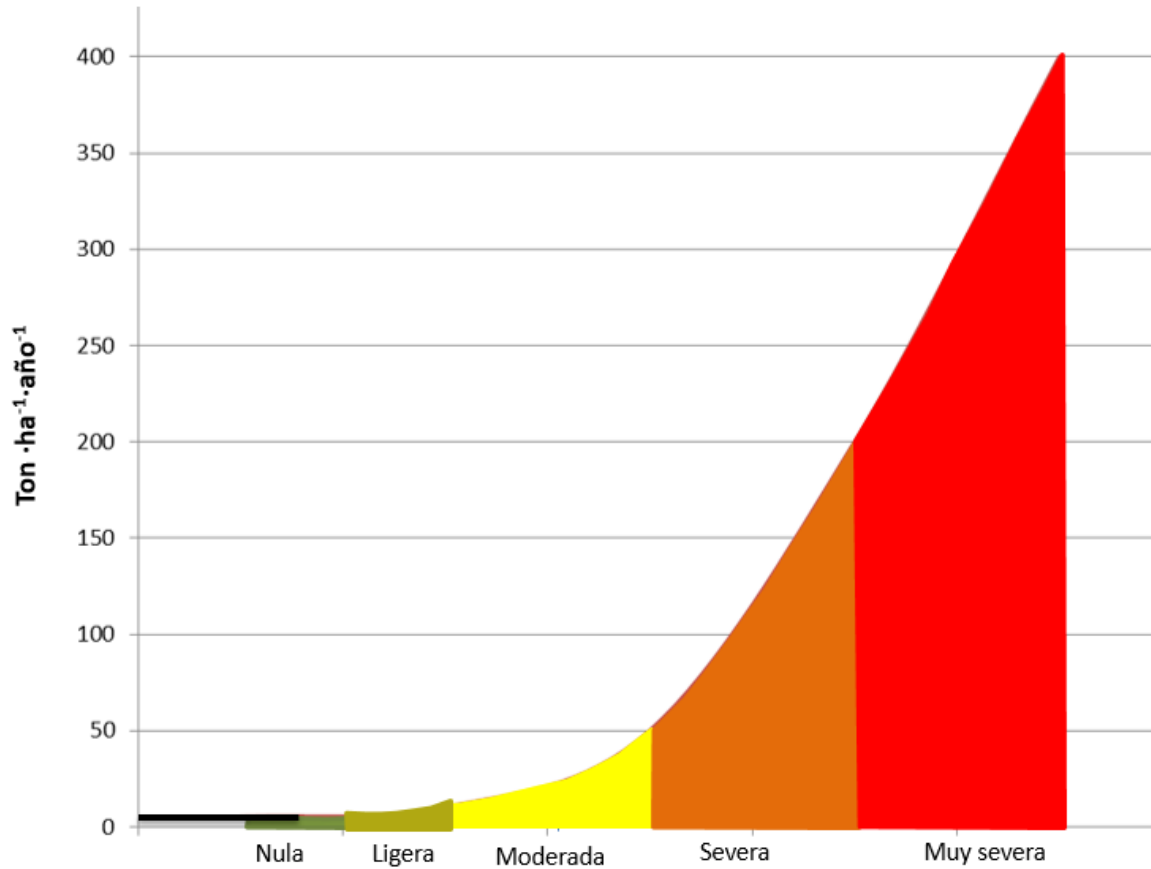
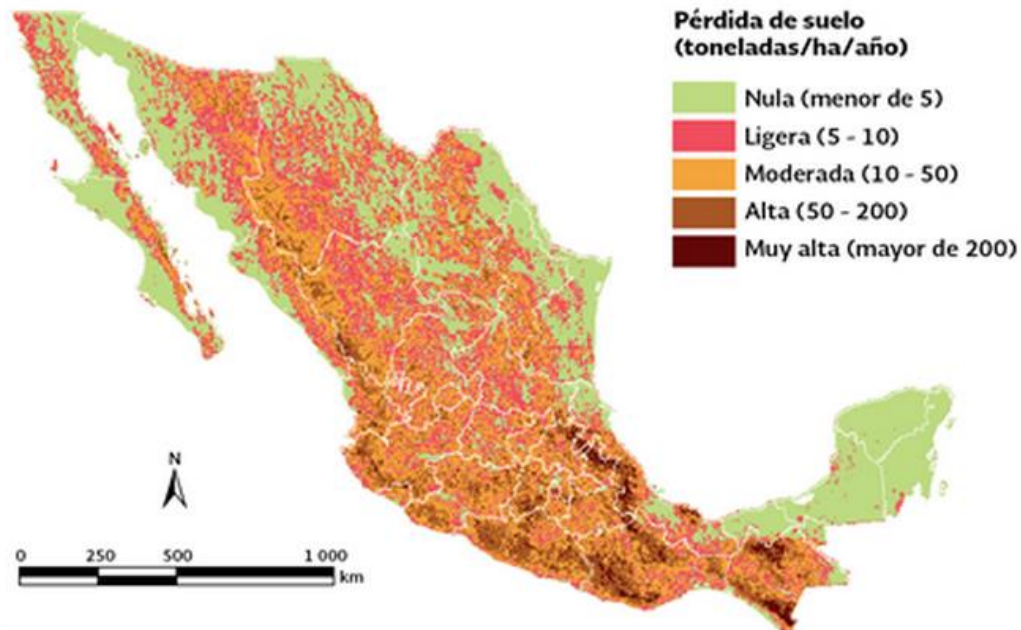


Figura IV:48. Nivel de erosión del predio con respecto a la tasa de pérdida de suelo.

A nivel nacional los suelos de la Península de Yucatán, y por consiguiente los suelos presentes en el predio de estudio, presentan un menor riesgo de erosión (**Figura IV:49**), lo cual, haciendo alusión a la relación teórica entre el nivel de erosión y la fragilidad de los suelos, indica que son tierras mucho menos frágiles.



**Fuente:**

Elaboración propia con datos de:  
Semarnat y UACH. *Evaluación de la pérdida de suelos por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana, escala 1: 1 000 000. Memoria 2001-2002. México. 2003.*

*Figura IV:49. Grado de erosión a nivel nacional (SEMARNAT-UACH, 2003)<sup>123</sup>.*

En razón de lo anterior, es posible afirmar que el grado de fragilidad de los suelos del predio es mucho menor al de la mayor parte de los suelos de la república, ya que, por ejemplo; Santacruz (2011)<sup>124</sup> encontró que la erosión hídrica en microcuencas de Chiapas bajo diferentes escenarios de vegetación y uso de suelo puede pasar de **3,425.8 a 31,973.8 ton/ha/año**.

Zavala-Cruz *et al.*, (2011)<sup>125</sup> encontraron que, en la Cuenca media del Río Grijalva, con base en la aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo, el 55.7% de la superficie registra pérdida de suelo en cantidades que fluctúan entre 10 y 200 ton/ha/año, y el 44.3% de la superficie no presenta erosión o la pérdida de suelo es menor a 10 ton/ha/año. El 7.8% de la cuenca tiene erosión severa con pérdida de suelo de 50 a 200 ton/ha/año o más. Además, a través de una cuantificación de la pérdida de suelo en campo, observan que las laderas inclinadas presentan la mayor pérdida de suelo en la cuenca, con un promedio de 44.5 ton/ha, siendo mayor a la registrada en terrazas y colinas. Por último, **concluyen que**

<sup>123</sup> SEMARNAT-UACH. 2003. *Evaluación de la pérdida de suelos por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana, escala 1:1, 000,000. Memoria 2001-2002.*

<sup>124</sup> Santacruz De León, G. 2011. *Estimación de la erosión hídrica y su relación con el uso de suelo en la cuenca del río Cahoacán, Chiapas, México.*

<sup>125</sup> Zavala-Cruz J., David J. Palma, Carlos R. Fernández Cabrera, Antonio López Castañeda y Edgar Shirma (2011) *Degradación y conservación de suelos en la cuenca del Río Grijalva, Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco, SEMARNAT, COLPOS y PEMEX.*

este incremento se relacionó con las fuertes pendientes que oscilaron entre 22 y 26% (Figura IV:50).

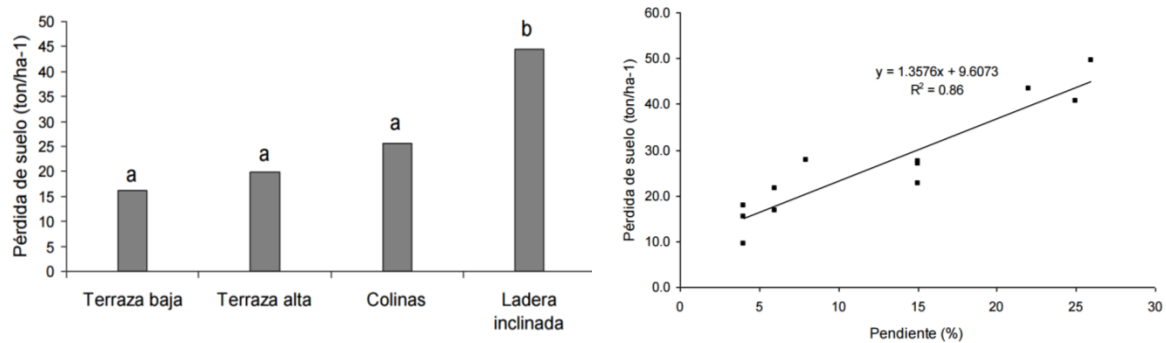


Figura IV:50. Relación de la pendiente y el relieve con el grado de erosión de los suelos.

En razón de lo anterior es posible concluir que debido a la ubicación geográfica y las características topográficas del predio, este no se encuentra en tierras frágiles, sin embargo la remoción de la cobertura vegetal puede ocasionar que dicha fragilidad pase de nula a moderada, razón por la cual se ha propuesto como medida de mitigación un programa de reforestación y jardinería el cual plantea dentro de sus objetivos evitar el riesgo de erosión a través del mantenimiento de áreas verdes con especies nativas y de buena cobertura arbórea, ya que el proyecto contempla una superficie de áreas verdes, comprendidas por áreas de reserva ecológica y áreas libres en lotes (no incluye áreas verdes ajardinadas), de **26.37 Ha** que representan el 62% de la superficie total del predio **Figura IV:51**.

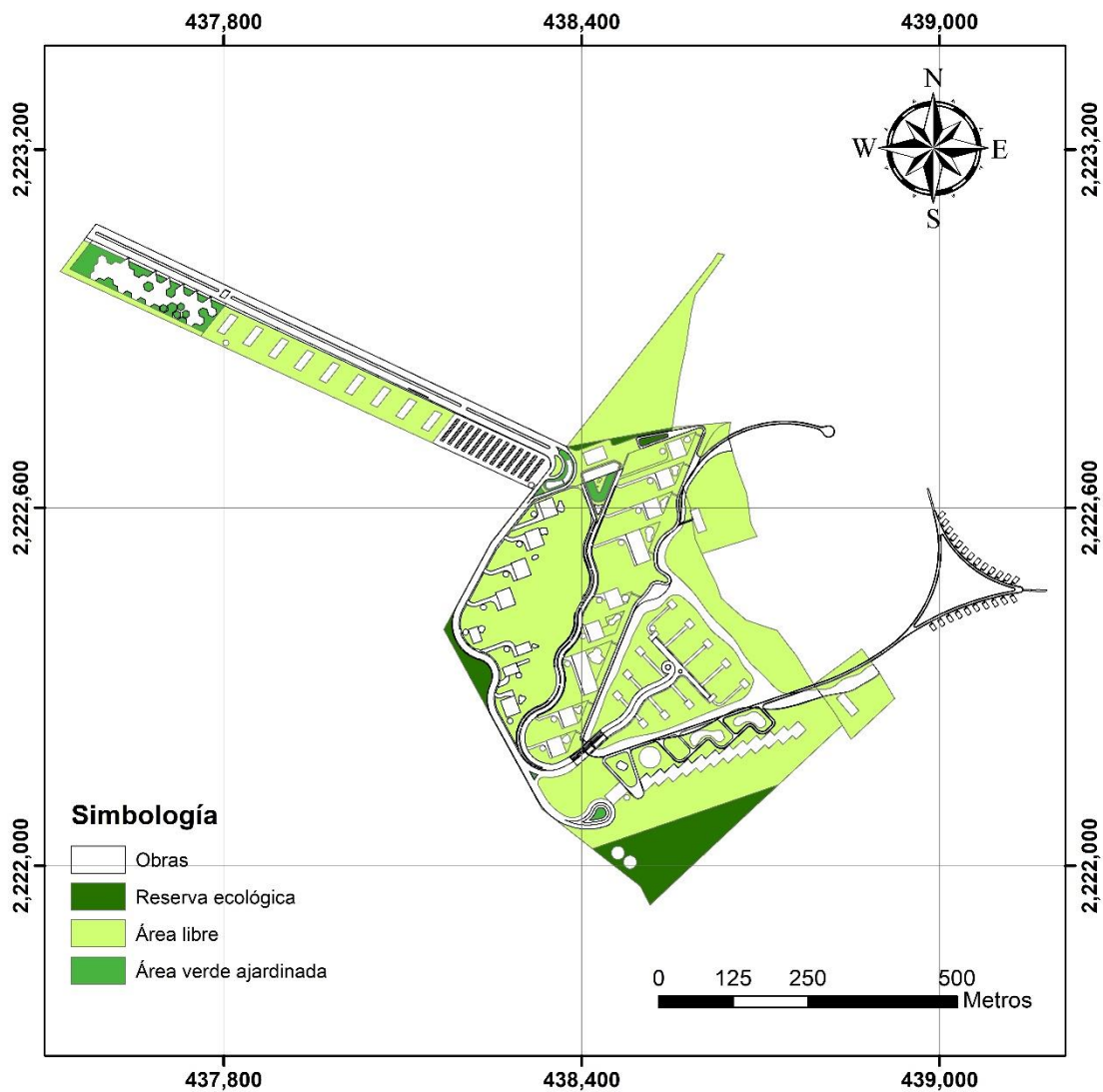


Figura IV:51. Áreas verdes del proyecto

## IV.4 SERVICIOS AMBIENTALES QUE PUDIERAN PONERSE EN RIESGO POR EL CAMBIO DE USO DEL SUELO PROPUESTO

### IV.4.1 Provisión de agua en calidad y cantidad

La provisión de agua en calidad y cantidad es directamente proporcional a la función de los bosques y selvas tropicales como reguladores del agua y garantes de su disponibilidad y calidad. Muchos de los patrones hídricos observados en una cuenca, al igual que la cantidad y calidad del agua que de ella emana, dependen de su relieve y pendiente, así como de su tamaño, ubicación geográfica, tipo de suelo y, por supuesto, del conjunto de los ecosistemas que la conforman (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales).

Los múltiples estratos de la vegetación interceptan el agua de la lluvia y la canalizan lentamente por hojas, ramas y troncos hacia el suelo, de manera que regulan el escurrimiento pluvial y evitan que el suelo se sature. A su vez, la densa hojarasca y suelos con un alto porcentaje de porosidad y materia orgánica, característicos de ecosistemas tropicales, permiten la filtración lenta hacia el subsuelo a manera de filtro natural, generando un reservorio de agua dulce. El coeficiente de escurrimiento está en función del tipo de suelo y cubierta vegetal presente, de tal manera que una zona con suelo de textura arenosa y vegetación en abundancia, tendrá menor capacidad de escurrimiento que una zona carente de vegetación donde no existen horizontes edáficos (Chow, et al., 1994)<sup>126</sup>. El retiro de la vegetación potencializa el escurrimiento de agua en una cuenca, proceso que repercute en el balance hidrológico de la misma al disminuir el suministro gradual de agua al acuífero.

Sin embargo, tomando en cuenta las dimensiones del predio, 424,308.77 m<sup>2</sup>, equivalente al 0.03% de la superficie de la microcuenca (133,194.42 ha), una variación en el coeficiente de escurrimiento por más drástico que sea el cambio, no podrá alterar el flujo ni cantidad disponible de agua en la microcuenca.

Con los datos obtenidos del Balance Hídrico de la microcuenca Chumpón cuya superficie abarca 133,194.42 ha, se obtuvo el volumen de captación de precipitación que es de 1,604.6 hm<sup>3</sup>/año (1,204.7 mm de precipitación x 133,194.42 ha), tomando como base la información proporcionada por las estaciones meteorológicas ubicadas dentro de la microcuenca con un periodo de registro de 20 años.

El balance hídrico se estimó conforme con la ecuación  $E=S$ , donde, E es la entrada de agua por las precipitaciones (P), y S son las salidas, que están conformadas por el escurrimiento superficial (Esc), la Evapotranspiración Real ( $ET_R$ ) y la Infiltración (I). Este último valor representa el dato de interés para determinar la recarga del acuífero. A continuación, se desglosa cada componente del balance. Entonces, el balance hídrico se determina con la siguiente expresión exhibida por Cervantes (2007)<sup>127</sup> y De las Salas & Olmos (2000)<sup>128</sup>.

$$\Delta Q = P - ET_R - Esc - I$$

Donde,  $\Delta Q$  es el balance hídrico, es decir el cambio en la cantidad de agua almacenada en el sistema, que para efectos de la estimación presentada se asume como cero (0). P es la

---

<sup>126</sup> Chow, V. T., Maidment, D. & Mays, L., 1994. Hidrología Aplicada. s.l.: McGraw Hill.

<sup>127</sup> Cervantes, A., 2007. El balance hídrico en cuerpos de agua cársticos de la Península de Yucatán. Teoría y Praxis. Volumen 3, pp. 143-152.

<sup>128</sup> De las Salas, G. & Olmos, C. G., 2000. Balance hídrico bajo tres coberturas vegetales contrastantes en la cuenca del río San Cristóbal. Revista Académica Colombiana de Ciencias, 24(91), pp. 205-218.

precipitación media anual,  $ET_R$  es la evapotranspiración real,  $Esc$  es el escurrimiento superficial, e  $I$  es la infiltración o recarga del sistema.

- Precipitación ( $P$ ). Representa la entrada de agua al sistema. Los datos mensuales fueron obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional, y representan promedios de precipitación del periodo 1981 a 2010 en la estación meteorológica 00023025 Tulum. De estos datos, se determinó una precipitación media anual de 1,204.7 mm anuales.
- Escurrimiento ( $Esc$ ). Se estimó de acuerdo con la NOM-011-SEMARNAT-2015 (DOF, 2015)<sup>129</sup>. De modo que, el volumen de escurrimiento se calculó despejando la siguiente fórmula:

$$Ce = Ve / Vp$$

Donde  $Ce$  es el coeficiente de escurrimiento,  $Ve$  es el volumen de escurrimiento y  $Vp$  corresponde a la precipitación anual. El volumen de escurrimiento quedó definido por la expresión  $Ve=(Ce)*(Vp)$ . El  $Ce$ , se estableció a partir del coeficiente  $K$ , siendo  $K$  un parámetro que se determina en función del tipo de suelo presente en el sitio según el **Cuadro IV:70**. En el caso del predio sujeto a autorización de cambio de uso del suelo, el suelo es de tipo B (medianamente permeable). Para el tipo de cobertura del suelo, a la vegetación secundaria arbórea derivado de selva mediana (SQM) y vegetación manglar (VM) se les asignó el mismo valor, y la vegetación marisma un valor de 0.28, es decir, que se presentan dos diferentes valores del factor  $K$ .

**Cuadro IV:70. Valores de  $K$  de acuerdo con los tipos y usos de suelo.**

TIPO DE SUELO		CARACTERÍSTICAS		
<b>A</b>	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos			
<b>B</b>	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad: loess algo más compactos que los correspondientes a los suelos A; terrenos migajosos			
<b>C</b>	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas			
	<b>Tipo de cobertura del suelo</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>Sin cobertura</b>	Barbecho, áreas incultas y desnudas	0.26	0.28	0.30
	En hilera	0.24	0.27	0.30
<b>Cultivos:</b>	Legumbres o rotación de pradera	0.24	0.27	0.30
	Granos pequeños	0.24	0.27	0.30
<b>Pastizal</b>	Más del 75% - Poco -	0.14	0.20	0.28
	Del 50 al 75% - Regular -	0.20	0.24	0.30

<sup>129</sup> DOF, 2015. Norma Oficial Mexicana NOM-2011-CONAGUA-2015, Conservación del Recurso Agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Diario Oficial de la Federación, 27 marzo.

TIPO DE SUELO		CARACTERÍSTICAS		
Bosque	Menos del 50% - Excesivo -	0.24	0.28	0.30
	Cubierto más del 75%	0.07	0.16	0.24
	Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
	Cubierto del 25 al 50%	0.17	0.26	0.28
	Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.30
Otros	Zonas urbanas	0.26	0.29	0.32
	Caminos	0.27	0.30	0.33
	Pradera permanente	0.18	0.24	0.30

Una vez determinado el valor del factor K se calcula el coeficiente de escurrimiento anual (Ce), mediante las siguientes fórmulas. En caso que el valor de K sea menor o igual a 15, la usa  $Ce = K (P-250) / 2000$ ; mientras que si el valor de K es mayor que 0.15, se usa la fórmula  $Ce = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5$ .

Los resultados del cálculo del escurrimiento, en las condiciones actuales del predio se muestran en el **Cuadro IV:71**.

*Cuadro IV:71. Cálculo de escurrimiento en el predio en condiciones actuales en el predio sin el proyecto.*

VEGETACIÓN	Ha	K	Ce	m <sup>3</sup>
VSA/SMQ	7.51	0.16	0.083	7,508.25
Marisma de zacate	34.89	0.28	0.220	92,554.87
<b>TOTAL</b>	<b>42.40</b>			<b>100,063.12</b>

- Evapotranspiración (ET<sub>R</sub>). Para estimar la evapotranspiración real se partió de la evaporación potencial mensual, la cual se estimó con base en el método de Thornthwaite (1978) citado por Sánchez (2011)<sup>130</sup>, que consiste en las siguientes ecuaciones:

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$$

Donde i es el índice de calor mensual

$$ETP_{sin\ corr.} = 16 \left(\frac{10 \cdot t}{I}\right)^a$$

Donde  $ETP_{sin\ corr.}$  es la evapotranspiración potencial sin ajuste, t es la temperatura media anual cuyos valores se extrajeron de los datos del Servicio Meteorológico Nacional

<sup>130</sup> Sánchez, F. J., 2011. Medidas puntuales de permeabilidad. Universidad de Salamanca.



correspondientes a la estación 00023042 LIMONES, e  $I$  es el índice de calor anual, calculado como la suma de los doce índices de calor mensuales y a se calcula mediante la expresión:

$$a = 675 \cdot 10^{-9} I^3 - 771 \cdot 10^{-7} I^2 + 1792 \cdot 10^{-5} + 0.49239$$

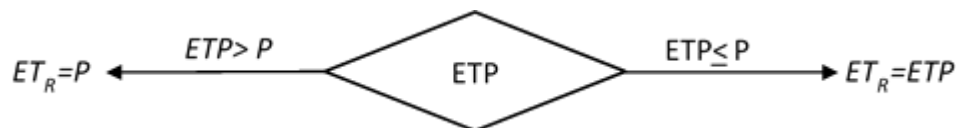
$$ETP = ETP_{sin\ corr.} \cdot \frac{N}{12} \cdot \frac{d}{30}$$

Donde  $d$  es el número de días del mes y  $N$  es la duración astronómica del día en horas de sol, cuyo valor depende de la latitud del sitio y se determinó en cada mes, mediante la siguiente función:

$$N = 12.09086 + (0.00266 LAT) + (0.2194 - 0.06988 LAT) * Sen(30m + 83.5)$$

Donde  $LAT$  es la latitud del sitio en grados decimales, que para el caso de estudio es  $19.02^\circ$ ,  $Sen$  corresponde a la función sigmoideal y  $m$  es el número ordinal correspondiente al mes que se calcula, correspondiendo a enero el valor de 1 y sucesivamente hasta diciembre con valor de 12.

Una vez calculada la evapotranspiración potencial por mes, se determinó la evapotranspiración real empleando la lógica que se ilustra en el siguiente diagrama de flujo, y se realizó la suma de las evapotranspiraciones reales de todos los meses para determinar la evapotranspiración real anual, considerando asimismo las reservas precedentes del agua en el suelo.



- Infiltración. Finalmente, la infiltración se determinó a partir del despeje de la fórmula determinada para el balance hídrico:

$$I = P - (Esc - ET_R)$$

Donde  $I$  es la infiltración anual,  $P$  es la precipitación anual,  $Esc$ , es el volumen de escurrimiento anual y  $ET_R$  es la evapotranspiración real anual.

Los resultados de la evapotranspiración real de acuerdo a los datos de la estación meteorológica Tulum, con una precipitación de 1,204.68 mm anuales, se presentan en el **Cuadro IV:72**.

**Cuadro IV:72. Resultados de la evapotranspiración real de acuerdo a los datos de la estación meteorológica.**

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
temp	23.45	24.74	25.80	26.62	27.29	27.39	27.23	27.16	26.23	24.58	23.66	25.95
i	10.38	11.26	11.99	12.57	13.06	13.13	13.01	12.97	12.30	11.15	10.52	145.35
ETP sin corr	87.01	105.20	121.98	136.34	148.94	150.83	147.65	146.46	129.41	102.81	89.89	
nºdías mes	31.00	28.25	31.00	30.00	31.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	
nº horas luz	11.68	13.15	12.92	11.38	11.13	13.30	12.04	10.96	11.88	13.24	12.75	
ETP corr.	87.51	108.56	135.71	129.29	142.75	172.74	153.08	133.77	132.39	113.43	98.69	1563.06
PP	58.14	54.14	36.44	37.16	83.49	118.22	95.86	197.42	227.11	94.03	47.64	1,204.68
PP-ETPcor	-29.38	-54.42	-99.27	-92.14	-59.25	-54.52	-57.22	63.65	94.72	-19.40	-51.05	
Reserva	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	63.65	100.00	80.60	29.55	
variación de la reserva	51.05	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-63.65	63.65	36.35	-19.40	
EPR	109.18	54.31	36.44	37.16	83.49	118.22	95.86	133.77	132.39	130.38	28.24	1,114.47
Reserva 0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	63.70	100.00	80.60	29.55	
Reserva 100	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	63.65	100.00	80.60	29.55	

Estableciendo el balance hídrico para la superficie del predio en las condiciones ambientales bajo las cuales se presenta actualmente se tiene que este presenta una infiltración media anual de 4,059.81 m<sup>3</sup> (**Cuadro IV:73**), los cuales equivalen al 0.0056% de la infiltración total en de la microcuenca.

**Cuadro IV:73. Cálculo de infiltración en el predio en las condiciones actuales.**

Uso	Ha	PP	ESC	ETR	Infiltración
VSA/SMQ	7.509	90,459.05	2,713.82	83,685.43	4,059.81
Marisma de zacate	<b>34.89</b>	420,311.15	92,554.87	38,8837.99	0.00
Total	42.40	510,770.20	95,268.69	47,2523.42	4,059.81

Considerando que para tener una valoración y un marco de referencia adecuado, se necesita tomar en cuenta las implicaciones que tienen las actividades del proyecto en el comportamiento hidrológico del predio, se llevó a cabo el cálculo de los parámetros de infiltración con los usos de suelos propuestos por el proyecto, en especial para la superficie permeable verde en selva se tomó un coeficiente (K) de 0.07 y de 0.28 en la marisma de zacate, considerando que la vegetación se respetará para mantenerla como en las condiciones actuales, mientras que para las áreas de desplante e impermeables, el valor será 0.29. Los resultados de los cálculos se presentan en el **Cuadro IV:74**.

**Cuadro IV:74. Cálculo de infiltración en el predio con proyecto**

USO	SUPERFICIE (ha)	PP	ESC	ETR	INFILTRACIÓN
Alberca	0.44	5,287.92	1,226.82	4,891.96	0.00
Andador	0.10	1,255.19	1,986.81	1,161.20	0.00
Andador deck	1.10	13,197.25	2,301.41	12,209.03	0.00
Andador peatonal	0.28	3,348.05	776.76	3,097.34	0.00
Área pública	0.09	1,125.19	247.55	1,040.94	0.00
Área verde ajardinada	0.82	9,822.43	2,278.85	9,086.92	0.00
Camellones	0.44	5,283.05	1,225.69	4,887.46	0.00
Canal	1.87	22,542.15	5,796.96	20,854.18	0.00
Cárcamo	0.15	1,864.11	410.11	1,724.53	0.00
Club de playa	0.15	1,848.56	316.70	1,710.14	0.00
Desplante	2.17	26,108.19	5,743.92	24,153.19	0.00
Estacionamiento	1.12	13,439.30	2,960.34	12,432.95	0.00
Glorieta	0.01	110.12	24.23	101.87	0.00
Hotel	0.62	7,416.56	987.21	6,861.20	0.00
Mercado	0.76	9,194.26	1,631.68	8,505.79	0.00
Motor Lobby	0.03	332.70	2,022.78	307.78	0.00
Planta de tratamiento	0.08	930.11	73.19	860.46	0.00
Puente	0.10	1,153.42	204.63	1,067.05	0.00
Área libre en selvas	2.52	30,301.88	133.22	28,032.85	2,135.80
Área libre en marisma	23.86	287,437.51	37,770.40	265,914.01	0.00
Vialidades internas	5.71	68,739.65	11,676.20	63,592.38	0.00
<b>Total general</b>	<b>42.40</b>	<b>510,737.57</b>	<b>79,795.46</b>	<b>472,493.23</b>	<b>2,135.80</b>

De los cálculos realizados, resultó un volumen de infiltración de 2,135.80 m<sup>3</sup>, lo que representa un 52.60% de los 4,059.81 m<sup>3</sup> de la infiltración con respecto al nivel actual; siendo la reducción insignificante considerando la infiltración total de la microcuenca (41,361,892.71 m<sup>3</sup>/año). Sin embargo, a pesar de que las condiciones del proyecto pudieran significar un decremento mínimo en la cantidad de infiltración natural dentro del predio, es necesario considerar que el balance generado se encuentra sustentado bajo el supuesto de que el escurrimiento producido en las superficies impermeables cabañas, vialidad, etc., se consideran salida (o pérdida en el sistema); supuesto que se encuentra distante de la condición real si se toma en cuenta que todo el escurrimiento pluvial en las superficies impermeables (vialidades) se colocará un drenaje pluvial que canalizará casi la totalidad del escurrimiento pluvial, por lo que la pérdida en la recarga sería mínima.

#### IV.4.2 Captura de carbono

Para el cálculo del contenido de carbono en la superficie forestal donde se efectuará el cambio de uso de suelo, se optó por utilizar el método propuesto por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático modificado por Fragoso (2003)<sup>131</sup>, el cual utiliza como base las existencias reales totales, así como el factor de densidad de las especies, factor de contenido de carbono, factor de expansión por crecimiento de raíces y la edad media de las especies de acuerdo con la siguiente expresión (Meza, et al., 2003)<sup>132</sup>.

$$CO_2 = \sum_{i=1}^n \frac{V_i * Dn_i * F_{CO_2} * B_s}{Em_i}$$

Donde:

$CO_2$ = Fijación de carbono (ton/sup/año)

$i$ = especie  $i$ -ésima

$n$ = Número de especies

$V_i$ = Volumen total árbol de la especie  $i$  ( $m^3$  VTA / ha)

$Dn_i$ = Factor de densidad de la especie  $i$  (ton de materia seca /  $m^3$ )

$FCO_2$ = Factor de contenido de carbono (parámetro constante = 0.45)

$B_s$ = Factor de expansión correspondiente al crecimiento de raíces (parámetro constante = 1.3)

$Em_i$ = Edad media de la especie  $i$  la cual se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$Em_i = Dm_i / Im_i$$

Dónde:

$Im_i$ = Incremento corriente anual de la especie  $i$  (cm/año)

$Dm_i$ = Diámetro medio de la especie  $i$

$$Im_i = 0.071465 + (0.023954 * Dm_i) - (0.0000246 * Dm_i^2)$$

Los resultados de cada una de las variables descritas se presentan en el **Cuadro IV:75**, cabe señalar que el factor de densidad para cada especie ha sido tomado de Sotomayor (2005)<sup>133</sup>, sin embargo dado que no se encontró referencia bibliográfica para la densidad de madera de cada una las especies, fue ocupado el valor medio de densidad de madera para especies

---

<sup>131</sup> Fragoso, L. P., 2003. Estimación del contenido y captura de carbono en biomasa aérea del predio "Cerro Grande" municipio de Tancitaro, Michoacán, México. Tesis de Licenciatura.

<sup>132</sup> Meza, V., Mora, F., Chaves, E. & Fonseca, W., 2003. Crecimiento y edad del bosque natural con y sin manejo en el trópico húmedo de Costa Rica.

<sup>133</sup> Sotomayor, C., 2005. Características mecánicas y clasificación de la madera de 150 especies mexicanas. Investigación e ingeniería de la madera, 1(24).

de bosque tropical subcaducifolio según Ordoñez *et al.* (2015)<sup>134</sup>, cuyo valor es de 0.60 en todas aquellas especies sin referencia.

**Cuadro IV:75. Estimación de la fijación de CO<sub>2</sub> (ton/año) en el predio.**

Etiquetas de fila	Vol	Vol/Ha	Vi (en 7.5 ha)	Dni	FCO2	Bs	Dmi	Imi	Emi	CO <sub>2</sub>
<i>Acacia dolichostachya</i>	0.45	4.50	33.75	0.60	0.45	1.3	12.25	0.36	33.92	0.35
<i>Beaucarnea pliabilis</i>	0.21	2.12	15.89	0.60	0.45	1.3	20.05	0.54	37.00	0.15
<i>Bursera simaruba</i>	2.03	20.29	152.15	0.43	0.45	1.3	15.60	0.44	35.52	1.08
<i>Byrsonima bucidifolia</i>	0.58	5.84	43.79	0.60	0.45	1.3	16.87	0.47	36.00	0.43
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	1.04	10.38	77.81	0.60	0.45	1.3	13.17	0.38	34.42	0.79
<i>Coccoloba diversifolia</i>	0.03	0.33	2.47	0.60	0.45	1.3	10.66	0.32	32.90	0.03
<i>Diospyros yucatanensis</i>	0.06	0.60	4.51	0.60	0.45	1.3	11.14	0.34	33.23	0.05
<i>Diphysa carthagenensis</i>	0.14	1.40	10.49	0.60	0.45	1.3	16.55	0.46	35.89	0.10
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	0.15	1.52	11.42	0.60	0.45	1.3	11.25	0.34	33.30	0.12
<i>Exothea diphylla</i>	0.08	0.77	5.80	0.60	0.45	1.3	10.74	0.33	32.96	0.06
<i>Ficus cotinifolia</i>	2.64	26.37	197.78	0.60	0.45	1.3	22.37	0.60	37.60	1.85
<i>Gliricidia sepium</i>	0.27	2.73	20.48	0.37	0.45	1.3	15.44	0.44	35.46	0.13
<i>Gymnanthes lucida</i>	0.70	6.98	52.33	0.60	0.45	1.3	11.89	0.35	33.70	0.55
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.07	0.72	5.43	0.60	0.45	1.3	10.74	0.33	32.96	0.06
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	0.15	1.53	11.46	0.60	0.45	1.3	12.10	0.36	33.82	0.12
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0.77	7.72	57.92	0.60	0.45	1.3	17.27	0.48	36.14	0.56
<i>Manilkara zapota</i>	0.22	2.16	16.22	0.9	0.45	1.3	18.94	0.52	36.68	0.23
<i>Metopium brownei</i>	2.36	23.61	177.05	0.37	0.45	1.3	25.39	0.66	38.25	1.00
<i>Myrcianthes fragrans</i>	0.59	5.91	44.30	0.60	0.45	1.3	13.94	0.40	34.80	0.45
<i>Neea psychotrioides</i>	0.03	0.32	2.37	0.60	0.45	1.3	10.35	0.32	32.67	0.03
<i>Piscidia piscipula</i>	1.42	14.17	106.25	0.60	0.45	1.3	17.44	0.48	36.20	1.03
<i>Psidium sartorianum</i>	0.16	1.63	12.21	0.60	0.45	1.3	16.39	0.46	35.83	0.12
<i>Sabal yapa</i>	0.44	4.41	33.10	0.60	0.45	1.3	20.45	0.55	37.11	0.31
<i>Semialarium mexicanum</i>	0.27	2.70	20.26	0.60	0.45	1.3	12.79	0.37	34.21	0.21
<i>Simarouba amara</i>	0.19	1.88	14.11	0.60	0.45	1.3	18.94	0.52	36.68	0.13
<i>Thouinia paucidentata</i>	0.97	9.69	72.69	0.60	0.45	1.3	13.90	0.40	34.78	0.73
<i>Vitex gaumeri</i>	2.63	26.32	197.37	0.67	0.45	1.3	16.21	0.45	35.76	2.16
<i>Zuelania guidonia</i>	0.06	0.58	4.33	0.61	0.45	1.3	11.46	0.34	33.44	0.05
Total	18.72	187.17	1,403.76				15.34	0.43		12.87

Como resultado del cálculo de carbono almacenado por la vegetación presente en el predio se tiene que la fijación media anual es de 0.9477 ton/ha, lo cual genera un estimado de

<sup>134</sup> Ordoñez, J. y otros, 2015. Densidad de las maderas mexicanas por tipo de vegetación con base en la clasificación de J. Rzedowski: compilación. Madera y bosques, 21(SPE), pp. 77-216.

carbono total fijado en el predio de **12.87 ton/año**. Sin embargo, Masera *et al.*, (2001)<sup>135</sup> señala que el contenido medio de carbono en selvas perennes es de 186 ton/ha mientras que las selvas deciduas presentan un contenido medio de carbono de 54 ton/ha, ambos están muy por encima del contenido de carbono del predio. Lo anterior puede ser un indicador de que el potencial de fijación de carbono en el predio es reducido. Por otra parte, el 16.81% del total de CO<sub>2</sub> del predio se concentra en *Vitex gaumeri* con 2.16 ton/año) y cerca del 80 % del carbono total está almacenado únicamente en 9 de las 28 especies del estrato arbóreo (**Figura IV:52**).

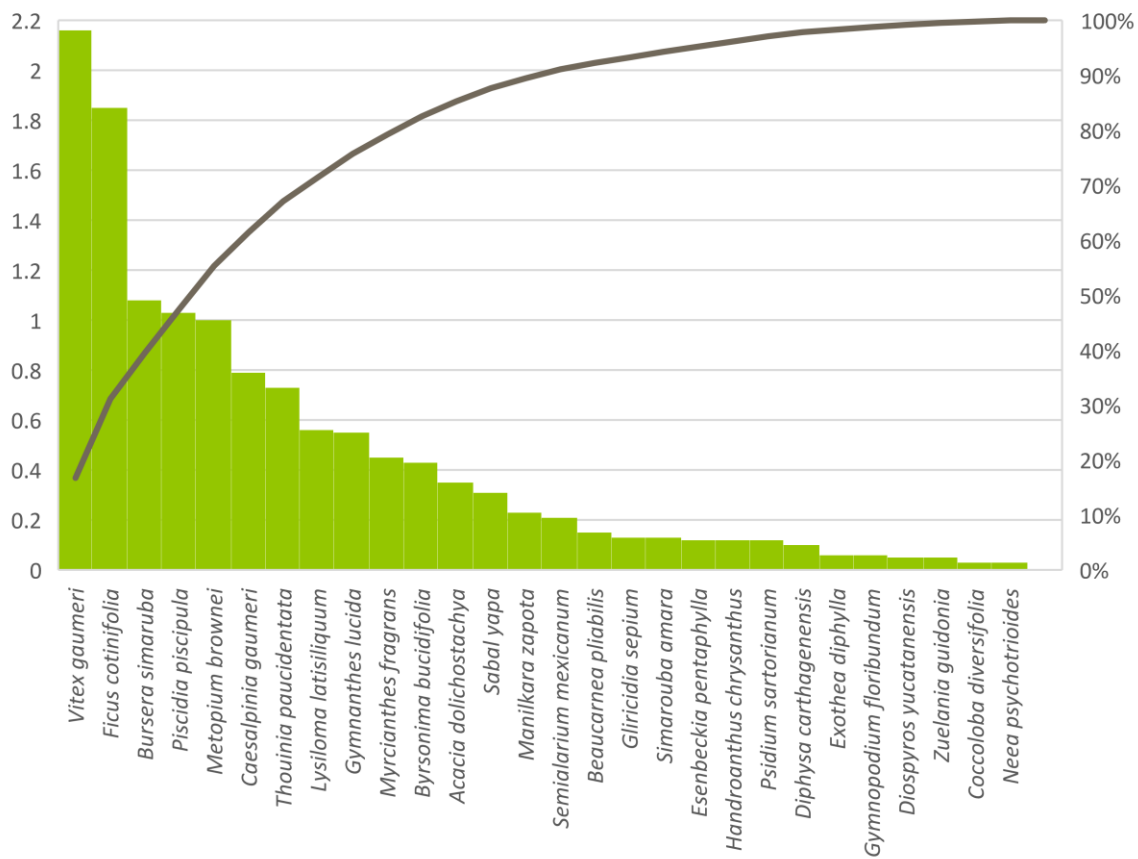


Figura IV:52. Especies principales por su fijación de CO<sub>2</sub>

Por otra parte, Adame *et al.* (2013)<sup>136</sup>, establecen un almacenamiento de carbono para marismas de 177±73 ton de C por hectárea, por lo que considerando la superficie de este tipo de vegetación en el conjunto predial donde se pretende instalar el proyecto, que es de

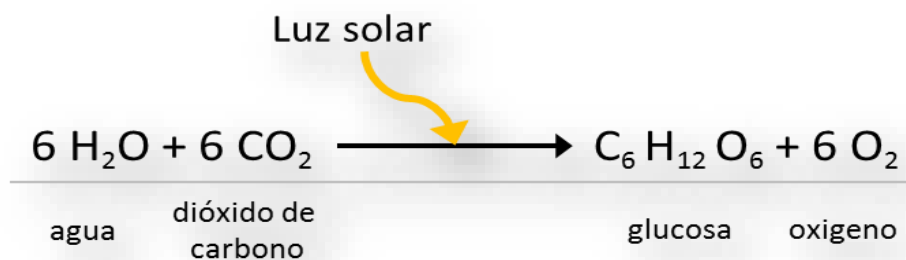
<sup>135</sup> Mesera, O. R., Cerón, A. D. & Ordoñez, A., 2001. Forestry mitigation options for Mexico: finding synergies between national sustainable development priorities and global concerns. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Issue 6, pp. 291-312.

<sup>136</sup> Adame, M. K., Medina, I. G. J. T. O. & Caamal, J. y. H. J., 2013. Carbon stocks of tropical coastal wetlands within the karstic landscape of the Mexican Caribbean. *PLoS one*, 8(2).

34.93 ha, esto resulta en 6,182.61 toneladas de carbono almacenado, equivalentes a 22,690.18 ton de CO<sub>2</sub>.

#### IV.4.3 Generación de oxígeno

Mucho se ha especulado sobre el papel de los bosques en la producción de oxígeno para el hombre a través de la fotosíntesis, al grado de denominar a muchas reservas de ecosistemas forestales como “pulmones”, sin embargo, la gran mayoría de los científicos coinciden que los bosques tropicales húmedos maduros no aportan contribución alguna al oxígeno del planeta, sino que se encuentran en estado de equilibrio y, por la descomposición de la materia orgánica y respiración, consumen tanto oxígeno como el que producen mediante la fotosíntesis (Quevedo, 1986)<sup>137</sup>.



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



De acuerdo con las ecuaciones anteriores, durante el día la fotosíntesis es más intensa que la respiración. Por eso, las plantas producen más oxígeno que el que consumen y toman del aire más dióxido de carbono que el que producen. El oxígeno producido es utilizado por los animales para respirar. Estos devuelven dióxido de carbono, que es reciclado nuevamente por las plantas. Durante la noche, como no hay luz solar, no hay fotosíntesis y las plantas sólo respiran.

<sup>137</sup> Quevedo, L., 1986. La disponibilidad de oxígeno terrestre y la influencia del hombre sobre él. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

El hombre no debe preocuparse por sus reservas de oxígeno en la tierra, ya que la cantidad de la cual dispone es prácticamente ilimitada, según Quevedo (1986), en el hipotético caso de que la fotosíntesis cesase, es decir, que las plantas terrestres y la flora marinas sean eliminadas del ambiente, el real problema no sería la falta de oxígeno, sino la falta de alimentos.

Por otra parte, otros autores señalan que los bosques juegan un papel crucial en la fijación de carbono y generación de oxígeno, puesto que los ecosistemas forestales mantienen el balance entre el oxígeno y el dióxido de carbono presente en el aire. De acuerdo con Li Fengli (2012)<sup>138</sup>, una hectárea de bosque latifoliado absorbe cerca de una tonelada de dióxido de carbono y produce 0.75 toneladas de oxígeno al día, mientras que según Foster (1975)<sup>139</sup>, un cálculo ha señalado que un árbol grande en crecimiento, tarda 12 horas para efectuar la fotosíntesis (en las condiciones dadas de un bosque tropical) para convertir en oxígeno respirable el CO<sub>2</sub> producido por una persona en un día.

Lo cierto es que no se sabe con exactitud cuánto oxígeno genera una planta durante la fotosíntesis, ni cuanto oxígeno necesita durante la respiración, ya que ello depende de los procesos fisiológicos de cada especie, así como la disponibilidad de los elementos necesarios para dichos procesos. En ese sentido, sólo podemos hablar de una reducción en el servicio ambiental a nivel de superficie, por lo tanto, considerando que en la microcuenca existen una vasta extensión de selva mediana subperennifolia equivalente a una superficie de 63,996.50 ha, se puede concluir categóricamente que el servicio ambiental de liberación de oxígeno, no se pondrá en riesgo con el cambio de uso de suelo propuesto, toda vez que la superficie donde se perderá la vegetación sólo representa el 0.00028% de la vegetación de Selva mediana subperennifolia que existe en la microcuenca definida para el estudio; lo anterior sin considerar la superficie que existe respecto a la vegetación secundaria (VSA) de éste mismo ecosistema dentro de la microcuenca y que equivale a 135,450.08 ha.

A pesar de todas las reservas contenidas en los párrafos anteriores, para proporcionar una aproximación al oxígeno liberado en el proceso de fotosíntesis, se aplicó el modelo propuesto por Su, et al. (2012), el cual consiste en las siguientes etapas. En primer lugar, se calculó el índice normalizado de vegetación (NDVI) a partir de una imagen multispectral LANDSAT de 7 bandas, utilizando la siguiente expresión:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

---

<sup>138</sup> Li Fengli, 2012. On forests' role in protecting ecological environment. Priv. Technol., Volumen 7, pp. 2-3.

<sup>139</sup> Foster, P., 1975. Introducción a la Ciencia Ambiental. México: El Ateneo.

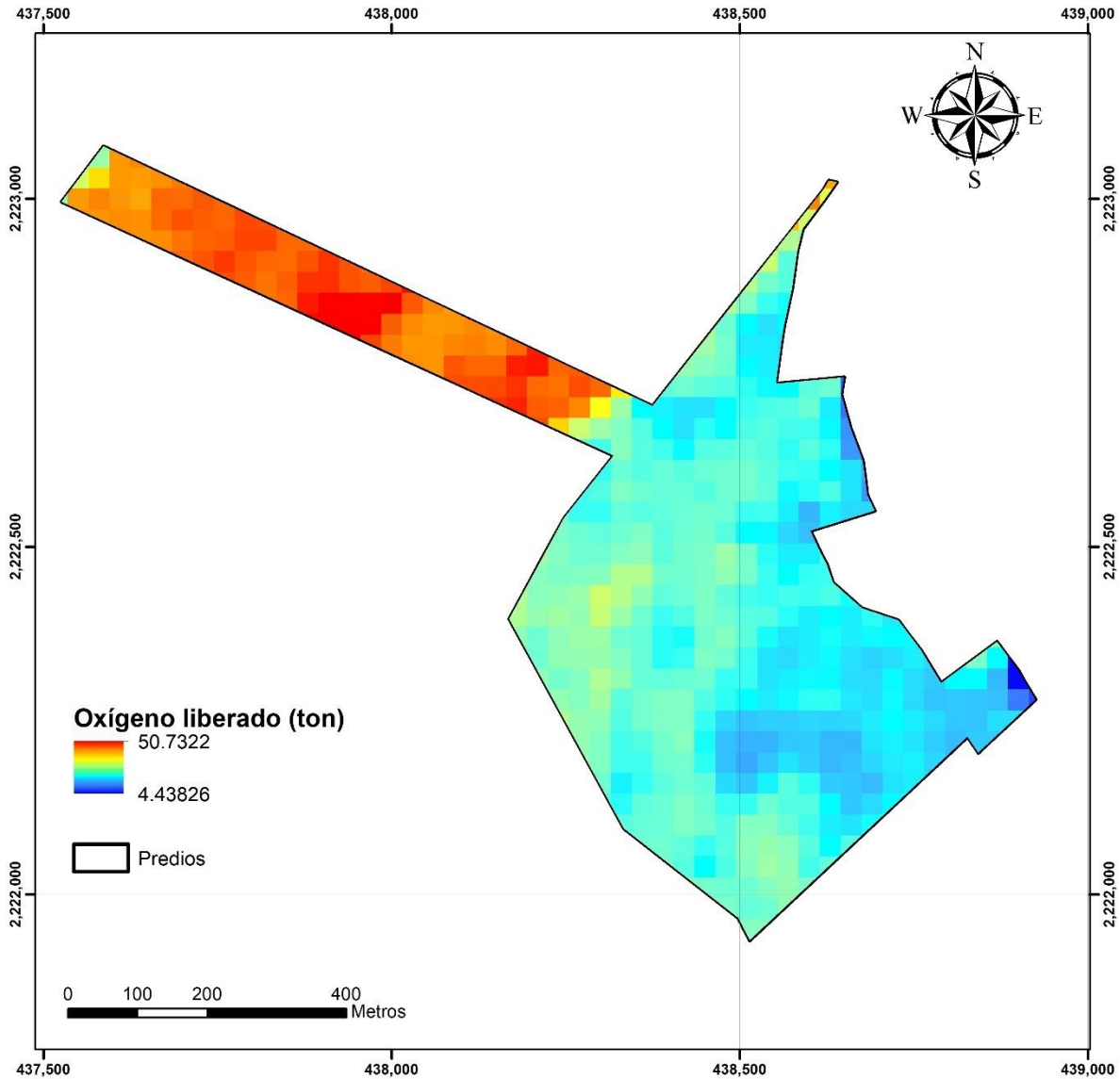


Donde NDVI es el índice normalizado de vegetación, NIR es la banda correspondiente al infrarrojo cercano (750 a 1300 nm) de la imagen multiespectral, RED es la banda correspondiente al rojo (635nm, 650 nm) en la imagen multiespectral. Lo anterior se debe a que el NDVI puede indicar el estatus de crecimiento, condiciones de salud e intensidad de fotosíntesis de la vegetación verde viva, y tiene una parte integral en el cálculo de la productividad primaria neta (NPP).

Una vez hecho el cálculo del NDVI, se procedió al cálculo de la productividad primaria neta mediante la siguiente expresión:

$$NPP = 0.2131 - 22.355 \ln (1 - NDVI)$$

Donde NPP es la productividad primaria neta y NDVI es el índice normalizado de vegetación. Finalmente, se calculó el oxígeno liberado por fotosíntesis (OL) usando una relación NPP:OL de 1:1.07, multiplicando la NPP por el factor de la relación (1.07). El resultado gráfico del mencionado procedimiento se presenta en la **Figura IV:53**.



*Figura IV:53. Oxígeno liberado en la fotosíntesis en los predios del proyecto.*

El análisis espacial y estadístico realizado sobre la imagen resultante, arrojó como resultado una liberación total de oxígeno de **10,955.79 toneladas en todo el predio o 258.39 ton/ha.** (Figura IV:54). Para realizar el cálculo del servicio ambiental que se dejaría de prestar con el proyecto, se consideró la superficie ocupada por el mismo que es de 49,939.60 m<sup>2</sup> en selva y de 110,268.15 m<sup>2</sup> en marisma en superficie del predio y 236.45 m<sup>2</sup> de marisma en zona federal, por lo que se dejarían de producir **1,290.38 ton** en la zona de selva y **2,849.21 ton** de oxígeno en zona de marisma, para un total de **4,139.59 ton**.

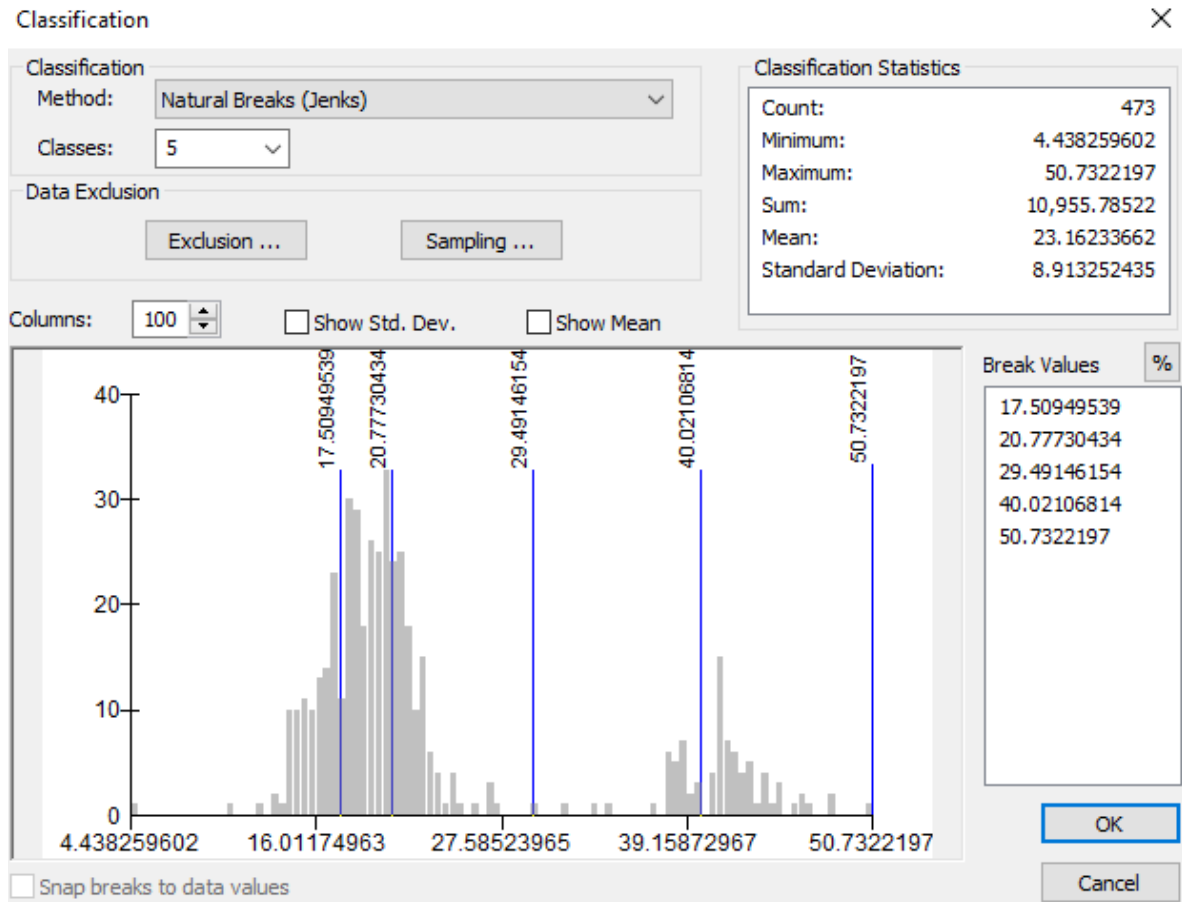


Figura IV:54. Resultados estadísticos del análisis espacial de la liberación de oxígeno por fotosíntesis

#### IV.4.4 Amortiguamiento del impacto de fenómenos naturales

Es difícil estimar con precisión la importancia de la superficie del proyecto sometida a cambio de uso de suelo con respecto a este servicio ambiental. Además, la mayoría de los autores estiman esta importancia de manera indirecta, basándose en los costos o daños que provoca la presencia de inundaciones o tempestades con respecto a la remoción de vegetación.

Debido a la posición geográfico de Quintana Roo es muy vulnerable a los fenómenos climatológicos. Los huracanes son un fenómeno climático típico frecuente en la región del caribe de junio a octubre, estos son uno de las causas de la perturbación en la vegetación, ya que causa defoliación y daño estructural en los árboles, incluyendo árboles desenraizados y descopados. En la vegetación del sureste de México se han observado

cambios en la composición de especies y dominancia después del impacto de un huracán, aunque la variación en la diversidad de especies no es considerable (Islebe, et al., 2009)<sup>140</sup>.

Al sufrir su embate la vegetación experimenta derribo de árboles arrancados de raíz o por fractura del tronco a distintos niveles, caída de ramas y defoliación total, como lo observaron (Islebe, et al., 2009) con el paso del huracán Dean en 2007. Sin embargo, pasado un tiempo, todo lo que aún queda en pie y aún lo derribado inicia un proceso de recuperación. En este proceso y atendiendo a la fenología de las especies, la recuperación foliar es de lo primero en iniciarse ya que de ello depende la sobrevivencia y funcionalidad de la especie en su interacción con el ambiente.

Es un hecho que la eliminación de la vegetación en una selva mediana subperennifolia, reduce la capacidad de la vegetación para actuar como una barrera ante la incidencia de un fenómeno naturales como los huracanes y tormentas tropicales, por lo que éste servicio ambiental se verá afectado con el cambio de uso de suelo propuesto; sin embargo dicho servicio se verá impactado de forma imperceptible al momento que se compara la cantidad de vegetación a remover con la vegetación presente en la cuenca.

En lo que respecta a la cobertura de manglar, en la medición del servicio ecosistémico de protección contra fenómenos naturales, podría surgir una falacia ecológica al medir el valor de la protección costera por la cobertura de manglares. Sería un error suponer que todos los manglares en un área costera ofrecen protección contra tormentas con base en la relación positiva bruta entre el área cubierta de manglares y el nivel de protección contra tormentas. El nivel y, por lo tanto, el valor de la protección contra tormentas en lugares discretos dentro de los sistemas de manglares, es una función de otras variables como la topografía y la distancia a la costa. Con estas reservas, el amortiguamiento de las tormentas es uno de las funciones ambientales gobernadas por el servicio de protección de los ecosistemas costeros (Burkhard & Maes, 2017)<sup>141</sup>. Los individuos de mangle disperso presentes en el predio, presentan diversos servicios ambientales en diferentes grados de acuerdo a su tipo. El tipo de manglar disperso que se encuentra en el predio en los alrededores de la laguna, que corresponde a un manglar de franja lagunar, proporciona según Batllori y Flebes (2007)<sup>142</sup> el servicio de barrera contra huracanes. Por otra parte, los mangles presentes en el predio se encuentran dispersos y aislado en el área de marisma de zacate, proporciona el servicio de control de inundaciones en las áreas donde se encuentra

---

<sup>140</sup> Islebe, A. G. y otros, 2009. Efectos del Impacto del Huracán Dean en la Vegetación del Sureste de Quintana Roo, México. Foresta Veracruzana

<sup>141</sup> Burkhard, B. & Maes, J. (eds), 2017. Mapping ecosystem services. s.l.: Advanced Books, Pensoft.

<sup>142</sup> Batllori, E. & Flebes, J. L., 2007. Límites máximos permisibles para el aprovechamiento del ecosistema de manglar. Gaceta Ecológica, Volumen 82, pp. 5-23.

de acuerdo los mismos autores. Cabe señalar que ninguno de los individuos dispersos de mangle se verá afectados por el proyecto en ninguna de sus etapas.

#### IV.4.5 Modulación o regulación climática

La estimación del grado de modificación o alteración de este servicio ambiental por efecto del cambio de uso de suelo es muy compleja, puesto que los Servicios Ambientales no necesariamente tienen una relación de uno a uno con las propiedades ecosistémicas. Muchas veces un servicio ambiental es el resultado de dos o más propiedades ecosistémicas mientras que en otros casos una propiedad ecosistémica contribuye a la formulación de dos o más servicios ambiental (Costanza, et al., 1997)<sup>143</sup> y (Díaz, et al., 2006)<sup>144</sup>. A su vez, las propiedades ecosistémicas incluyen no sólo la dinámica biogeoquímica a corto plazo (relacionada con productividad, descomposición, ciclado de nutrientes, etc.), sino también el equilibrio ecosistémico a largo plazo (Leps, et al., 1982)<sup>145</sup>, (Chaping, et al., 2000)<sup>146</sup> y (Grime, et al., 2000)<sup>147</sup>.

En razón de lo anterior, la regulación climática, ya sea, a través del secuestro biológico de carbono o por intercambios de energía con la atmosfera, es un servicios ambiental cuyo origen está ligado a diversos rasgos del ecosistema como son: la productividad primaria, la acumulación de carbono en vegetación, la acumulación de carbono en el suelo, la descomposición, el albedo y rugosidad del dosel, el intercambio de calor entre la vegetación y atmosfera así como la evapotranspiración, entre otros (Casanoves, et al., 2011)<sup>148</sup>. De tal manera que la cuantificación del impacto del cambio de uso de suelo es una labor por de más compleja.

Si tomamos en cuenta un enfoque sistémico, podemos visualizar el medio físico en el que se encuentra inmerso el proyecto, como un sistema en el que existe un balance de materia

---

<sup>143</sup> Costanza, R., Arge, R.; de Groot, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K.; Naeem, S.; O'Neill, R. V.; Paruelo, J.; Raskin, R.G.; Sutton, P.; Van den Belt, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, Volumen 387, pp. 253-260.

<sup>144</sup> Díaz, S. y otros, 2006. Functional diversity\_at the crossroads between ecosystem functioning and environmental filters. En: *Terrestrial ecosystems in a changing world*. New York: Springer Science y Business Media, pp. 103-113.

<sup>145</sup> Leps, J., Osvornova-Kosinova, J. & Rejmanek, M., 1982. Community stability, complexity and species life history strategies. *Vegetatio*, Volumen 50, pp. 53-63.

<sup>146</sup> Chaping, F. S. y otros, 2000. Consecuencias of changing biodiversity. *Nature*, 405(6783), pp. 234-242.

<sup>147</sup> Grime, J. P. Brown, V. K.; Thompson, K.; Masters, G. J.; Hillier, S. H.; Clarke, I. P.; Kielty, J. P., 2000. The response of two contrasting limesone grasslands to simulated climate change. *Science*, 289(5480), pp. 762-765.

<sup>148</sup> Casanoves, F., Pla, L. & Di Rienzo, J. A., 2011. Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos. En: *Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)*

y energía. Al momento de haber un cambio en la composición natural del medio, es posible generar alteraciones que rompan el equilibrio de dicho sistema. Bajo este paradigma, encontramos que existirán cambios de temperatura en el sotobosque y a nivel de mesofauna, registrando aumentos de evaporación debido a la radiación directa, así como cambios en los ciclos biogeoquímicos naturales a una escala local. Sin embargo, considerando el entorno urbano que rodea el área donde se llevará a cabo el proyecto, es posible que las alteraciones locales queden marcadas como eventos aislados, en donde la capacidad de resistencia del sistema, junto con medidas de mitigación, disminuyan el efecto negativo.

A manera de conclusión, se puede decir que resulta evidente el cambio de patrones climáticos locales con el desarrollo del proyecto, ya que es posible generar variaciones en la evapotranspiración, evaporación, radiación en el suelo, desecación, así como aumento de la temperatura, entre otros. Sin embargo, dichos cambios no podrán ser cruciales en la dinámica de la cuenca, considerando que la superficie del predio resulta poco significativa en comparación con ésta, aunada a que se trata de una zona en proceso de urbanización.

Algunos datos señalan que, durante el verano, los ecosistemas forestales son de 2 a 4 °C más templados que en áreas urbanas abiertas y la humedad relativa es de 15 a 25 % mayor (Li Fengli, 2012), lo cual indica que el mantener la cobertura vegetal en las áreas verdes de donación contribuye a la disminución de la afectación sobre este servicio ambiental.

#### **IV.4.6 Protección de la biodiversidad ecosistemas y formas de vida**

Los ecosistemas proporcionan refugio y hábitat reproductivo para plantas y animales silvestres y por lo tanto contribuyen a la conservación de la diversidad genética y procesos evolutivos (De Groot, et al., 2002)<sup>149</sup>. Si bien la remoción de la cobertura vegetal disminuye la aportación de este servicio ambiental, el proyecto se pretende ubicar en una zona que presenta una muy baja presión por el desarrollo de otros proyectos de urbanización y desarrollos inmobiliarios y turísticos, por lo que se trata de un ecosistema conservado, tal como se evidenció en la sección de caracterización y análisis retrospectivo del sistema ambiental.

La biodiversidad de los predios está representada en una gran porción de la microcuenca, por lo que no representa ecosistemas singulares que se pongan en riesgo con el desarrollo del proyecto. En adición a lo mencionado anteriormente, el proyecto contempla como medida de mitigación el rescate y reubicación selectiva de ejemplares de flora y el rescate,

---

<sup>149</sup> De Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological economics*, 41(3), 393-408.

reubicación y ahuyentamiento que resulten afectados por el proyecto; así como el mantenimiento de áreas verdes naturales en el 62.22 % de la superficie total de los predios. Esto reducirá el impacto sobre la biodiversidad y del ecosistema como hábitat.

#### IV.4.7 Protección y recuperación de suelos

El suelo es un recurso finito, lo que implica que su pérdida y degradación no son reversibles en el curso de una vida humana, son reconocidos y valorados por su capacidad productiva y por su contribución a la seguridad alimentaria y el mantenimiento de servicios ecosistémicos fundamentales. La degradación de los suelos es causada por usos y prácticas de ordenación de la tierra insostenibles y por fenómenos climáticos resultantes de diferentes factores sociales, económicos y de gobernanza (FAO, 2015)<sup>150</sup>, sin embargo, previo a la degradación del suelo, el suelo sufre una erosión la cual se define como el proceso de desagregación, transporte y deposición de materiales del suelo por agentes erosivos, que pueden ser de manera natural o antropogénica. Uno de los procesos erosivos naturales del suelo, es por escurrimiento hídrico, cuyo origen está en la acción del agua sobre una superficie desprovista de cobertura vegetal, es quizás el proceso más importante de degradación de suelos, dado que es irreversible y generalmente de gran magnitud (Honorato, R., et al., 2001)<sup>151</sup>. Son múltiples los factores que favorecen e incrementan la erosión hídrica: las lluvias, el suelo, la pendiente, el tipo de vegetación y la presencia o ausencia de medidas de conservación (Ocampo R., 1996)<sup>152</sup>. No obstante, para tener un marco de referencia que permita establecer el grado de erosión de los suelos presentes en el predio se llevó a cabo el cálculo de las tasas de erosión hídrica a través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, cuyo proceso se describe a continuación:

De acuerdo con Wischmeier, W. H., and D.D. Smith. (1978) la erosión del suelo puede estimar con la siguiente ecuación:

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

Dónde:

E = Erosión del suelo t/ha año.

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

K = Erosionabilidad del suelo.

LS = Longitud y Grado de pendiente.

---

<sup>150</sup> FAO, 2015. El suelo es un recurso no renovable, Roma, Italia

<sup>151</sup> Honorato, Barrales, L.; Peña, I.; Barrera, F., 2001. Evaluación del modelo USLE en la estimación de la erosión en seis localidades entre la IV y IX región de Chile. Revista Ciencias de la Agricultura, 28(1), pp. 7-14.

<sup>152</sup> Ocampo R., M. C. y. L. G., 1996. Programa de conservación de suelos y forestación. Manual de conservación de suelos., Cuzco, Peru: Asociación Arariwa.

C = Factor de vegetación

P = Factor de prácticas mecánicas.

#### IV.4.7.1 Factor de erosionabilidad del suelo K

La erosionabilidad del suelo (K), depende de sus características físicas, como la textura, su estructura, la cantidad de materia orgánica, entre otras. Con el fin de simplificar este cálculo, se han asignado valores a cada unidad de suelo según la clasificación (FAO, 1980)<sup>153</sup>, la cual coincide con las unidades de suelo identificadas en la Carta Edafológica del INEGI.

En el **Cuadro IV:76** se muestran los valores correspondientes al factor K, según los tipos de suelo; en particular para el predio en cuestión, corresponde a dos unidades de suelo: Zm/2 que es un suelo Solonchak Mólico con textura media, y la unidad I/2 que es un suelo Litosol con textura media, por lo que el valor de erosionabilidad para la superficie del predio con ese tipo de suelo es **K=0.02 ton/hr/MJ\*mm**, para ambas unidades.

**Cuadro IV:76. Valor de erosionabilidad del suelo (K) por unidad edáfica y textura. Fuente: FAO (1980).**

ORDEN	TEXTURA			ORDEN	TEXTURA		
	G	M	F		G	M	F
A	0.026	0.04	0.013	Lo	0.026	0.04	0.013
Ar	0.013	0.02	0.007	Lp	0.053	0.079	0.026
Ag	0.026	0.04	0.013	Lv	0.053	0.079	0.026
Ah	0.013	0.02	0.007	M(a,g)	0.026	0.04	0.013
Ao	0.026	0.04	0.013	N(a,g)	0.013	0.02	0.007
Ap	0.053	0.079	0.026	O(d,ex)	0.013	0.02	0.007
B	0.026	0.04	0.013	P	0.053	0.079	0.026
Bc	0.026	0.04	0.013	Pf	0.053	0.079	0.026
Bd	0.026	0.04	0.013	Pg	0.053	0.079	0.026
Be	0.026	0.04	0.013	Ph	0.026	0.04	0.013
Bf	0.013	0.02	0.007	Pi	0.026	0.04	0.013
Bg	0.026	0.04	0.013	Po	0.053	0.079	0.026
Bh	0.013	0.02	0.007	Pp	0.53	0.079	0.026
Bk	0.026	0.04	0.013	Q(a,c,f,l)	0.013	0.02	0.007
Bv	0.053	0.079	0.026	R	0.026	0.04	0.013
Bx	0.053	0.079	0.026	Re	0.026	0.04	0.013
C(g,h,k,l)	0.013	0.02	0.007	Rc	0.013	0.02	0.007
D(d,e,g)	0.053	0.079	0.026	Rd	0.026	0.04	0.013
E	0.013	0.02	0.007	Rx	0.053	0.079	0.026

<sup>153</sup> FAO, 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos.



ORDEN	TEXTURA			ORDEN	TEXTURA		
	G	M	F		G	M	F
F(a,h,o,p,r,x)	0.013	0.02	0.007	S	0.053	0.079	0.026
<b>G</b>	<b>0.026</b>	<b>0.04</b>	<b>0.013</b>	<b>Sg</b>	<b>0.053</b>	<b>0.079</b>	<b>0.026</b>
Gc	0.013	0.02	0.007	Sm	0.026	0.04	0.013
<b>Gd</b>	<b>0.026</b>	<b>0.004</b>	<b>0.013</b>	<b>So</b>	<b>0.053</b>	<b>0.079</b>	<b>0.026</b>
Ge	0.026	0.04	0.013	T	0.026	0.04	0.013
<b>Gh</b>	<b>0.013</b>	<b>0.02</b>	<b>0.007</b>	<b>Th</b>	<b>0.013</b>	<b>0.02</b>	<b>0.007</b>
Gm	0.013	0.02	0.007	Tm	0.013	0.02	0.007
<b>Gp</b>	<b>0.053</b>	<b>0.0079</b>	<b>0.0026</b>	<b>To</b>	<b>0.026</b>	<b>0.04</b>	<b>0.013</b>
Gx	0.053	0.079	0.026	Tv	0.026	0.04	0.013
<b>Gv</b>	<b>0.053</b>	<b>0.079</b>	<b>0.026</b>	<b>U</b>	<b>0.013</b>	<b>0.02</b>	<b>0.007</b>
H(c,g,h,l)	0.013	0.02	0.007	V(c,p)	0.053	0.079	0.026
<b>I</b>	<b>0.013</b>	<b>0.02</b>	<b>0.007</b>	<b>W</b>	<b>0.053</b>	<b>0.79</b>	<b>0.0026</b>
J	0.026	0.04	0.013	Wd	0.053	0.079	0.0026
<b>Jc</b>	<b>0.013</b>	<b>0.02</b>	<b>0.007</b>	<b>We</b>	<b>0.053</b>	<b>0.079</b>	<b>0.0026</b>
Jd	0.026	0.04	0.013	Wh	0.026	0.04	0.013
<b>Je</b>	<b>0.026</b>	<b>0.04</b>	<b>0.013</b>	<b>Wm</b>	<b>0.026</b>	<b>0.04</b>	<b>0.013</b>
Jt	0.053	0.079	0.026	Ws	0.053	0.079	0.026
<b>Jp</b>	<b>0.053</b>	<b>0.079</b>	<b>0.026</b>	<b>Wx</b>	<b>0.053</b>	<b>0.079</b>	<b>0.026</b>
K(h,k,l)	0.026	0.04	0.013	X(h,k,l,y)	0.053	0.079	0.026
<b>L</b>	<b>0.026</b>	<b>0.04</b>	<b>0.013</b>	<b>Y(h,k,l,y,t)</b>	<b>0.053</b>	<b>0.079</b>	<b>0.026</b>
La	0.053	0.079	0.026	Z	0.026	0.04	0.013
<b>Lc</b>	<b>0.026</b>	<b>0.04</b>	<b>0.013</b>	<b>Zg</b>	<b>0.026</b>	<b>0.04</b>	<b>0.013</b>
Lf	0.013	0.02	0.007	Zm	0.013	<b>0.02</b>	0.007
<b>Lg</b>	<b>0.026</b>	<b>0.04</b>	<b>0.013</b>	<b>Zo</b>	<b>0.026</b>	<b>0.04</b>	<b>0.013</b>
Lk	0.026	0.04	0.013	Zt	0.053	0.079	0.026

#### IV.4.7.2 Factor de erosividad R

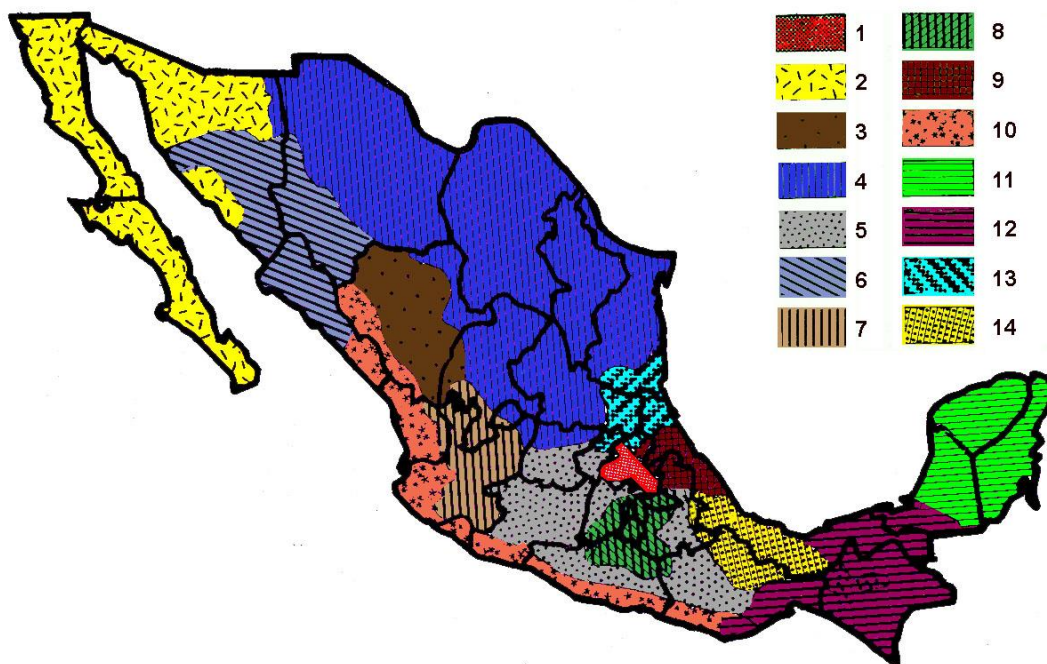
Este factor se obtuvo a partir de las ecuaciones propuestas por Cortes (1991)<sup>154</sup>, debido a que representan una forma válida y muy sencilla de calcular la erosividad con base en la precipitación media anual. Debido a que dicho autor considera al territorio nacional como 14 regiones de influencia pluvial se utilizó la ecuación correspondiente a la zona XI (**Cuadro IV:77 y Figura IV:55**).

<sup>154</sup> Cortés, T., 1991. Caracterización de la erosividad de la lluvia en México utilizando métodos multivariados. Tesis maestría en Ciencias., p. 168.

**Cuadro IV:77. Ecuaciones para estimar la erosividad de la lluvia "R" en la República Mexicana (Cortés, 1991).**

Zona	Ecuación	R <sup>2</sup>
I	$R = 1.2078 * P + 0.002276 * P^2$	0.92
II	$R = 3.4555 * P + 0.006470 * P^2$	0.93
III	$R = 3.6752 * P - 0.001720 * P^2$	0.94
IV	$R = 2.8559 * P + 0.002983 * P^2$	0.92
V	$R = 3.4880 * P - 0.00088 * P^2$	0.94
VI	$R = 6.6847 * P + 0.001680 * P^2$	0.90
VII	$R = -0.0334 * P + 0.006661 * P^2$	0.98
VIII	$R = 1.9967 * P + 0.003270 * P^2$	0.98
IX	$R = 7.0458 * P - 0.002096 * P^2$	0.97
X	$R = 6.8938 * P + 0.000442 * P^2$	0.95
XI	$R = 3.7745 * P + 0.004540 * P^2$	0.98
XII	$R = 2.4619 * P + 0.006067 * P^2$	0.96
XIII	$R = 10.7427 * P - 0.00108 * P^2$	0.97
XIV	$R = 1.5005 * P + 0.002640 * P^2$	0.95

Dado que la precipitación media anual de la zona de estudio, de acuerdo con los datos de la estación 23025 Tulum., es de 1,204.7 mm/año, el factor R es igual a **11,136.05164 Mj/ha mm/hr.**



**Figura IV:55. Zonificación para aplicación de ecuaciones de erosividad de la precipitación. Fuente: Cortes (Op. Cit.).**

#### IV.4.7.3 Factor de pendiente y longitud LS

El efecto de la topografía en la erosión de suelos en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo tiene dos componentes: el factor de longitud de la pendiente (L) y el factor de inclinación de la pendiente (S). La longitud de la pendiente se define como la distancia horizontal desde donde se origina el flujo superficial al punto donde comienza la deposición o donde la escorrentía fluye a un canal definido, y su cálculo se realiza a través de las expresiones:

$$L = \left( \frac{\lambda}{22.13} \right)^m \quad m = \frac{F}{1 + F} \quad F = \frac{\sin \beta / 0.0896}{3(\sin \beta)^{0.8} + 0.56}$$

El factor L: Donde  $\lambda$  es la longitud de la pendiente (m), m es el exponente de la longitud de la pendiente y  $\beta$  es el ángulo de la pendiente. Desmet y Gover (1996)<sup>155</sup> proponen una estimación L modificada con base en el área de drenaje aportadora de escurrimiento, donde el efecto erosivo de la longitud de la pendiente es representado por la siguiente ecuación:

$$L_{(i,j)} = \frac{(A_{i,j} + D^2)^{m+1} - A_{i,j}^{m+1}}{x^m * D^{m+2} * 22.13^m}$$

Donde  $A_{(ij)}^m$  es el área aportadora unitaria a la entrada de un pixel (celda), D es el tamaño del pixel y x es el factor de corrección de forma.

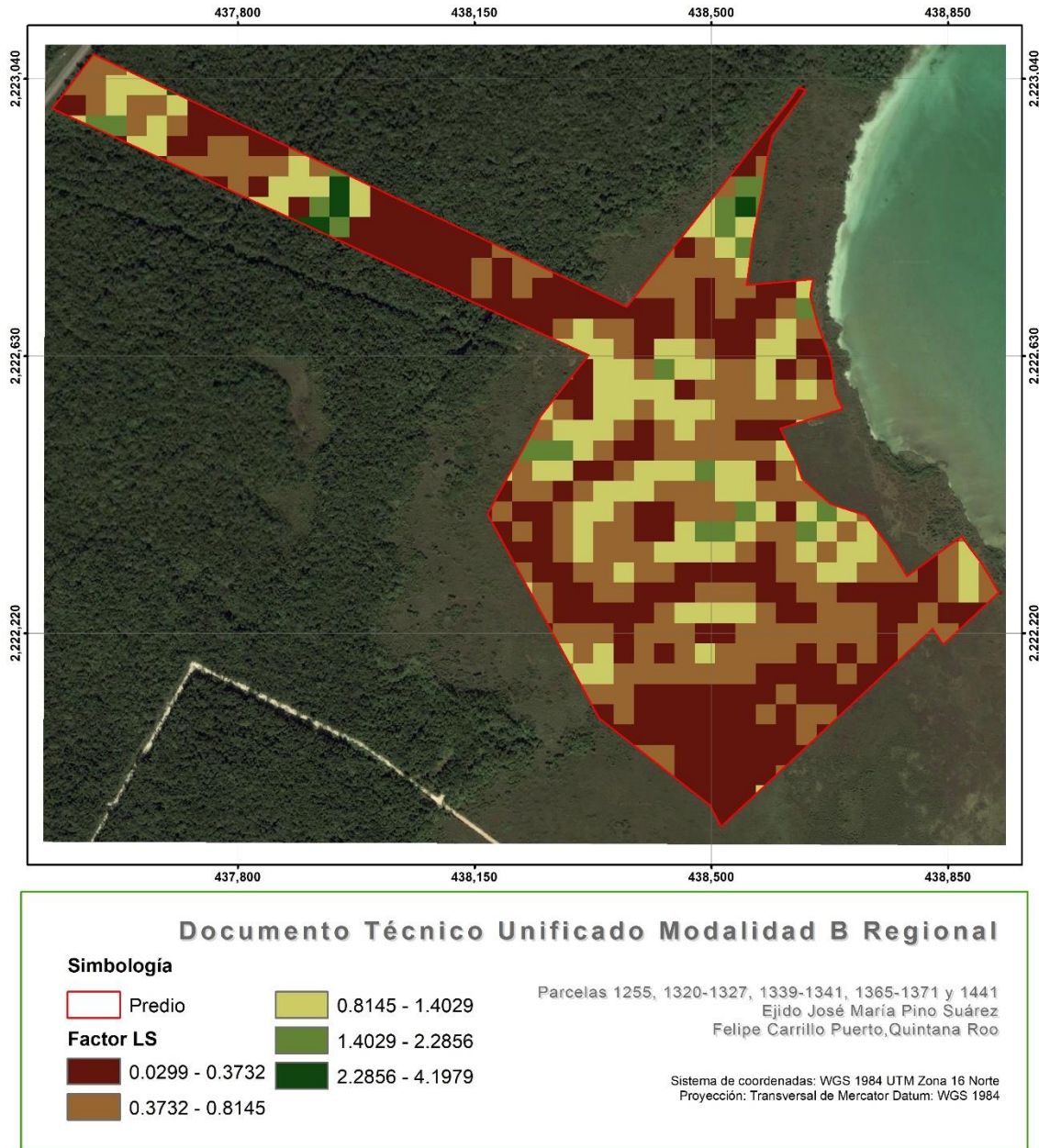
El factor S: el ángulo  $\beta$  se toma como el ángulo medio a todas las subceldas en la dirección de mayor pendiente (McCool, 1987)<sup>156</sup>.

$$S_{i,j} = \begin{cases} 10.8 \sin \beta_{(i,j)} + 0.03 & \tan \beta_{(i,j)} < 0.09 \\ 16.8 \sin \beta_{(i,j)} - 0.5 & \tan \beta_{(i,j)} \geq 0.09 \end{cases}$$

Debido a que la pendiente y su longitud se manifiestan de forma diferencial en el predio, se llevó a cabo el cálculo utilizando como base un modelo digital de elevación generado a partir de los datos topográficos obtenidos en el predio, lo cual a la vez permitió generar un mapa de la distribución del Factor LS en todo el predio (**Figura IV:56**).

<sup>155</sup> Desmet, P. J. & Govers, G., 1996. Comparison of routing algorithms for digital elevation models and their implications for predicting ephemeral gullies. International Journal of Geographical Information Systems, 10(3), pp. 311-331.

<sup>156</sup> McCool, D. L. B. a. G. F., 1987. Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. Transactions of the ASAE, Volumen 30, pp. 1387-1396.



*Figura IV:56. Factor LS en el predio. Presenta valores entre 0.0003 y 4.1979.*

De acuerdo con el cálculo del factor LS para el predio, en este se presentan valores entre 0.299 y 4.19, siendo el valor medio del factor LS de todo el predio es de 0.577 lo cual se puede observar en el histograma (**Figura IV:57**) obtenido con Sistemas de Información Geográfica.

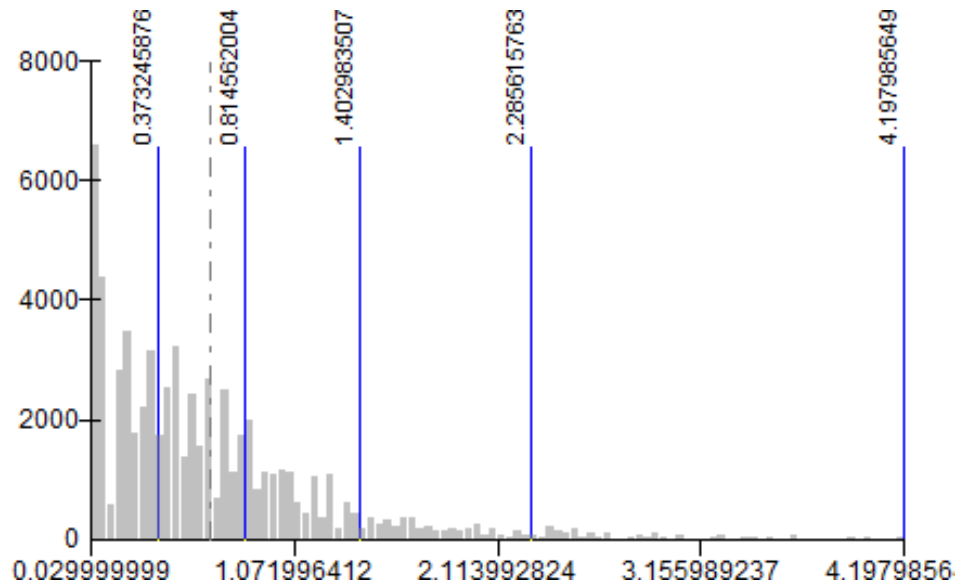


Figura IV:57. Histograma para la distribución del Factor LS en el predio. El valor de LS promedio es de 0.577 (línea gris punteada).

#### IV.4.7.4 Factor de protección de la cobertura vegetal C

El parámetro de cobertura y manejo o simplemente de vegetación **C**, definido como el cociente de pérdida de suelo en un terreno cultivado bajo condiciones específicas de desnudez y con barbecho (Wischmeier y Smith, *Op. Cit.*), representa la capacidad de la vegetación para impedir el arrastre de sedimentos, capacidad que es directamente proporcional a la cobertura de la vegetación, ya que el dosel de la planta afecta la erosión, reduciendo la energía efectiva de la lluvia al interceptar las gotas. Las gotas que caen del dosel pueden recuperar velocidad, pero esta es menor que con la que originalmente caían. La altura promedio de la cual caen las gotas desde el dosel y su propia densidad determina la reducción de la energía de la lluvia antes de volver a caer al suelo. Es más efectivo tener el suelo cubierto con residuos que tener un dosel vegetal, ya que por estar al nivel del suelo no se recupera velocidad (Pérez, 2013)<sup>157</sup>.

Dado que la ecuación universal de pérdida de suelo fue desarrollada por Wischmeier y Smith considerando las condiciones que se presentan en los Estados Unidos, las tablas que estos propusieron para la valoración del Factor **C** no son aplicables a buena parte del territorio mexicano. Por tal razón diversos autores han hecho estimaciones de dicho factor con la ayuda de imágenes de satélite. En el **Cuadro IV:78** se presenta una tabla con valores

<sup>157</sup> Pérez N, S. 2013. Erosión hídrica en cuencas costeras de Chiapas y estrategias para su restauración hidrológico-ambiental. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. De México.

de C propuesta por Arellano (1994)<sup>158</sup>, para los tipos de vegetación presentes en el estado de Chiapas, en donde la selva mediana presenta un valor de C de 0.18.

**Cuadro IV:78. Valores medios anuales de C utilizados para la estimación de la erosión hídrica en el estado de Chiapas.**

TIPO DE VEGETACIÓN Y USO DE SUELO	VALOR DE C
Agricultura de temporal (cultivos anuales)	0.56
Agricultura migratoria en selva	0.32 – 0.45
Agricultura migratoria en bosque	0.32 – 0.45
Agricultura de riego	0.40
Agricultura de perennes	0.20
Cafetales	0.12 – 0.05
Pastos y frutales	0.12
Bosques (pino, encino, oyamel y cedro)	0.06 – 0.01
Selva alta	0.01
Selva mediana y baja	0.18
Sabana	0.18
Pastizal cultivado	0.07
Pastizal inducido	0.20

Fuente: Arellano, Op. Cit.

De igual forma Figueroa *et. al* (1991)<sup>159</sup>, presentan una tabla de valores para el factor C donde la selva mediana manifiesta un valor de 0.17 (**Cuadro IV:79**). Por tanto, el valor del factor C para el proyecto es de **0.17** en la selva mediana subperennifolia y 1 para el área sin vegetación.

**Cuadro IV:79. Valores del Factor C para los tipos de vegetación del estado de Coahuila.**

TIPO DE VEGETACIÓN	FACTOR C
Bosque de encino	0.039
Bosque de encino-pino	0.039
Bosque de pino	0.039
Bosque de pino-encino	0.039
Bosque de táscate	0.039
Bosque mesófilo de montaña	0.039
Chaparral	0.340
Matorral crasicaule	0.340
Matorral desértico micrófilo	0.260
Matorral desértico rosetófilo	0.400
Matorral submontano	0.140
Mezquital	0.390

<sup>158</sup> Arellano M., J. J. L., 1994. La degradación de suelo por erosión hídrica en Chiapas: evaluación y principios tecnológicos para su control. Edo de México: Tesis Profesional. Departamento de Irrigación de la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México.

<sup>159</sup> Figueroa, Amante, O. A.; Cortés, H.G.; Osuna, E. S.; Rodríguez, J. M. y Morales, F. F.J. 1991. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. Colegio de Postgraduados.

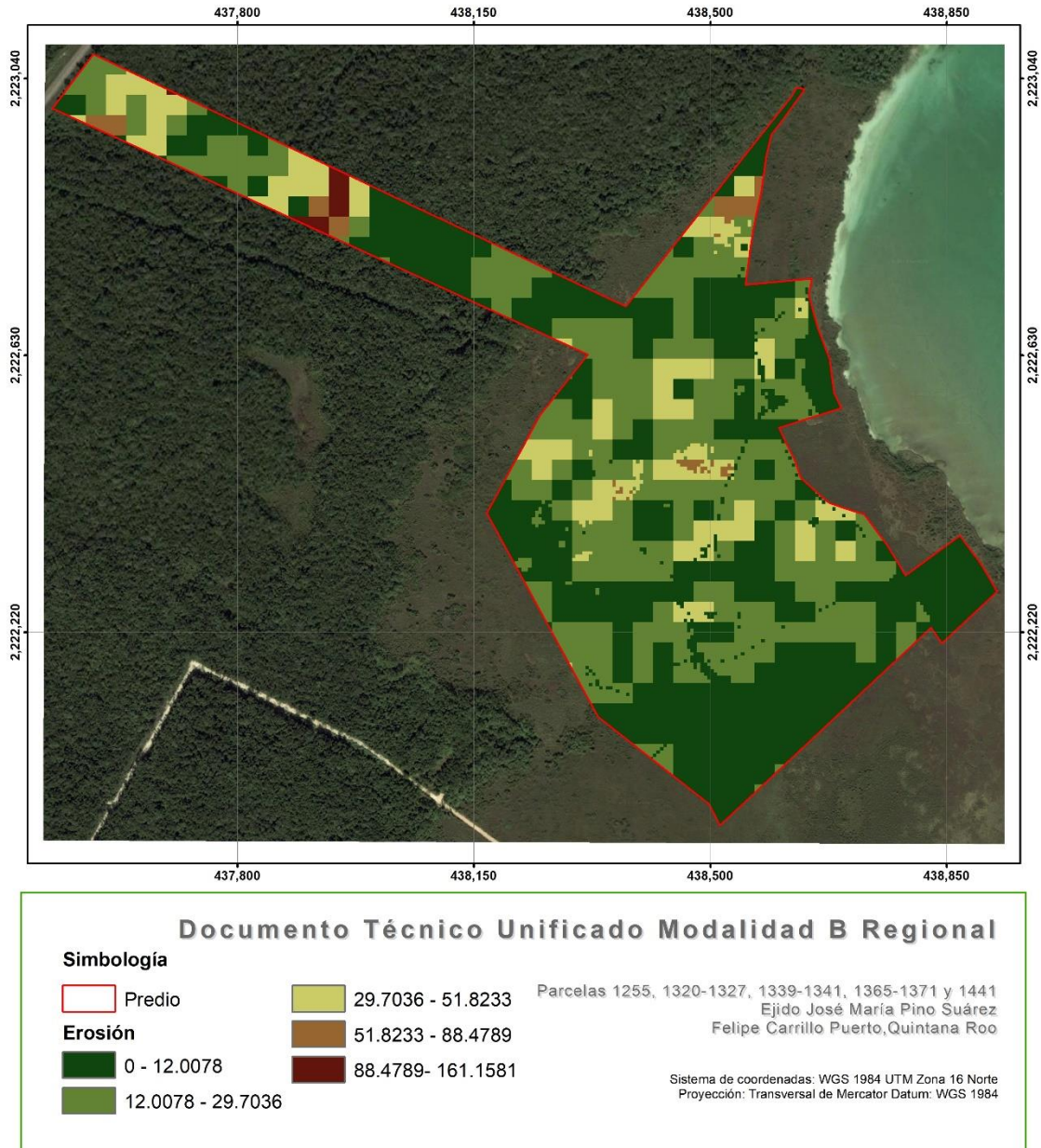
TIPO DE VEGETACIÓN	FACTOR C
Palmar inducido	0.340
Palmar natural	0.340
Pastizal gipsófilo	0.260
Pastizal halófilo	0.260
Pastizal inducido	0.100
Pastizal natural	0.260
Selva baja caducifolia	0.170
Selva mediana subcaducifolia	0.17
Selva mediana subperennifolia	0.17
Vegetación halófila	0.340

#### IV.4.7.5 Factor P

Este factor hace referencia al efecto que tienen las prácticas de manejo y conservación de suelos en la erosión hídrica. Dichas prácticas son diversas y van desde el mantenimiento de acolchados hasta obras de muros con gaviones. Dado que actualmente el predio no cuenta con ninguna de dichas prácticas este factor de valoró como **1**.

#### IV.4.7.6 Erosión del predio en condiciones naturales

Una vez realizados los cálculos de cada uno de los factores de la EUPS, se llevó a cabo la estimación de la erosión actual del predio a través de la multiplicación de los mismos, con el método cualitativo a partir del uso de la herramienta *Raster Calculator*. Como resultado se tiene que en el predio se presentan tasas de erosión que van desde 0 a 161.15 ton/ha/año, resultando en una tasa media anual de **20.1 ton/ha.año**, tal cual se muestra en la **Figura IV:58**



*Figura IV:58. Mapa de erosión actual dentro del predio.*

En la superficie se presenta una tasa de erosión con un rango de 0 a 161.15 ton/ha/año, la tasa media para la superficie total es de **20.1 ton/ha/año**, esto de acuerdo con el histograma de frecuencia de tasas presentado en la **Figura IV:59**.



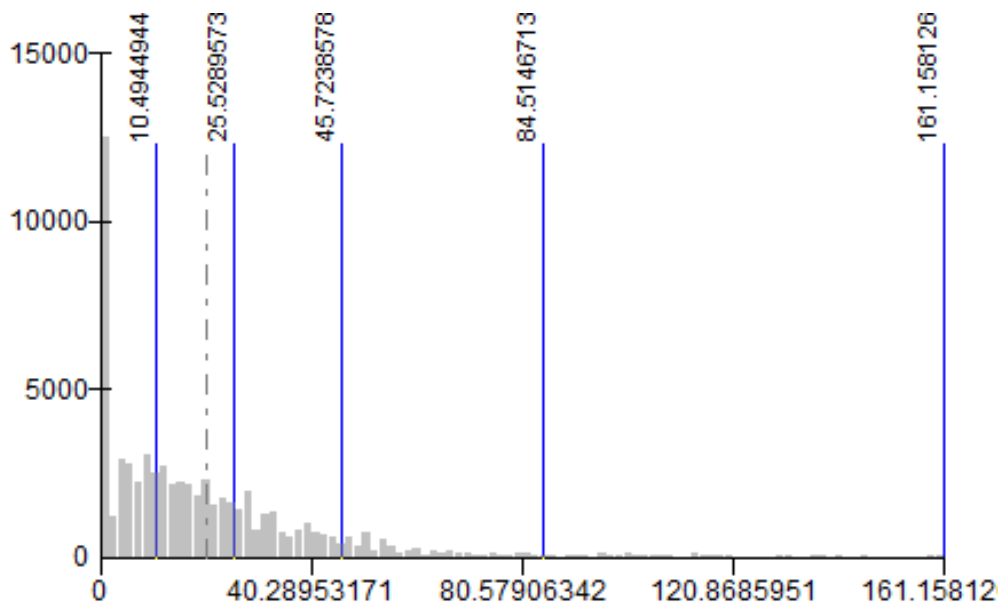


Figura IV:59. Histograma para la distribución de las tasas de erosión actual en el predio. El valor promedio es de 20.1 ton/ha/año (línea gris punteada).

En el **Cuadro IV:80** se plasman los valores establecidos para cada uno de los factores de la Ecuación Universal de pérdida de suelo, que le corresponde al tipo de vegetación presente en el predio. Los resultados de estos cálculos muestran una erosión de 16.44 m<sup>3</sup>/ha/año.

Cuadro IV:80. Factores asignados para obtener el promedio anual de pérdida de suelo en el predio del proyecto.

Vegetación	Factor R	Factor K	Factor LS	Factor C	R*K*LS* C	Superficie (m <sup>2</sup> )	Superficie (ha)	Erosión (uso)
Selva mediana subperennifolia	11,136.05	0.02	0.58	0.18	23.13	75,093.17	7.51	173.69
Marisma de zacate	11,136.05	0.02	0.58	0.12	15.42	33,9470.94	34.89	523.46
					38.55	42,4327.14	42.40	697.15
Tasa de erosión								16.44

Con el fin de establecer un marco de referencia para la definición de la fragilidad de los suelos presentes en el predio se considera el riesgo de erosión como un indicador de la fragilidad de los mismos, indicador que posee una relación teórica directamente proporcional con la fragilidad. En este sentido, de acuerdo con las valoraciones establecidas por la FAO (1980), (**Cuadro IV:81**), la denominación para la erosión presentada en el predio es moderada, ya que los resultados del cálculo de riesgo de erosión sin proyecto por medio de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos así lo indica.

**Cuadro IV:81. Denominación para distintos rangos de erosión.**

Tasa de erosión (ton/ha/año)	Denominación
0 - 5	Nula
5 – 10	Ligera o incipiente
<b>10 – 50</b>	<b>Moderada</b>
50 – 200	Severa
> 200	Muy severa

#### **IV.4.7.7 Erosión del predio con proyecto**

Por otra parte, llevando a cabo el cálculo de erosión potencial del predio con las modificaciones que implicaría el proyecto se tiene que los factores K, R, LS y P no tendrían ningún cambio a diferencia del factor C, el cual se verá modificado por la instalación del proyecto en las áreas que tengan presencia de vegetación.

El factor C, que al ser el correspondiente a la cobertura vegetal, se modificará con las obras y actividades del proyecto, por lo cual los valores de C asignados corresponden a los plasmados en el **Cuadro IV:82**.

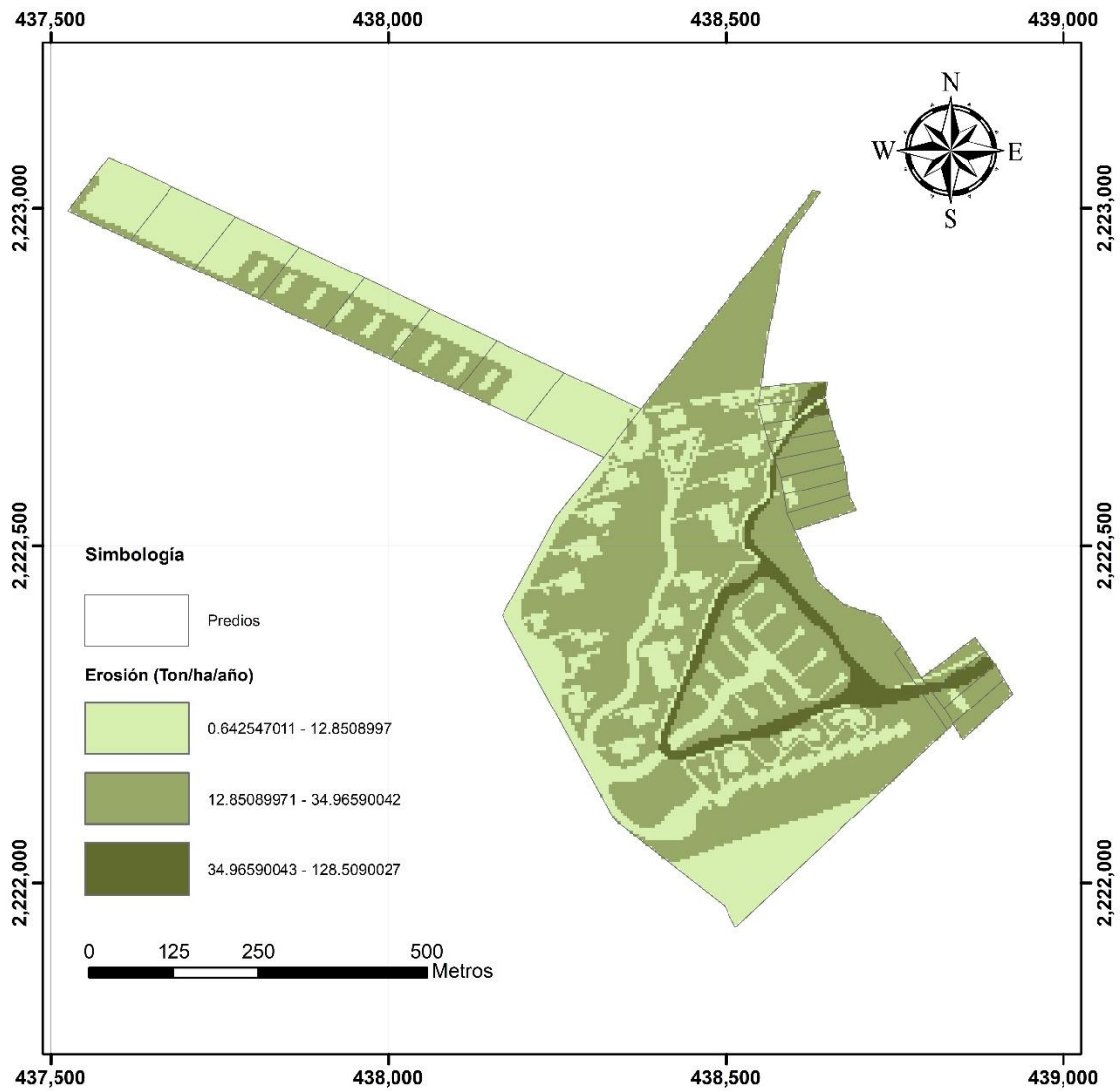
**Cuadro IV:82. Valor del Factor C para la estimación de erosión con la presencia del proyecto.**

Tipo de vegetación y uso de suelo	Valor de c
Pastos y frutales	0.12
Selva mediana y baja	0.18
Zona Urbana	0.005

Se asignó el valor 0.12 en C para las zonas con pastizales, el valor 0.18 para la cobertura de Selva mediana subperennifolia (Arellano, 1994) y 0.005 para las áreas con construcción (Montes-León, et al., 2011)<sup>160</sup>.

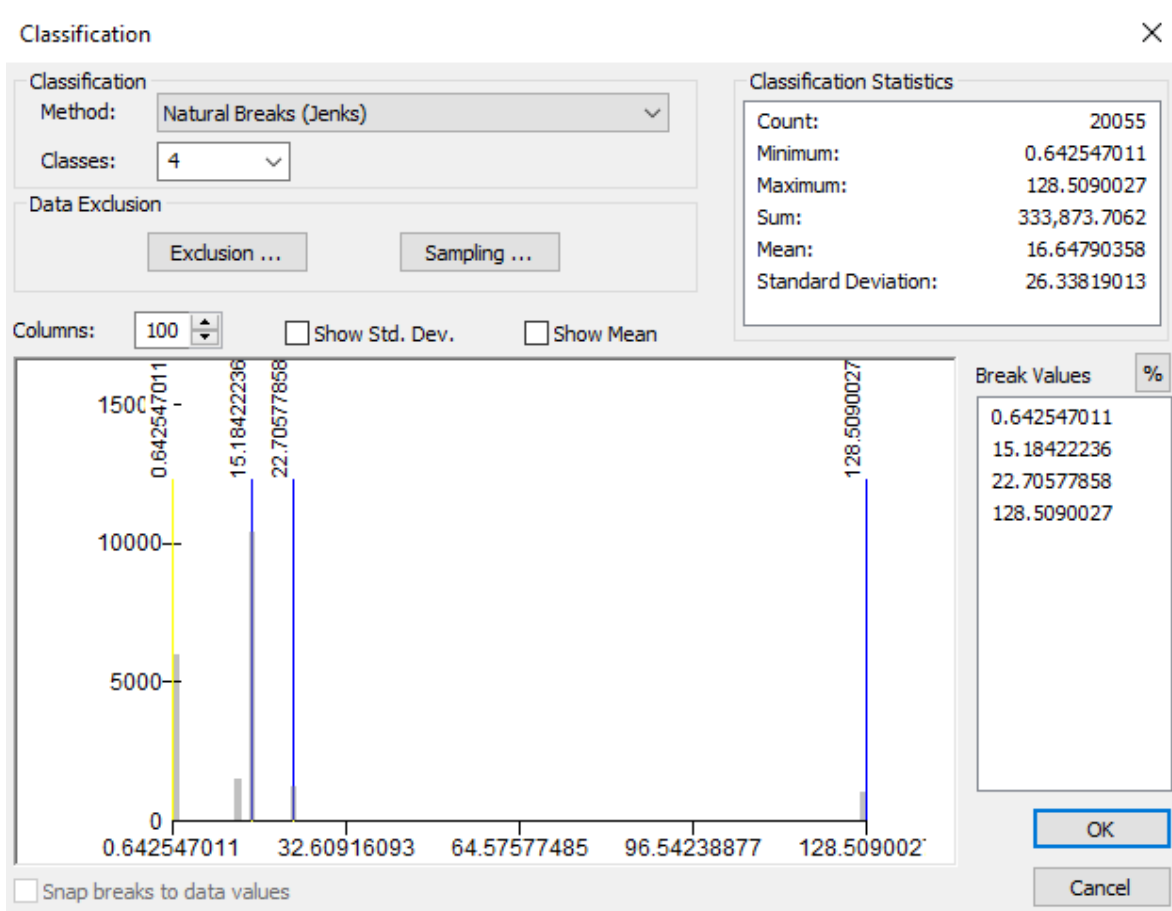
Una vez generado el análisis, el resultado obtenido se plasma en el mapa de la **Figura IV:60**, se obtuvo un rango de 0.64 a 128.50 ton/ha/año.

<sup>160</sup> Montes-León, Montes-León, M. A.; Uribe-Alcántara, E. M. y García-Celis, E. 2011. Mapa Nacional de erosión potencial. Tecnología y ciencias del agua, 2(1), pp. 5-17.



*Figura IV:60. Mapa de erosión con respecto al proyecto*

La tasa media de erosión es de **16.65 ton/ha/año**, esto de acuerdo con el histograma de frecuencia de tasas presentado en la **Figura IV:61**.



*Figura IV:61. Histograma para la distribución de las tasas de erosión actual en el predio. El valor de erosión promedio es de 19.21 ton/ha/año (línea gris punteada)*

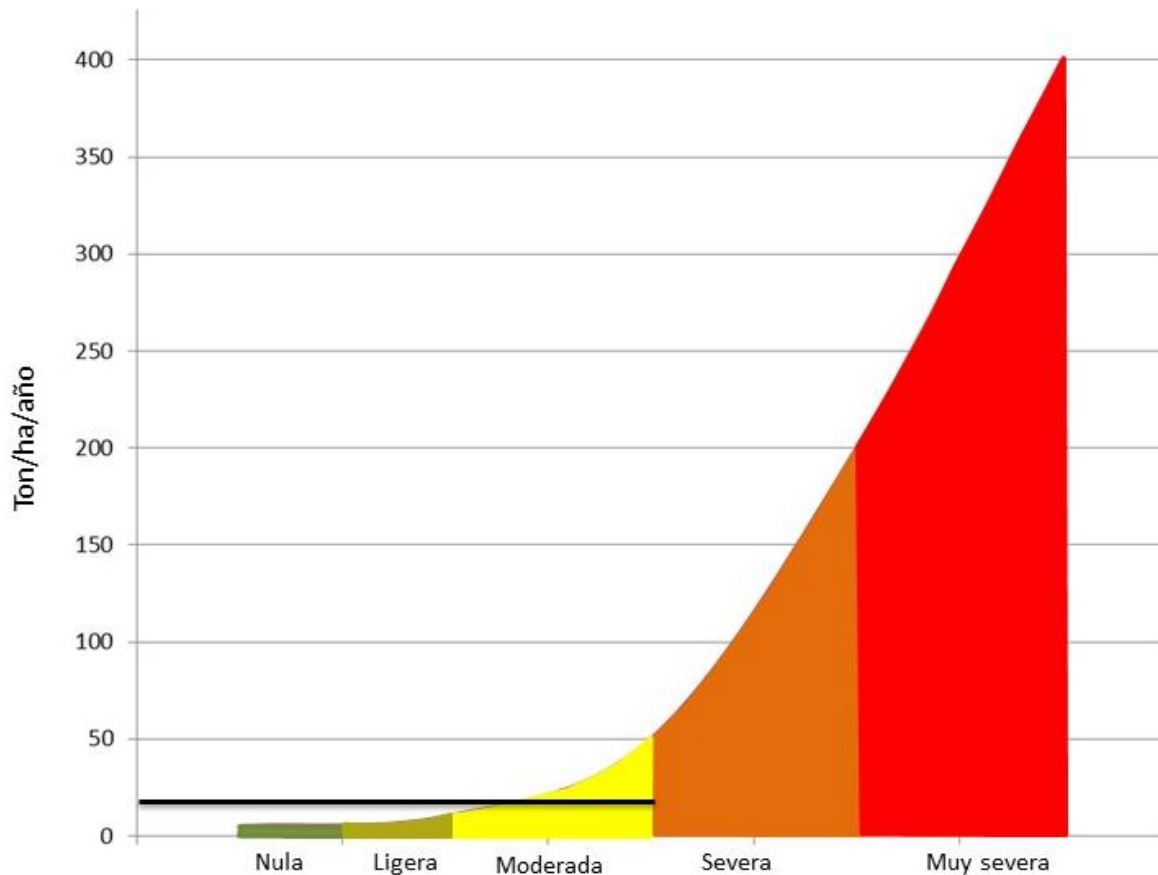
En el **Cuadro IV:83** se presentan los valores para los factores K, LS y C de acuerdo con los usos de suelo contemplados en el proyecto y la superficie de área verde correspondiente a cada uno de con respecto a las restricciones establecidas en el POET.

**Cuadro IV:83. Tasa de erosión para los usos de suelo del proyecto.**

Uso	Superficie Ha	Factor R	Factor K	Factor LS	Factor C	Factor P	R*K*LS*C*P	Erosion/uso
Alberca	0.44	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	0.28
Andador	0.10	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	0.07
Andador deck	1.10	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	0.70
Andador peatonal	0.28	11,136.05	0.02	0.58	0.10	1.00	12.85	3.57
Área pública	0.09	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	0.06
Área verde ajardinada	0.82	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	0.52
Camellones	0.44	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	0.28
Canal	1.87	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	1.20
Cárcamo	0.15	11,136.05	0.02	0.58	1.00	1.00	128.51	19.89
Club de playa	0.15	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	0.10

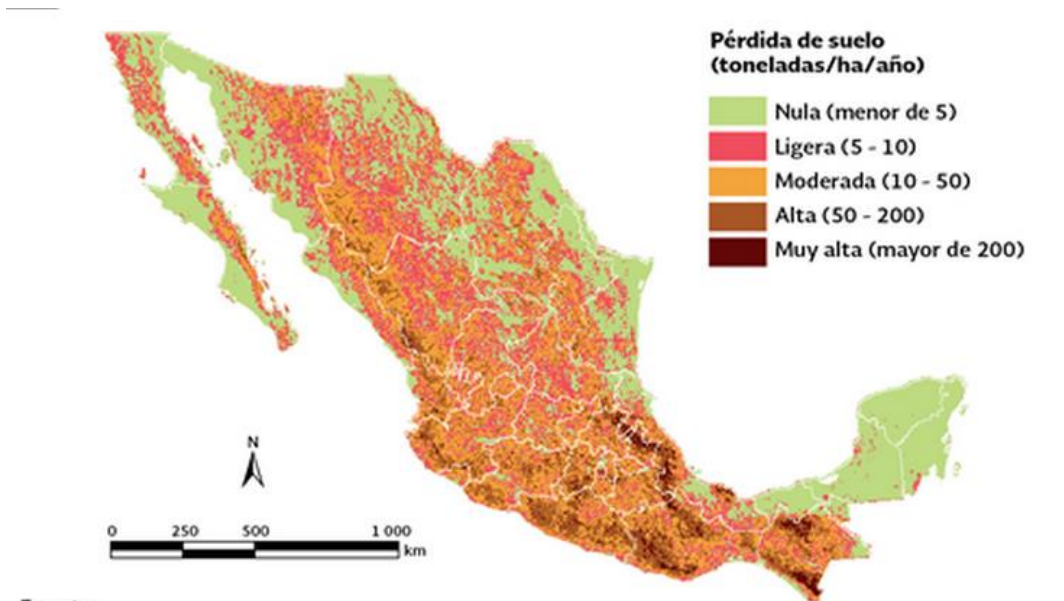
Uso	Superficie Ha	Factor R	Factor K	Factor LS	Factor C	Factor P	R*K*LS*C*P	Erosion/uso
Desplante	2.17	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	<b>1.39</b>
Estacionamiento	1.12	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	<b>0.71</b>
Glorieta	0.01	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	<b>0.01</b>
Hotel	0.62	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	<b>0.39</b>
Mercado	0.76	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	<b>0.49</b>
Motor Lobby	0.03	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	<b>0.02</b>
Planta de tratamiento	0.08	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	0.05
Puente	0.10	11,136.05	0.02	0.58	0.10	1.00	12.85	1.23
Área libre en selvas	2.52	11,136.05	0.02	0.58	0.18	1.00	23.13	58.18
Área libre en marisma	23.86	11,136.05	0.02	0.58	0.18	1.00	23.13	551.89
Vialidades internas	5.71	11,136.05	0.02	0.58	0.12	1.00	15.42	87.99
Total general	42.40	11,136.05	0.02	0.58	0.01	1.00	0.64	27.13
							226.13	756.14
							Tasa de erosión	<b>17.83</b>

Con base en los resultados obtenidos, el cálculo de erosión con el proyecto se tiene que en el predio se presenta un nivel de erosión media anual moderada con **17.83 ton/ha/año**, (**Figura IV:62**), no se sobrepasa la erosión estimada sin la presencia del proyecto. Por el contrario, se redujo considerando que, en el escenario con proyecto, se contemplan áreas de conservación con vegetación natural que representan más del 60% (64.5%) de la superficie total del predio como una medida de mitigación, además de que algunas obras como las vialidades de terracería en realidad eliminan la erosión al eliminar el suelo natural.



*Figura IV:62. Nivel de erosión del predio con respecto a la tasa de pérdida de suelo. Fuente: Elaboración propia con base en lo establecido por la FAO (1980).*

A nivel nacional los suelos de la Península de Yucatán, y por consiguiente los suelos presentes en el predio de estudio, presentan un menor riesgo de erosión (**Figura IV:63**), lo cual, haciendo alusión a la relación teórica entre el nivel de erosión y la fragilidad de los suelos, indica que son tierras mucho menos frágiles.



**Fuente:**  
Elaboración propia con datos de:  
Semarnat y UACH. *Evaluación de la pérdida de suelos por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana, escala 1: 1 000 000. Memoria 2001-2002. México, 2003.*

*Figura IV:63. Grado de erosión a nivel nacional (SEMARNAT-UACH, 2003)*

Bolano, (2016)<sup>161</sup> especifica que el país muestra que el 76% de la superficie nacional tiene algún grado de afectación por erosión hídrica. En la **Figura IV:64** se plasma que el territorio del estado de Quintana Roo presenta un suelo estable.

<sup>161</sup> Bolano, G. M. e. a., 2016. Mapa de erosión de los suelos de México y posibles implicaciones en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo. *Terra Latinoam* [online]., 34(3), pp. 271-288.

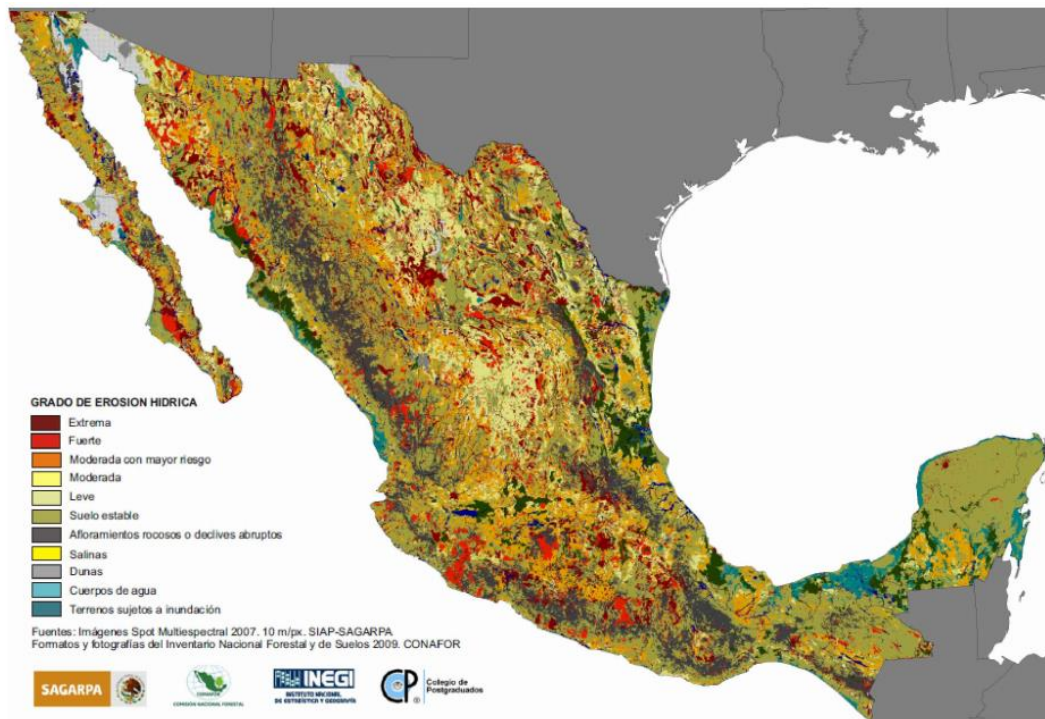


Figura IV:64. Mapa Nacional de Erosión, escala 1:50,000. (SAGARPA-INEGI-CONAFOR-COLPOS, 2009)<sup>162</sup>.

En razón de lo anterior, es posible afirmar que el grado de fragilidad de los suelos del predio es mucho menor al de la mayor parte de los suelos de la república, ya que, por ejemplo; Santacruz (2011), encontró que la erosión hídrica en microcuencas de Chiapas bajo diferentes escenarios de vegetación y uso de suelo puede pasar de **3,425.8 a 31,973.8 ton/ha/año**.

La ubicación geográfica y topográfica de la región, permiten que el suelo permanezca estable, sin embargo, el estado de Quintana Roo es una zona que presenta diversos fenómenos meteorológicos que pueden acelerar el proceso de erosión hídrica, así como el crecimiento en infraestructura turística, el cual conlleva al retiro de la cobertura vegetal. Para mitigar la posible erosión hídrica, se contempla que se destinarán áreas de conservación de vegetación en el 64.5 % de la superficie destinada para el proyecto.

#### IV.4.8 Paisaje y recreación

Para llevar a cabo una valoración del paisaje actual en la zona donde se llevará a cabo el cambio de uso de suelo se implementó un método indirecto de valoración de categorías estéticas utilizado por el Bureau of Land Management de los Estados Unidos (U.S.D.I.,

<sup>162</sup> SAGARPA-INEGI-CONAFOR-COLPOS, 2009. Documento de Referencia para la Estimación de la Erosión Actual del Suelo en México.



Bureau of Land Management, 1980)<sup>163</sup>. En el cual se valora en un paisaje aspectos como la morfología, vegetación, existencia o no de agua, color, rareza, entre otros, asignando unos valores ya establecidos para cada uno de ellos según se propone en el **Cuadro IV:84** (Viñals, 2002).

Cuando se suman las diferentes puntuaciones se pueden establecer tres intervalos de los valores según la calidad visual, de tal forma que los paisajes con puntuación entre 19 y 33 son considerados de máxima calidad, los paisajes entre 12 y 18 de calidad media y entre 0 y 11 de calidad baja.

**Valor Calidad = morfología + vegetación + agua + color + fondo escénico + rareza + acción antrópica.**

*Cuadro IV:84. Criterios para la evaluación de la calidad escénica del paisaje.*

Componente	Criterios	Valor
Morfología	Relieve con pendiente muy marcada (acantilados, agujas, grandes formaciones rocosas); o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado, o sistemas de dunas, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominante.	5
	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales.	3
	Colinas suaves, pendiente plana, pocos o ningún detalle singular.	1
Vegetación	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución.	5
	Cierta variedad en la vegetación, pero solo uno o dos tipos.	3
	Escasa o ninguna variedad o contraste en la vegetación.	1
Agua	Factor dominante en el paisaje, limpia y clara, aguas cristalinas o espejos de agua en reposo.	5
	Agua en movimiento o reposo, pero no dominante en el paisaje.	3
	Ausente o inapreciable.	0
Variabilidad cromática	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables entre suelo, vegetación, roca, agua y nieve	5
	Alguna variedad e intensidad en los colores y contraste del suelo, roca y vegetación, pero no actúa como elemento dominante	3

<sup>163</sup> U.S.D.I., Bureau of Land Management, 1980. Visual resource management program. Washington D.C.: Government Printinf Office.

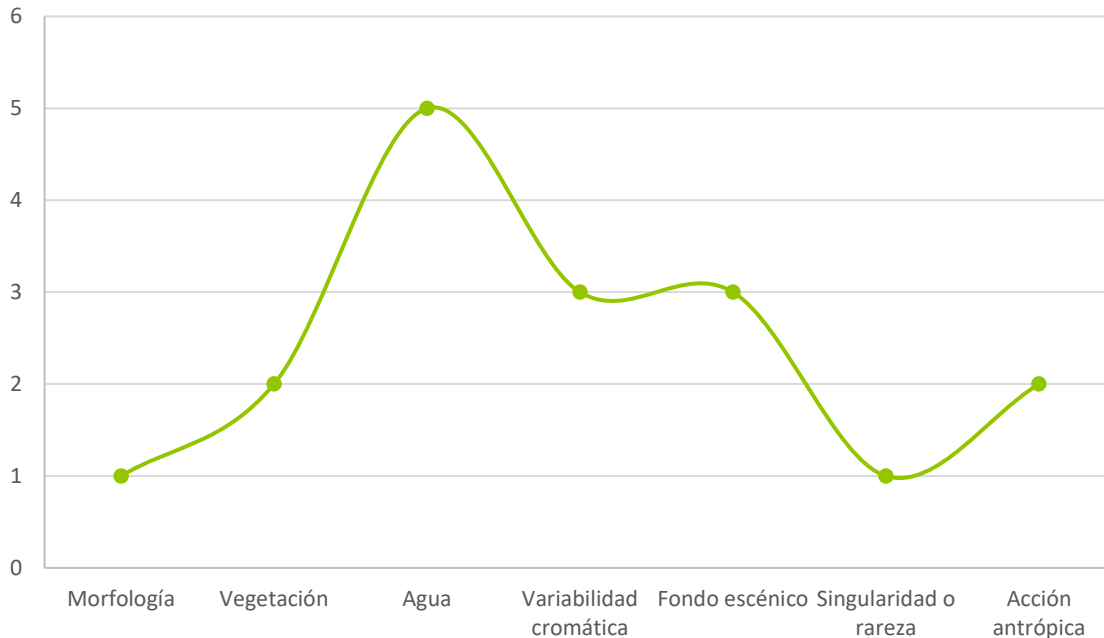
Componente	Criterios	Valor
	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados.	1
Fondo escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual.	5
	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto	3
	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto	1
Singularidad o rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna y vegetación excepcional.	6
	Característico, o aunque similar a otros en la región	2
	Bastante común en la región	1
Acción antrópica	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual	2
	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual.	0
	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica	0

Fuente: Bureau of Land Management (1980).

Como resultado de la valoración del paisaje con los parámetros descritos en el cuadro anterior se tiene que el predio presenta una calidad del paisaje media (**VCP= 12, Cuadro IV:85 y Figura IV:65**).

*Cuadro IV:85. Resultados de la valoración de la calidad del paisaje de acuerdo con el método BLM (1980).*

Factor	Valor de Calidad del Paisaje
Morfología	1
Vegetación	2
Agua	5
Variabilidad cromática	3
Fondo escénico	3
Singularidad o rareza	1
Acción antrópica	2
<b>Total</b>	<b>17</b>



*Figura IV:65. Representación gráfica de la calidad escénica del paisaje del predio.*

Otro parámetro considerado para la valoración del paisaje es la capacidad de absorción del mismo, el cual según Viñals (2002)., es el concepto inversamente proporcional u opuesto a la “fragilidad o vulnerabilidad” visual y se puede medir a en función de la valoración de factores como la pendiente, la diversidad de la vegetación, la estabilidad y erosionabilidad del suelo, la regeneración potencial de la vegetación, etc., a través de la expresión propuesta por Yeomans (1986).

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

*Donde:*

*P = Pendiente*

*D = Diversidad de vegetación*

*E = Erosionabilidad*

*V = Actuación humana*

*R = Potencial*

*C = Contraste de color*

La escala de referencia para la estimación de la capacidad de absorción del paisaje define tres categorías: Baja (CAV < 15), Media (CAV > 15 y <30) y Alta (CAV > 30). La valoración nominal y numérica para las variables descritas se presente en el **Cuadro IV:86**.

**Cuadro IV:86. Valores de la capacidad de absorción visual (C.A.V.).**

Factor	Características	Valores de C.A.V.	
		Nominal	Número
Pendiente (P)	Inclinado (pendiente>55%)	Bajo	1
	Inclinación suave (25-55% pendiente)	Moderado	2
	Poco inclinado (0-25% pendiente)	Alto	3
Diversidad de vegetación (D)	Vegetación escasa	Alto	3
	Hasta dos tipos de vegetación	Moderado	2
	Diversificada	Bajo	1
Estabilidad del suelo y erosionabilidad (E)	Restricción alta derivada de riesgos altos de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial	Bajo	1
	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y regeneración potencial	Moderado	2
	Poca restricción por riesgos bajos de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial	Alto	3
Contraste de color (V)	Elementos de bajo contraste	Bajo	1
	Contraste visual moderado	Moderado	2
	Contraste visual alto	Alto	3
Potencial estético (R)	Potencial bajo	Alto	3
	Potencial moderado	Moderado	2
	Potencial alto	Bajo	1
Actuación humana (C)	Fuerte presencia antrópica	Alto	3
	Presencia moderada	Moderado	2
	Casi imperceptible	Bajo	1

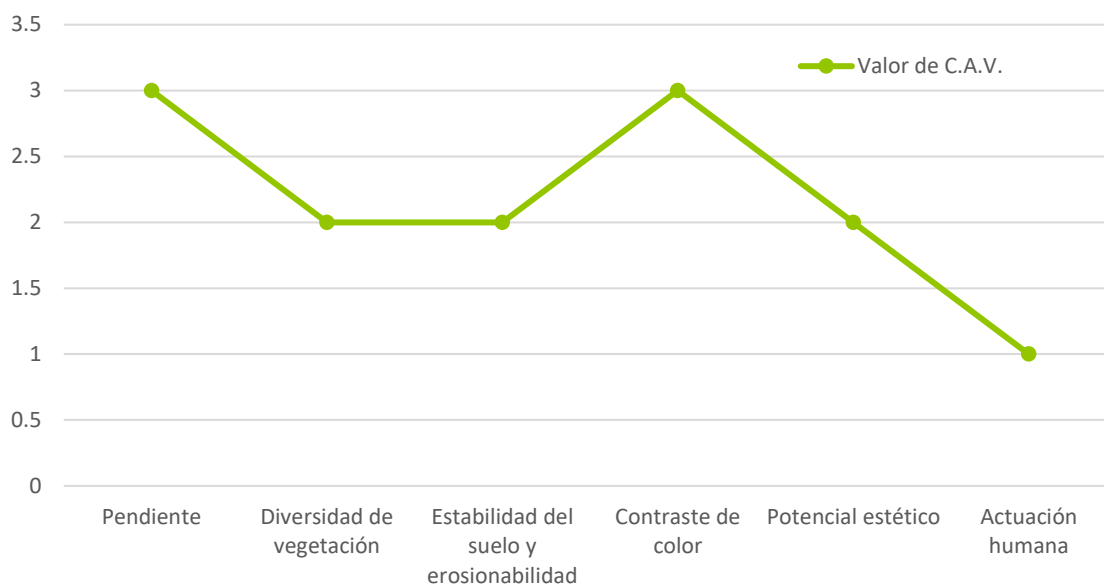
Fuente: Yeomans (1986).

En el **Cuadro IV:87 y Figura IV:66** se presentan los valores que posee el predio para cada uno de los parámetros que definen la capacidad de absorción visual.

**Cuadro IV:87. Valores de la capacidad de absorción visual del predio.**

Factor	Valor de C.A.V.
Pendiente	3
Diversidad de vegetación	2
Estabilidad del suelo y erosionabilidad	2
Contraste de color	3

Factor	Valor de C.A.V.
Potencial estético	2
Actuación humana	1
<b>Total</b>	<b>30</b>



*Figura IV:66. Representación gráfica de la capacidad de absorción visual del predio.*

Considerando los resultados de la calidad del paisaje y su capacidad de absorción visual, se concluye que el paisaje presente en el predio tiene una calidad media, por tanto, el servicio ambiental que presta el ecosistema forestal en este rubro es no es muy alto. Además, dadas las características evaluadas tiene una mediana capacidad de absorción de los cambios que en este se puedan manifestar, por tanto, la afectación o decremento de este servicio ambiental no será considerable, más aún si se toma en cuenta que en las áreas verdes contempladas por el proyecto no se removerán los individuos arbustivos ni arbóreos.

## IV.5 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Entre las causas que hacen de México un país de gran diversidad biológica está la topografía, la variedad de climas y una compleja histórica geológica. Estos factores han contribuido a formar un mosaico de condiciones ambientales y micro ambientales que promueven una gran variedad de hábitat y formas de vida. El territorio mexicano es considerado por los biogeográficas como la zona de transición entre dos grandes regiones: La neotropical (constituida por Sudamérica y centro América y la Neártica (que corresponde a

Norteamérica), las cuales hicieron contacto hace aproximadamente seis millones de años. Debido a esto, México constituye una zona biogeográficamente compuesta, donde el contacto entre biotas ancestrales ha dado como resultado una rica mezcla de fauna y flora del norte y del sur del continente (Randell, 2008)<sup>164</sup>

La estructura y el funcionamiento de los ecosistemas varían a través del tiempo. La fisonomía y la composición específica de la comunidad biótica, así como el flujo de la energía y la circulación de nutrientes, sufren cambios direccionales, continuos y no estacionales denominados sucesión. A lo largo de la sucesión disminuye la abundancia de algunas especies y aumenta la de otras. Uno de los tipos de sucesión es la secundaria, es un cambio, ocurre cuando la comunidad es destruida o disturbada (incendio, una labranza, etc.), pero la composición biótica previa influye en el curso del proceso sucesional (**Figura IV:67**).



*Figura IV:67. Sucesión de comunidades vegetales.*

El sistema ambiental estudiado en este apartado (microcuenca Chumpón) comprende un porcentaje de 32.58% de selvas secundarias arbóreas y arbustivas, 40.6 % de selvas primarias, y 19.89 % de vegetaciones asociadas a humedales (tular y manglar); con respecto al total de la superficie de la misma, con este supuesto se puede deducir que gran parte de la microcuenca se encuentra en estado de recuperación, es decir, que en alguna etapa de crecimiento de la vegetación se vio perturbada. Una de las causantes de perturbación de vegetación en la península de Yucatán es por la incidencia de incendios forestales, y sobre todo por la presencia de los fenómenos meteorológicos como lo son los huracanes, tal es el caso probable del área de estudio.

---

<sup>164</sup> Randell BJ. 2008. Ordenamiento Ecológico Territorial en los Municipios donde se Ubica el Parque Nacional Los Mármoles. México.

De acuerdo con el estudio realizado por Islebe *et al.* (2009)<sup>165</sup> después del paso del huracán Dean la vegetación de selva mediana fue la más dañada, fue completamente defoliada, las especies de clases diamétricas entre 20-30 cm fueron las más dañadas con una reducción en el área basal de 10 a 15 %. A pesar de que la recuperación fue rápida eso es uno de los indicios de perturbación en la vegetación en la microcuenca.

El sistema ambiental presenta un nivel bajo de perturbación y alto nivel de conservación, ya que se encuentra poco desarrollada en términos de infraestructura y actividades humanas, ya que solo el 0.31% de la superficie total de la microcuenca está ocupado por uso de suelo urbano construido, de acuerdo con la nomenclatura del INEGI; Sin embargo, esta superficie de uso de suelo urbano construido está constituida por 82 comunidades rurales y no cuenta con localidades urbanas.

---

<sup>165</sup> Islebe AG, Torres cano VN, Valdez HM, Tuz NM y Weissenberger. Efectos de Impacto del Huracán Dean en la Vegetación del Sureste de Quintana Roo, México. Foresta veracruzana.

# V IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

---

La metodología utilizada para la evaluación de los impactos previstos en el predio por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales es la propuesta por Conesa Fernández (1997)<sup>166</sup> (1997) y Gómez-Orea (1999)<sup>167</sup>, que consiste primero en identificar las acciones que pueden causar impactos sobre uno o más factores del medio susceptibles de recibirlos; en segundo término, se procede a identificar estos factores ambientales; y por último se valoran los impactos para determinar su grado de importancia. En los siguientes apartados se describe la metodología general empleada para la identificación y evaluación de los impactos ambientales del proyecto. En el anexo relacionado con la metodología, se describe el método propuesto con mayor detalle.

## V.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS

### V.1.1 Identificación de las acciones que pueden causar impactos al ambiente

De entre toda la gama de acciones que intervienen en la relación causa-efecto que define un impacto ambiental, susceptibles de producir impactos concretos en cualquiera de las etapas del proyecto, se deben seleccionar aquellas que sean relevantes, excluyentes/independientes, fácilmente identificables, localizables y cuantificables (Gomez, 1999), ya que algunas de ellas no son significativas desde el punto de vista ambiental porque no modifican o alteran el ambiente o los recursos naturales, o bien porque su efecto es bajo o se puede anular con la adecuada y oportuna aplicación de medidas de prevención o mitigación.

De acuerdo con la metodología utilizada, se identifican las acciones diferenciando aquellos que correspondan al proyecto de manera estructurada considerando los aspectos que se muestran en el **Cuadro V:1**.

---

<sup>166</sup> Conesa Fernández, V., 1997. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. 3a ed. s.l.:Ediciones Mundiprensa.

<sup>167</sup> Gómez Orea, D., 1999. Evaluación del Impacto Ambiental: un instrumento preventivo para la gestión ambiental. España: Coedición Ediciones Mundi-Prensa y Editorial Agrícola Española, S.A.



**Cuadro V:1. Aspectos considerados.**

---

<b>TIPOS DE ACCIONES</b>
<b>1. Acciones que modifican el uso del suelo</b>
- Por nuevas ocupaciones
- Por desplazamiento de la población
<b>2. Acciones que implican emisión de contaminantes</b>
- A la atmósfera
- A las aguas continentales o marinas
- Al suelo
- En forma de residuos sólidos
<b>3. Acciones derivadas del almacenamiento de residuos</b>
- Dentro del núcleo de la actividad
- Transporte
- Vertederos
- Almacenes especiales
<b>4. Acciones que implican sobreexplotación de recursos</b>
- Materias primas
- Consumos energéticos
- Consumos de agua
<b>5. Acciones que implican sub-explotación de recursos</b>
- Agropecuarios
- Faunísticos
<b>6. Acciones que actúan sobre el medio biótico</b>
- Emigración
- Disminución
- Aniquilación
<b>7. Acciones que dan lugar al deterioro del paisaje</b>
- Topografía y suelo
- Vegetación
- Agua
- Naturalidad
- Singularidad
<b>8. Acciones que repercuten sobre las infraestructuras</b>
<b>9. Acciones que modifican el entorno social, económico y cultural</b>
<b>10. Acciones derivadas del incumplimiento de la normatividad ambiental vigente</b>

---

Para el caso del proyecto se consideraron las etapas de Preparación del sitio, Construcción y Operación y manteniendo.

A continuación, se presentan y se describen las acciones específicas relacionadas con las etapas del proyecto (**Cuadro V:2**).

**Cuadro V:2. Acciones específicas del Proyecto.**

ETAPA	SUBETAPA	ACTIVIDAD
PREPARACIÓN DEL SITIO	Desmante selectivo	Uso de motosierras
		Derribo de árboles
		Generación de excretas de los trabajadores
		Uso de combustibles
		Generación de residuos por el derribo de árboles
	Campamento temporal	Contrato de personal
		Consumo de agua
		Generación de residuos derivado del consumo humano
		Generación de excretas de los trabajadores
		Limpieza y mantenimiento del campamento
	Despalme	Uso de maquinaria
		Uso de combustibles
		Retiro de materia orgánica
		Generación de excretas de los trabajadores
		Contrato de personal
CONSTRUCCIÓN	Cimentación	Generación de residuos
		Técnica agua a presión en la laguna
		Excavación del suelo en el predio
		Generación de excretas de los trabajadores
		contratación de personal
	Albañilería y acabados	Generación de residuos
		Desplante de muros
		Construcción de muros
		Construcción de losa
		Generación de excretas de los trabajadores
	instalaciones	Generación de residuos
		Excavación del suelo para colocación de ductos
		Generación de excretas de los trabajadores
	Cancelería y carpintería	Generación de residuos
		Instalación de puertas y ventanas
barnizado		
Generación de excretas de los trabajadores		
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Operación	Generación de residuos
		Contratación de personal
		Generación de electricidad
		Consumo de agua
		Generación de aguas negras y jabonosas
	Mantenimiento	Limpieza de las instalaciones del hotel

### **V.1.2 Identificación de los factores ambientales del entorno susceptibles a recibir impactos**

El entorno está constituido por elementos y procesos interrelacionados, los cuales pertenecen a los siguientes sistemas: medio físico y medio socioeconómico y cultural (en lo sucesivo se omitirá este último término sobrentendiendo su inclusión en el medio socioeconómico). Estos sistemas, están constituidos por subsistemas: medio inerte, medio biótico y medio perceptual, por una parte; y medio sociocultural y medio económico por otra. A cada uno de los subsistemas pertenece una serie de componentes ambientales susceptibles de recibir impactos, entendidos como elementos, cualidades y procesos del entorno que pueden ser afectados por el proyecto, es decir, por las acciones impactantes consecuencia de aquél. Los componentes ambientales se descompondrán, a su vez, en un determinado número de factores ambientales que depende del grado de detalle con que se pretenda afrontar el estudio (Conesa Fernandez, 1997).

A cada factor medioambiental se asigna su medida de importancia relativa al entorno, medida en Unidad de Importancia (UIP), la cual se utiliza para efectuar ponderaciones en las estimaciones globales de los impactos (Soriano & Ruiz, 2015)<sup>168</sup>

Para seleccionar los componentes ambientales, tanto Gómez (Gómez-Orea, 1999), como Conesa Fernández (1997), coinciden en que deben considerarse los siguientes criterios:

- Ser representativos del entorno afectado, y por tanto del impacto total producido por la ejecución del Proyecto sobre el Medio.
- Ser relevantes, es decir, portadores de información significativa sobre la magnitud e importancia del impacto.
- Ser excluyentes, es decir, sin solapamientos ni redundancias.
- De fácil identificación tanto en su concepto como en su apreciación sobre información estadística, cartográfica o trabajos de campo.
- De fácil cuantificación, dentro de lo posible, ya que muchos de ellos serán intangibles o inconmensurables.

De los distintos elementos del entorno presentes en el predio y en el área de influencia de éste, solamente se perciben como afectables, consecuencia del cambio de uso de suelo en terreno forestal, la vegetación, la fauna, el agua, el suelo, el paisaje y la atmósfera, además del medio socioeconómico como población y economía.

---

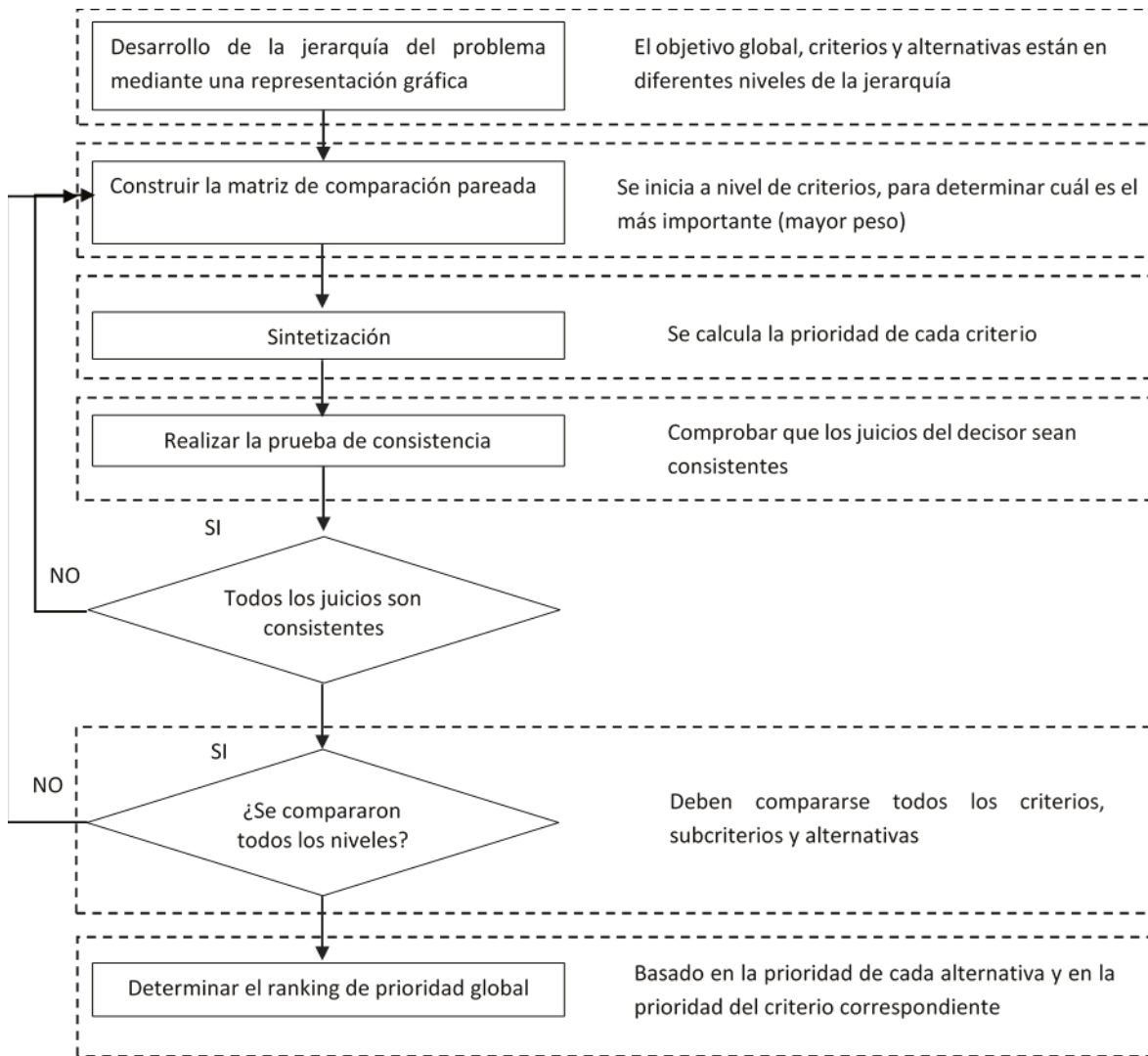
<sup>168</sup> Soriano, P. L. & Ruiz, L. E., 2015. Criterios de Evaluación de Impacto Ambiental en el Sector Minero.

Para establecer las UIP del entorno del proyecto, se utilizó el método Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) establecida por Thomas Saaty (1980)<sup>169</sup>. Este método proporciona la posibilidad de incluir datos cuantitativos relativos a las alternativas de decisión. El AHP trata directamente con pares ordenados de prioridades de importancia, preferencia o probabilidad de pares de elementos en función de un atributo común representado en la jerarquía de decisión.

Este método usa la “razón de consistencia” (RC) que debe ser menor de 0.10. Si  $RC \leq 0.10$  hay un nivel razonable de consistencia en la comparación por pares; si  $RC \geq 0.10$ , el valor indica juicios inconsistentes. Para esto se utilizó el software *SuperDesitions*, éste es un programa comercial que se utiliza para resolver problemas de Decisión Multicriterio, incluye solución de problemas de Procesos de Análisis jerárquico, el cual el proceso para la solución de un problema multicriterio está sujeto al esquema mostrado en la **Figura V:1**.

---

<sup>169</sup> Saaty, T., 1980. The Analytical Hierarchical Process, Planning, Priority Setting. New York: McGraw Hill Internacional Book Company



*Figura V:1. Proceso de modelación de un problema multicriterio, software SuperDesitions.*

Para realizar la matriz de comparación por pares se consideraron los componentes ambientales; el aire, el agua, el suelo, la flora, la fauna, el paisaje, la población y la economía. La representación gráfica del procedimiento en el Software SuperDesitions se ilustra en la **Figura V:2**.

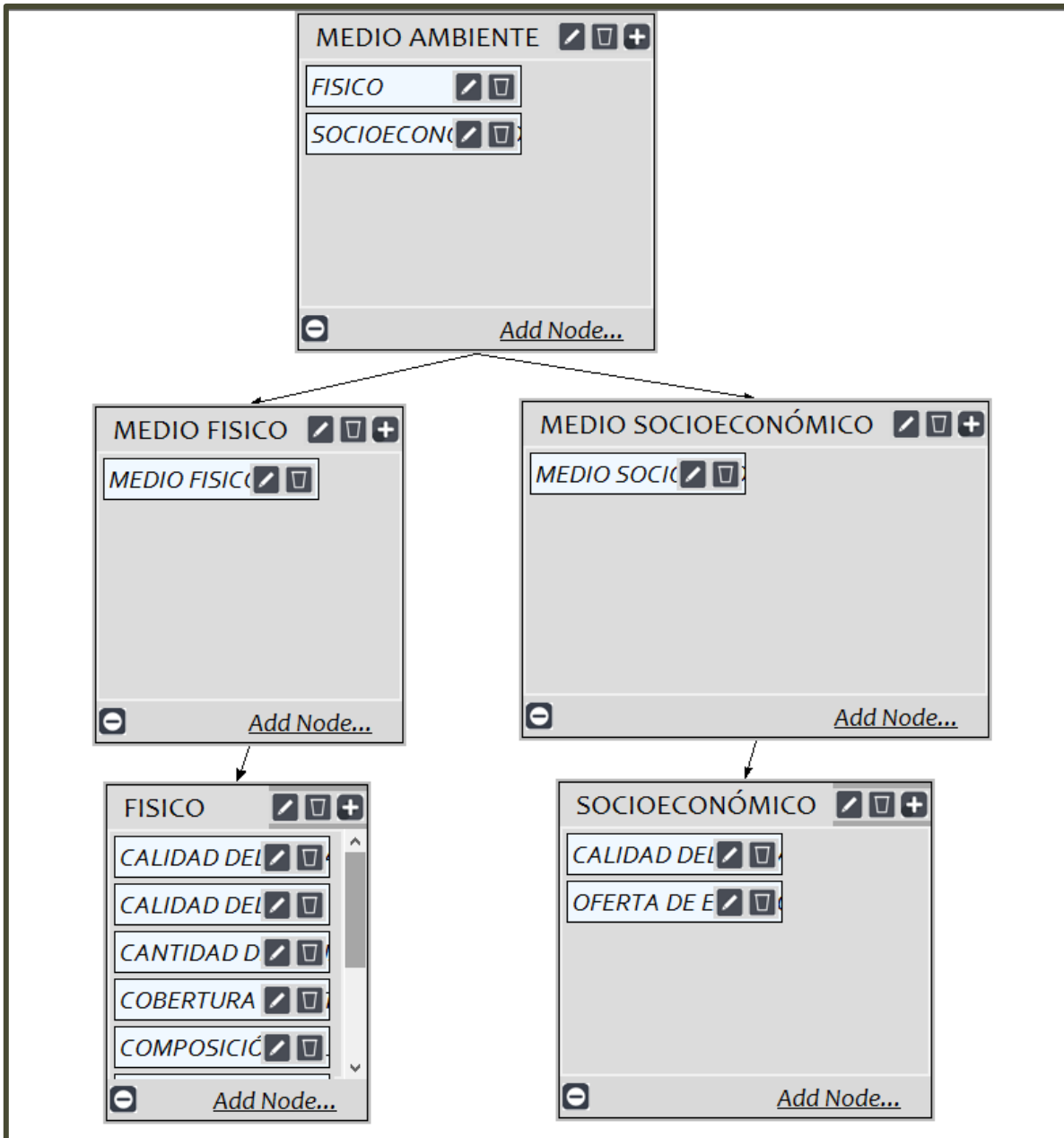


Figura V:2. Estructura de los componentes ambientales en el software SuperDesitions.

La matriz de comparación por pares de los componentes ambientales se ilustra en la **Figura V:3**.

1.	CALIDAD DEL ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	CALIDAD DEL ~
2.	CALIDAD DEL ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	CANTIDAD DE ~
3.	CALIDAD DEL ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	COBERTURA VE~
4.	CALIDAD DEL ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	COMPOSICIÓN ~
5.	CALIDAD DEL ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	FLUJO HIDROL~
6.	CALIDAD DEL ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	PERMEABILIDA~
7.	CALIDAD DEL ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	POBLACIONES ~
8.	CALIDAD DEL ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	CANTIDAD DE ~
9.	CALIDAD DEL ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	COBERTURA VE~
10.	CALIDAD DEL ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	COMPOSICIÓN ~
11.	CALIDAD DEL ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	FLUJO HIDROL~
12.	CALIDAD DEL ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	PERMEABILIDA~
13.	CALIDAD DEL ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	POBLACIONES ~
14.	CANTIDAD DE ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	COBERTURA VE~
15.	CANTIDAD DE ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	COMPOSICIÓN ~
16.	CANTIDAD DE ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	FLUJO HIDROL~
17.	CANTIDAD DE ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	PERMEABILIDA~
18.	CANTIDAD DE ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	POBLACIONES ~
19.	COBERTURA VE~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	COMPOSICIÓN ~
20.	COBERTURA VE~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	FLUJO HIDROL~
21.	COBERTURA VE~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	PERMEABILIDA~
22.	COBERTURA VE~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	POBLACIONES ~
23.	COMPOSICIÓN ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	FLUJO HIDROL~
24.	COMPOSICIÓN ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	PERMEABILIDA~
25.	COMPOSICIÓN ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	POBLACIONES ~
26.	FLUJO HIDROL~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	PERMEABILIDA~
27.	FLUJO HIDROL~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	POBLACIONES ~
28.	PERMEABILIDA~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	POBLACIONES ~

Figura V:3. Matriz de comparacion por pares.

Una vez realizado la matriz de comparación, se calculó la prioridad de cada componente ambiental, estos resultados se presentan en la **Cuadro V:3**. En la columna de valor normalizado se presenta, el valor original dado por el modelo para cada componente, mientras en la columna de valor ponderado se muestra el valor calculado una vez repartidos los valores de importancia entre el medio físico (80%) y el medio socioeconómico (20%). Estos valores son los que se tomaron finalmente como unidades de importancia ponderada (UIP) para el cálculo del valor de importancia relativa.

**Cuadro V:3. Valor de las Unidades de Importancia Ponderada de los componentes ambientales.**

Nombre	Normalizado	Ponderado
Calidad del agua	0.176314997	0.141052
Calidad del aire	0.043338086	0.03467047
Cantidad de agua	0.106021071	0.08481686
Cobertura vegetal	0.251500631	0.2012005
Composición del suelo	0.056555661	0.04524453
Flujo hidrológico	0.150103034	0.12008243
Permeabilidad del suelo	0.064066085	0.05125287
Poblaciones de fauna	0.152100435	0.12168035
Calidad del paisaje	0.166666667	0.03333333
Oferta de empleos	0.833333333	0.16666667
		1

### V.1.3 Matriz de impactos

En esta sección se identifican los impactos que serán generados en las diferentes etapas del proyecto, para lo cual se seleccionó la propuesta por Conesa-Fernández (1997) y Gómez-Orea (1999). Esta metodología corresponde al tipo de matrices de interacción de causa-efecto, que se caracterizan como cuadros de doble entrada en una de las cuales se disponen las acciones del proyecto que causan impactos y en la otra los elementos o factores ambientales relevantes receptores de los efectos. En la matriz se señalan las casillas donde se puede producir una interacción, las cuales identifican impactos potenciales, cuya significancia habrá de evaluarse posteriormente.

El uso de esta metodología presenta las siguientes ventajas: relaciona factores ambientales con acciones; además de la identificación de los impactos, tiene la propiedad de evaluar, predecir y es relativamente fácil de elaborar, además de que constituye un buen método para mostrar resultados preliminares. Además de las ventajas generales que presentan los métodos basados en relaciones causa-efecto, el método propuesto se justifica por proveer una alta certidumbre en la identificación de impactos, una valoración que limita en gran medida la subjetividad al considerar criterios de manifestación cualitativa de los impactos para determinar su importancia y, la cuantificación de efectos con el uso de valores numéricos y su posterior transformación a unidades conmensurables de importancia final. La interpretación de los resultados, por su tratamiento numérico, es objetiva y fácil de comunicar.

La identificación de los impactos es principalmente la labor tendiente a detectar cuáles de las actividades asociadas al proyecto, producen alteraciones a las características de los factores ambientales. El objetivo de esta etapa de evaluación es tener una visión preliminar, de tipo indicativo y cuando mucho cualitativo, de la relación proyecto-entorno, es decir una



percepción inicial de aquellos efectos que pueden resultar más sintomáticos debido a su importancia para el entorno que nos ocupa, y servirá como marco de referencia para proceder con las siguientes fases de la evaluación, de acuerdo con Conesa Fernandez (1997) y Weitzenfeld (1996)<sup>170</sup>.

Como un primer paso para la identificación de los impactos se procedió a la etapa conocida como previsión de los efectos, la cual consiste en una primera aproximación al estudio de acciones y efectos sin entrar en detalles. Para esto se realizó una revisión bibliográfica sobre los impactos ambientales de proyectos de naturaleza similar al evaluado. En una revisión realizada por Johnson (2001)<sup>171</sup>, se indica que, entre los principales impactos relacionados con el crecimiento urbano, y que se podrán observar en el proyecto en evaluación se encuentran:

- La contaminación atmosférica.
- El decrecimiento del atractivo estético del paisaje.
- La reducción de la biodiversidad, áreas forestales y poblaciones de flora y fauna.
- El incremento del escurrimiento de aguas pluviales.
- La remoción de la vegetación nativa.
- Consumo de agua.
- Reducción de la calidad del agua.

Además de los impactos anteriores, se identifican los impactos relacionados con el trazo y nivelación, que implica la compactación y sellamiento superficial del suelo, tales como la reducción u obstaculización de los intercambios de energía, agua (reduciendo incluso su calidad) y gases y el incremento de la presión que se ejerce sobre las zonas no selladas adyacentes. Los efectos negativos van desde la pérdida de la producción vegetal, la contaminación y riesgos para la salud y por consiguiente, mayores costos sociales. Han sido identificadas diversas causas que pueden conducir a la impermeabilización de la superficie del suelo que incluyen la pérdida de la estructura debido al impacto de la lluvia o de labor del suelo, la dispersión de coloides y la compactación. Todas las causas impactan en la porosidad del suelo, ya sea reduciendo su cantidad o modificando su patrón. La modificación de los patrones de macroporos influye negativamente en la infiltración del

---

<sup>170</sup> Weitzenfeld, H., 1996. Manual Básico sobre Evaluación del Impacto en el Ambiente y la Salud. Segunda ed. s.l. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud División Salud y Ambiente, Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud.

<sup>171</sup> Johnson, M. P., 2001. Environmental Impacts of Urban Sprawl: a Survey of the Literature and Proposed Research Agenda. Environment and Planning A., 33(4), pp. 717-735.

agua, ya que son fundamentales en la determinación de la tasa de consumo de agua del suelo (Scalenghe & Marsan, 2009)<sup>172</sup>.

Continuando con la metodología aplicada, una vez identificadas las acciones susceptibles de producir impactos y los elementos ambientales susceptibles de recibirlos, y con base en la revisión bibliográfica se procede a identificar las interacciones entre estos, a través de la construcción de una matriz de tipo causa-efecto, la cual consiste en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figuran las acciones impactantes y en filas los factores ambientales (**Cuadro V:4**) A partir de esta fase del proceso, comienza la valoración cualitativa de los impactos.

**Cuadro V:4. Descripción de atributos de la matriz de importancia.**

Factores y componentes		Etapas											
		Construcción					Operación						
COMPONENTE	FACTOR	Camino de acceso	Canal (río artificial)	Cimentación (viviendas y hotel)	Albañilería (pisos, muros y losas)	Acabados	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Operación	Mantenimiento	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Operación del campamento de obra	Limpieza del terreno	Trazo y nivelación
Aire	Calidad												2
Fauna	Poblaciones												2
Suelo	Composición		1	1		1	2	2	4	1	1		
	Permeabilidad	1	2	1			1					1	1
Agua	Calidad		1					2			1		
	Flujo hidrológico		3										
	Disponibilidad							2					
Vegetación	Cobertura												1
Paisaje	Calidad visual			1	1								
Empleos	Oferta						1		2	1			

<sup>172</sup> Scalenghe, R. & Marsan, F., 2009. The Anthropogenic Sealing of Soils in Urban Areas. Landscape and Urban Planning, 90(1), pp. 1-10.

## V.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS

Una vez identificadas las acciones y los factores del medio que presumiblemente serán impactados por aquellas, se proceden a obtener una valoración cualitativa de los impactos, la cual corresponde a la fase de caracterización de los mismos. La caracterización de los impactos ambientales es un proceso de análisis previo a la valoración del impacto, en donde se examina y describe la relación entre las acciones del proyecto y factores ambientales, justificando la asignación de determinado valor a cada uno de los impactos, con base en los criterios establecidos por la propia metodología. El objetivo de esta etapa es contar con información que permita conocer la magnitud de los impactos ambientales.

De acuerdo con la metodología aplicada, el valor de importancia del impacto ambiental se establece mediante su valoración cualitativa en función de diferentes criterios o atributos del impacto los cuales son: naturaleza (NA), intensidad (IN), extensión (EX), momento (MO), persistencia (PE), reversibilidad (RV), sinergia (SI), acumulación (AC), efecto (EF), periodicidad (PR) y recuperabilidad (RC). Estos criterios se describen de forma detallada en el anexo relacionado con la descripción de la metodología empleada. En el **Cuadro V:5** se presenta la descripción de cada uno de los atributos.

*Cuadro V:5. Descripción de atributos de la matriz de importancia.*

ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	ESCALA	
<b>Signo</b>	Benéfico (+)	-	
	Perjudicial (-)		
	Previsible, difícil de cuantificar (x)		
<b>Intensidad (I)</b>	Grado de incidencia de la acción sobre el factor. Valor máximo 12 expresa destrucción total, valor mínimo 1 acción mínima	Baja	1
		Media	2
		Alta	4
		Muy Alta	8
<b>Extensión (EX)</b>	Área de influencia del impacto en relación con el entorno del proyecto	Puntual	1
		Parcial	2
		Extenso	4
		Total	8
		*Crítica	+4
<b>Momento (MO)</b>	Plazo de manifestación del impacto, tiempo transcurrido desde la aparición de la acción ( $t_0$ ) y el comienzo del efecto ( $t_j$ ) sobre el factor	Largo plazo (> 5 años)	1
		Mediano plazo (1-5 años)	2
		Corto plazo (Inmediato)	4
		*Crítico	+4
<b>Persistencia (PE)</b>	Permanencia del efecto desde su aparición, a partir del cual el factor afectado retomaría a las condiciones iniciales. Dónde: $t_0$ - momento de aparición de la acción $t_f$ -momento de finalización de la acción $t_j$ - momento de inicio de la manifestación del efecto	Fugaz (< 1 año)	1
		Temporal (1-10 años)	2
		Permanente ( $t_p = t_f - t_j > 10$ años)	4

ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	ESCALA	
	$t_r$ -momento de retorno (desaparición del efecto) $t_{MC}$ - instante de introducción de las medidas correctoras $t_{rMC}$ -momento de retorno con medidas correctoras Tiempo de permanencia: $t_p = t_r - t_j$ Tiempo de permanencia con medidas correctoras: $t_{pMC} = t_{rMC} - t_{MC}$		
<b>Reversibilidad (RV)</b>	Posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales.	Corto plazo	1
	Permanencia de la reversibilidad: $t_{pR} = t_r - t_f$	Mediano plazo Irreversible	2 4
<b>Recuperabilidad (MC)</b>	Posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctoras)	Recuperable (inmediato)	1
		Recuperable (medio plazo)	2
		Mitigable	4
		Irrecuperable	8
<b>Sinergia (SI)</b>	Manifestación provocada por acciones que actúan simultáneamente, donde el efecto provocado es superior si actuarán independiente	Sin sinergia (simple)	1
		Sinergia media	2
		Alta sinergia	4
<b>Acumulación (AC)</b>	Incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste o se reitera la acción que lo genera	Sin efectos (acumulación simple)	1
		Acumulativo	4
<b>Efecto (EF)</b>	Relación causa-efecto, manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción	Directo (primario)	4
		Indirecto (secundario)	1
<b>Periodicidad (PR)</b>	Regularidad de la manifestación del efecto	Irregular, discontinuo	1
		Cíclica, recurrente (efecto periódico)	2
		Continuo	4

Fuente: Conesa, 1997.

En dichos términos, el impacto se considera compatible con el ambiente, cuando el valor de importancia es menor a las 25 unidades, moderado con un valor entre 25 y 50 unidades, es severo entre las 51 y 75 unidades; y es crítico cuando su importancia alcanza valores por arriba de las 75 unidades.

En las líneas siguientes, se describen los impactos identificados y el cálculo específico de su importancia, para el proyecto.

### **A1. Afectación de la calidad del agua por la generación de aguas residuales en el campamento de obra**

Durante la operación del campamento de obra en la construcción del proyecto, se generarán aguas residuales domésticas por las actividades sanitarias y presencia del personal. El impacto **Afectación de la calidad del agua por la generación de aguas residuales en el campamento de obra**, es un impacto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia temporal **(PE=2)**, además de que se presentará en un plazo inmediato **(MO=4)**. Se estima que la intensidad será media **(I=2)**, y que el área de influencia o extensión del impacto **Afectación de la calidad del agua por la generación de aguas residuales en el campamento de obra**, tendrá una extensión parcial **(EX=2)** debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la manifestación de **Afectación de la calidad del agua**, se presentará irregularmente o discontinuamente **(PR=1)**, contribuyendo a un incremento simple del efecto **(AC=1)**. La regularidad de la manifestación será sin sinergismo **(SI=1)**, y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse **(RV=2)**. Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable a medio plazo **(MC=2)**, por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Afectación de la calidad del agua por la generación de aguas residuales en el campamento de obra**, presentará una importancia de **-27**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(2) + 2(2) + 4 + 2 + 2 + 1 + 1 + 4 + 1 + 2] = -27$$

### **A2. Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en el campamento de obra**

Durante las actividades de construcción se generarán residuos sólidos, que podrían provocar la **Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en el campamento de obra**, produciendo un impacto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia temporal **(PE=2)**, además de que se presentará en un plazo inmediato **(MO=4)**. Se estima que la intensidad será media **(I=2)**, y que el área de influencia o extensión del impacto **Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en el campamento de obra**, tendrá una extensión puntual **(EX=1)** debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona puntual. La regularidad de la manifestación de **Alteración de la composición del suelo**, se presentará irregularmente o discontinuamente **(PR=1)**, contribuyendo a un incremento simple del efecto **(AC=1)**. La regularidad de la manifestación será sin sinergismo **(SI=1)**, y presentará una posibilidad a mediano plazo de

revertirse (**RV=2**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable a medio plazo (**MC=2**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en el campamento de obra**, presentará una importancia de **-25**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(2) + 2(1) + 4 + 2 + 2 + 1 + 1 + 4 + 1 + 2] = -25$$

### **A3. Disminución de la calidad del aire por el desmante**

El empleo de la maquinaria para realizar el desmante y despilme de las áreas sujetas a cambio de uso del suelo, generará emisiones atmosféricas. El impacto **Disminución de la calidad del aire por el desmante**, será un impacto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia fugaz (**PE=1**), además de que se presentará en un plazo inmediato (**MO=4**). Se estima que la intensidad será baja (**I=1**), y que el área de influencia o extensión del impacto **Disminución de la calidad del aire por el desmante**, tendrá una extensión parcial (**EX=2**) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la manifestación de **Disminución de la calidad del aire**, se presentará irregularmente o discontinuamente (**PR=1**), contribuyendo a un incremento simple del efecto (**AC=1**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a corto plazo de revertirse (**RV=1**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable a medio plazo (**MC=2**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Disminución de la calidad del aire por el desmante**, presentará una importancia de **-22**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(1) + 2(2) + 4 + 1 + 1 + 1 + 1 + 4 + 1 + 2] = -22$$

### **A4. Disminución de la cobertura de la vegetación por el desmante**

La remoción de la cobertura vegetal en las áreas sujetas a cambio de uso del suelo y desarrollo del proyecto, provocará una reducción de la cobertura vegetal en esas áreas. El impacto **Disminución de la cobertura de la vegetación por el desmante**, se caracteriza como un impacto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia permanente (**PE=4**), además de que se presentará en un plazo inmediato (**MO=4**). Se estima que la intensidad será media (**I=2**), y que el área de influencia o extensión del impacto **Disminución de la cobertura de la vegetación por el desmante**, tendrá una extensión parcial (**EX=2**) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la

manifestación de **Disminución de la cobertura de la vegetación**, se presentará irregularmente o discontinuamente (**PR=1**), contribuyendo a un incremento simple del efecto (**AC=1**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse (**RV=2**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable a medio plazo (**MC=2**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Disminución de la cobertura de la vegetación por el desmonte**, presentará una importancia de **-29**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(2) + 2(2) + 4 + 4 + 2 + 1 + 1 + 4 + 1 + 2] = -29$$

#### **A5. Disminución de poblaciones de fauna por el desmonte**

Algunos ejemplares de fauna de lento desplazamiento podrían ser afectados por el paso de la maquinaria y equipo de construcción en caso de no tomar las medidas preventivas adecuadas para evitarlo. El impacto **Disminución de poblaciones de fauna por el despalme**, produciría un impacto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia temporal (**PE=2**), además de que se presentará en un plazo inmediato (**MO=4**). Se estima que la intensidad será media (**I=2**), y que el área de influencia o extensión del impacto **Disminución de poblaciones de fauna por el despalme**, tendrá una extensión parcial (**EX=2**) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la manifestación de **Disminución de poblaciones de fauna**, se presentará irregularmente o discontinuamente (**PR=1**), contribuyendo a un incremento simple del efecto (**AC=1**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse (**RV=2**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable a medio plazo (**MC=2**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Disminución de poblaciones de fauna por el despalme**, presentará una importancia de **-27**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(2) + 2(2) + 4 + 2 + 2 + 1 + 1 + 4 + 1 + 2] = -27$$

#### **A6. Disminución de la calidad del aire por el despalme**

La maquinaria que se utilizará para la remoción de la primera capa de suelo y material vegetal remanente del desmonte, es decir el despalme, generará emisiones atmosféricas. El impacto **Disminución de la calidad del aire por el despalme**, producirá un efecto de tipo **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia fugaz (**PE=1**), además de que se

presentará en un plazo inmediato (**MO=4**). Se estima que la intensidad será baja (**I=1**), y que el área de influencia o extensión del impacto **Disminución de la calidad del aire por el despalme**, tendrá una extensión parcial (**EX=2**) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la manifestación de **Disminución de la calidad del aire**, se presentará irregularmente o discontinuamente (**PR=1**), contribuyendo a un incremento simple del efecto (**AC=1**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a corto plazo de revertirse (**RV=1**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable a medio plazo (**MC=2**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Disminución de la calidad del aire por el despalme**, presentará una importancia de **-22**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(1) + 2(2) + 4 + 1 + 1 + 1 + 1 + 4 + 1 + 2] = -22$$

#### **A7. Disminución de la permeabilidad del suelo por el despalme**

El paso de la maquinaria por el área sujeta a cambio de uso del suelo y desarrollo del proyecto generará una compactación que reducirá la permeabilidad del suelo. El impacto **Disminución de la permeabilidad del suelo por el despalme**, constituye un efecto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia temporal (**PE=2**), además de que se presentará en un plazo inmediato (**MO=4**). Se estima que la intensidad será media (**I=2**), y que el área de influencia o extensión del impacto **Disminución de la permeabilidad del suelo por el despalme**, tendrá una extensión parcial (**EX=2**) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la manifestación de **Disminución de la permeabilidad del suelo**, se presentará irregularmente o discontinuamente (**PR=1**), contribuyendo a un incremento simple del efecto (**AC=1**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse (**RV=2**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como mitigable (**MC=4**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Disminución de la permeabilidad del suelo por el despalme**, presentará una importancia de **-29**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(2) + 2(2) + 4 + 2 + 2 + 1 + 1 + 4 + 1 + 4] = -29$$

#### **A8. Disminución de poblaciones de fauna por el despalme**

El despalme podría afectar a poblaciones de fauna de lento desplazamiento en caso de no llevar a cabo las medidas preventivas pertinentes para evitarlo. El impacto **Disminución de**



**poblaciones de fauna por el despalme**, produciría un impacto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia temporal (**PE=2**), además de que se presentará en un plazo inmediato (**MO=4**). Se estima que la intensidad será media (**I=2**), y que el área de influencia o extensión del impacto **Disminución de poblaciones de fauna por el despalme**, tendrá una extensión parcial (**EX=2**) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la manifestación de **Disminución de poblaciones de fauna**, se presentará irregularmente o discontinuamente (**PR=1**), contribuyendo a un incremento simple del efecto (**AC=1**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse (**RV=2**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable a medio plazo (**MC=2**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Disminución de poblaciones de fauna por el despalme**, presentará una importancia de **-27**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(2) + 2(2) + 4 + 2 + 2 + 1 + 1 + 4 + 1 + 2] = -27$$

#### **A9. Reducción de la permeabilidad del suelo por la compactación en nivelación**

Como parte del proceso de construcción, en las áreas de desarrollo del proyecto, se realizará la nivelación de las áreas de desplante de los componentes del proyecto, lo que por definición conllevará a la pérdida de permeabilidad del suelo en esas áreas. El impacto **Reducción de la permeabilidad del suelo por la compactación en nivelación**, producirá un impacto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia temporal (**PE=2**), además de que se presentará en un plazo inmediato (**MO=4**). Se estima que la intensidad será media (**I=2**), y que el área de influencia o extensión del impacto **Reducción de la permeabilidad del suelo por la compactación en nivelación**, tendrá una extensión parcial (**EX=2**) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la manifestación de **Reducción de la permeabilidad del suelo**, se presentará irregularmente o discontinuamente (**PR=1**), contribuyendo a un incremento simple del efecto (**AC=1**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse (**RV=2**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable a medio plazo (**MC=2**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Reducción de la permeabilidad del suelo por la compactación en nivelación**, presentará una importancia de **-27**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(2) + 2(2) + 4 + 2 + 2 + 1 + 1 + 4 + 1 + 2] = -27$$

## B1. Reducción de la permeabilidad del suelo por la compactación de terracerías

En las vialidades del proyecto, la compactación de las terracerías reducirá la permeabilidad natural del suelo por la compactación necesaria para la conformación de dichas vialidades. El impacto **Reducción de la permeabilidad del suelo por la compactación de terracerías**, producirá un impacto de tipo **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia permanente **(PE=4)**, además de que se presentará en un plazo inmediato **(MO=4)**. Se estima que la intensidad será alta **(I=4)**, y que el área de influencia o extensión del impacto **Reducción de la permeabilidad del suelo por la compactación de terracerías**, tendrá una extensión parcial **(EX=2)** debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la manifestación de **Reducción de la permeabilidad del suelo**, se presentará irregularmente o discontinuamente **(PR=1)**, contribuyendo a un incremento simple del efecto **(AC=1)**. La regularidad de la manifestación será sin sinergismo **(SI=1)**, y presentará una posibilidad irreversible de revertirse **(RV=4)**. Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como mitigable **(MC=4)**, por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Reducción de la permeabilidad del suelo por la compactación de terracerías**, presentará una importancia de **-39**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(4) + 2(2) + 4 + 4 + 4 + 1 + 1 + 4 + 1 + 4] = -39$$

## B2. Modificación del flujo hidrológico por la delimitación de las áreas para la apertura del canal

La apertura del río artificial hacia la Laguna Nopalitos generará un cambio en el flujo hidrológico natural del sitio. Cabe señalar que este canal será construido fuera de las áreas cubiertas por vegetación de manglar, por lo que no se contraviene el artículo 60 TER de la Ley General de Vida Silvestre. Este impacto denominado **Modificación del flujo hidrológico por la delimitación de las áreas para la apertura del canal**, es provocado por la acción **Modificación del flujo hidrológico**, produciendo un impacto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia permanente **(PE=4)**, además de que se presentará en un plazo inmediato **(MO=4)**. Se estima que la intensidad será media **(I=2)**, y que el área de influencia o extensión del impacto **Modificación del flujo hidrológico por la delimitación de las áreas para la apertura del canal**, tendrá una extensión parcial **(EX=2)** debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la manifestación de **Modificación del flujo hidrológico**, se presentará irregularmente o discontinuamente **(PR=1)**, contribuyendo a un incremento simple del efecto **(AC=1)**. La regularidad de la

manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse (**RV=2**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable a medio plazo (**MC=2**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Modificación del flujo hidrológico por la delimitación de las áreas para la apertura del canal**, presentará una importancia de **-29**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(2) + 2(2) + 4 + 4 + 2 + 1 + 1 + 4 + 1 + 2] = -29$$

### **B3. Aumento de la permeabilidad del suelo por la excavación del río artificial.**

De no establecer una medida preventiva para evitar la infiltración de agua y materiales derivados de la excavación del canal de llamada, se provocará el **Aumento de la permeabilidad del suelo por la excavación del canal de llamada**, produciendo un impacto de naturaleza **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia temporal (**PE=2**), además de que se presentará en un plazo inmediato (**MO=4**). Se estima que la intensidad será media (**I=2**), y que el área de influencia o extensión del impacto **Aumento de la permeabilidad del suelo por la excavación del canal de llamada**, tendrá una extensión parcial (**EX=2**) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la manifestación de **Aumento de la permeabilidad del suelo**, se presentará irregularmente o discontinuamente (**PR=1**), contribuyendo a un incremento simple del efecto (**AC=1**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse (**RV=2**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable a medio plazo (**MC=2**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Aumento de la permeabilidad del suelo por la excavación del canal**, presentará una importancia de **-27**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(2) + 2(2) + 4 + 2 + 2 + 1 + 1 + 4 + 1 + 2] = -27$$

### **B4. Modificación del flujo hidrológico por la excavación del canal**

La excavación del canal, provocará cambios en el flujo hidrológico del sitio fuera de las áreas cubiertas por manglar. El impacto **Modificación del flujo hidrológico por la excavación del canal**, produciendo un impacto de naturaleza **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia permanente (**PE=4**), además de que se presentará en un plazo inmediato (**MO=4**). Se estima que la intensidad será alta (**I=4**), y que el área de influencia o extensión del impacto **Modificación del flujo hidrológico por la excavación del canal**, tendrá una

extensión parcial (**EX=2**) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la manifestación de **Modificación del flujo hidrológico**, se presentará irregularmente o discontinuamente (**PR=1**), contribuyendo a un incremento simple del efecto (**AC=1**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse (**RV=2**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable a medio plazo (**MC=2**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Modificación del flujo hidrológico por la excavación del canal**, presentará una importancia de **-35**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(4) + 2(2) + 4 + 4 + 2 + 1 + 1 + 4 + 1 + 2] = -35$$

#### **B5. Afectación de la calidad del agua subterránea y lagunar por la apertura del río artificial**

En caso de no tomar las medidas preventivas, en el río artificial durante la apertura del canal, se podría provocar la afectación de la calidad del agua subterránea y de la Laguna Nopalitos por la dispersión de sedimentos. El impacto **Afectación de la calidad del agua por la infiltración en la apertura de canal**, produciría en su caso un impacto de tipo **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia temporal (**PE=2**), además de que se presentará en un plazo inmediato (**MO=4**). Se estima que la intensidad será alta (**I=4**), y que el área de influencia o extensión del impacto **Afectación de la calidad del agua por la infiltración en la apertura de canal**, tendrá una extensión parcial (**EX=2**) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la manifestación de **Afectación de la calidad del agua**, se presentará irregularmente o discontinuamente (**PR=1**), contribuyendo a un incremento simple del efecto (**AC=1**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse (**RV=2**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable a medio plazo (**MC=2**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Afectación de la calidad del agua por la infiltración en la apertura de canal**, presentará una importancia de **-33**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(4) + 2(2) + 4 + 2 + 2 + 1 + 1 + 4 + 1 + 2] = -33$$

#### **B6. Alteración de la composición del suelo por la excavación del canal**

El suelo natural podría verse afectado negativamente por la excavación del canal hacia la Laguna Nopalitos, por lo que el impacto **Alteración de la composición del suelo por la excavación del canal**, produciría un impacto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto

**directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia permanente (**PE=4**), además de que se presentará en un plazo inmediato (**MO=4**). Se estima que la intensidad será media (**I=2**), y que el área de influencia o extensión del impacto **Alteración de la composición del suelo por la excavación del canal**, tendrá una extensión parcial (**EX=2**) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la manifestación de **Alteración de la composición del suelo**, se presentará irregularmente o discontinuamente (**PR=1**), contribuyendo a un incremento simple del efecto (**AC=1**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse (**RV=2**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable a medio plazo (**MC=2**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Alteración de la composición del suelo por la excavación del canal**, presentará una importancia de **-29**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(2) + 2(2) + 4 + 4 + 2 + 1 + 1 + 4 + 1 + 2] = -29$$

#### **B7. Aumento de la permeabilidad del suelo e infiltración de agua por la excavación de cimentaciones**

La excavación de las cimentaciones generaría temporalmente un aumento de la permeabilidad del suelo en las áreas abarcadas por éstas. El impacto **Aumento de la permeabilidad del suelo e infiltración de agua por la excavación de cimentaciones**, es provocado por la acción **Aumento de la permeabilidad del suelo e infiltración de agua**, produciendo un impacto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia temporal (**PE=2**), además de que se presentará en un plazo inmediato (**MO=4**). Se estima que la intensidad será media (**I=2**), y que el área de influencia o extensión del impacto **Aumento de la permeabilidad del suelo e infiltración de agua por la excavación de cimentaciones**, tendrá una extensión parcial (**EX=2**) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la manifestación de **Aumento de la permeabilidad del suelo e infiltración de agua**, se presentará irregularmente o discontinuamente (**PR=1**), contribuyendo a un incremento simple del efecto (**AC=1**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse (**RV=2**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable a medio plazo (**MC=2**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Aumento de la permeabilidad del suelo e infiltración de agua por la excavación de cimentaciones**, presentará una importancia de **-27**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(2) + 2(2) + 4 + 2 + 2 + 1 + 1 + 4 + 1 + 2] = -27$$

#### **B8. Alteración de la composición del suelo por la excavación de cimentaciones**

Las áreas de cimentaciones presentarían una pérdida de partículas de suelo, por el retiro del sustrato en las áreas cubiertas por éste. El impacto **Alteración de la composición del suelo por la excavación de cimentaciones**, produciría un impacto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia permanente (**PE=4**), además de que se presentará en un plazo inmediato (**MO=4**). Se estima que la intensidad será media (**I=2**), y que el área de influencia o extensión del impacto **Alteración de la composición del suelo por la excavación de cimentaciones**, tendrá una extensión parcial (**EX=2**) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la manifestación de **Alteración de la composición del suelo**, se presentará irregularmente o discontinuamente (**PR=1**), contribuyendo a un incremento simple del efecto (**AC=1**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse (**RV=2**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable a medio plazo (**MC=2**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Alteración de la composición del suelo por la excavación de cimentaciones**, presentará una importancia de **-29**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(2) + 2(2) + 4 + 4 + 2 + 1 + 1 + 4 + 1 + 2] = -29$$

#### **B9. Disminución de la calidad visual del paisaje por la edificación**

La edificación provocará un ligero impacto en la calidad visual del paisaje. Por su naturaleza negativa, el impacto **Disminución de la calidad visual del paisaje por la edificación**, sería catalogado como un impacto de naturaleza **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia permanente (**PE=4**), además de que se presentará en un plazo inmediato (**MO=4**). Se estima que la intensidad será media (**I=2**), y que el área de influencia o extensión del impacto **Disminución de la calidad visual del paisaje por la edificación**, tendrá una extensión parcial (**EX=2**) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la manifestación de **Disminución de la calidad visual del paisaje**, se presentará irregularmente o discontinuamente (**PR=1**), contribuyendo a un incremento simple del efecto (**AC=1**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse (**RV=2**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable a medio plazo (**MC=2**),

por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Disminución de la calidad visual del paisaje por la edificación**, presentará una importancia de **-29**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(2) + 2(2) + 4 + 4 + 2 + 1 + 1 + 4 + 1 + 2] = -29$$

#### **B10. Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en los acabados**

La generación de residuos, en caso de no establecer una medida para prevenirlo, generaría la contaminación del suelo por lixiviación de sustancias contenidas en ellos, alterando la composición del suelo. El impacto **Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en los acabados**, sería clasificado como un impacto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia temporal **(PE=2)**, además de que se presentará en un plazo inmediato **(MO=4)**. Se estima que la intensidad será media **(I=2)**, y que el área de influencia o extensión del impacto **Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en los acabados**, tendrá una extensión puntual **(EX=1)** debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona puntual. La regularidad de la manifestación de **Alteración de la composición del suelo**, se presentará irregularmente o discontinuamente **(PR=1)**, contribuyendo a un incremento simple del efecto **(AC=1)**. La regularidad de la manifestación será sin sinergismo **(SI=1)**, y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse **(RV=2)**. Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable a medio plazo **(MC=2)**, por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en los acabados**, presentará una importancia de **-25**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(2) + 2(1) + 4 + 2 + 2 + 1 + 1 + 4 + 1 + 2] = -25$$

#### **B11. Modificación de la composición del suelo por la excavación de la planta de tratamiento de aguas residuales**

La excavación de la planta de tratamiento de aguas residuales generaría un cambio en la estructura y composición del suelo por el retiro de sustrato en las áreas que abarcaría. El impacto **Modificación de la composición del suelo por la excavación de la planta de tratamiento de aguas residuales**, produciría un efecto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia temporal **(PE=2)**, además de que se presentará en un plazo inmediato **(MO=4)**. Se estima que la intensidad será media **(I=2)**, y que el área de influencia o extensión del impacto **Modificación de la composición del suelo por la excavación de la planta de**

**tratamiento de aguas residuales**, tendrá una extensión puntual (**EX=1**) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona puntual. La regularidad de la manifestación de **Modificación de la composición del suelo**, se presentará irregularmente o discontinuamente (**PR=1**), contribuyendo a un incremento simple del efecto (**AC=1**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a corto plazo de revertirse (**RV=1**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como mitigable (**MC=4**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Modificación de la composición del suelo por la excavación de la planta de tratamiento de aguas residuales**, presentará una importancia de **-26**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(2) + 2(1) + 4 + 2 + 1 + 1 + 1 + 4 + 1 + 4] = -26$$

#### **B12. Disminución de la permeabilidad del suelo por la albañilería y los acabados de la planta de tratamiento de aguas residuales**

La impermeabilización de los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales para el control de los efluentes, provocará por definición una reducción de la permeabilidad del suelo en las áreas que éstos abarcan. El impacto **Disminución de la permeabilidad del suelo por la albañilería y los acabados de la planta de tratamiento de aguas residuales**, produciría un impacto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia permanente (**PE=4**), además de que se presentará en un plazo inmediato (**MO=4**). Se estima que la intensidad será media (**I=2**), y que el área de influencia o extensión del impacto **Disminución de la permeabilidad del suelo por la albañilería y los acabados de la planta de tratamiento de aguas residuales**, tendrá una extensión puntual (**EX=1**) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona puntual. La regularidad de la manifestación de **Disminución de la permeabilidad del suelo**, se presentará irregularmente o discontinuamente (**PR=1**), contribuyendo a un incremento simple del efecto (**AC=1**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad irreversible de revertirse (**RV=4**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como mitigable (**MC=4**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Disminución de la permeabilidad del suelo por la albañilería y los acabados de la planta de tratamiento de aguas residuales**, presentará una importancia de **-31**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(2) + 2(1) + 4 + 4 + 4 + 1 + 1 + 4 + 1 + 4] = -31$$



### **B13. Modificación de la composición del suelo por la generación de residuos en la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales**

Durante las actividades de construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales, se generarán residuos que, en caso de no establecer medidas preventivas y de mitigación para evitarlo, podrían causar efectos negativos en la composición del suelo por contaminación. Por lo tanto, el impacto **Modificación de la composición del suelo por la generación de residuos en la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales**, se clasificaría como un impacto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia temporal **(PE=2)**, además de que se presentará en un plazo inmediato **(MO=4)**. Se estima que la intensidad será media **(I=2)**, y que el área de influencia o extensión del impacto **Modificación de la composición del suelo por la generación de residuos en la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales**, tendrá una extensión puntual **(EX=1)** debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona puntual. La regularidad de la manifestación de **Modificación de la composición del suelo**, se presentará irregularmente o discontinuamente **(PR=1)**, contribuyendo a un incremento simple del efecto **(AC=1)**. La regularidad de la manifestación será sin sinergismo **(SI=1)**, y presentará una posibilidad a corto plazo de revertirse **(RV=1)**. Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable de manera inmediata **(MC=1)**, por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Modificación de la composición del suelo por la generación de residuos en la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales**, presentará una importancia de **-23**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(2) + 2(1) + 4 + 2 + 1 + 1 + 1 + 4 + 1 + 1] = -23$$

### **B14. Generación de empleos por la construcción de la planta de tratamiento de las aguas residuales**

La construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales generará empleos directos adicionales a la obra, por lo que el impacto **Generación de empleos por la construcción de la planta de tratamiento de las aguas residuales**, se considera de carácter **beneficioso**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia fugaz **(PE=1)**, además de que se presentará en un plazo inmediato **(MO=4)**. Se estima que la intensidad será media **(I=2)**, y que el área de influencia o extensión del impacto **Generación de empleos por la construcción de la planta de tratamiento de las aguas residuales**, tendrá una extensión puntual **(EX=1)** debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona puntual. La regularidad de la

manifestación de **Generación de empleos**, se presentará irregularmente o discontinuamente (**PR=1**), contribuyendo a un incremento simple del efecto (**AC=1**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a corto plazo de revertirse (**RV=1**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable de manera inmediata (**MC=1**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Generación de empleos por la construcción de la planta de tratamiento de las aguas residuales**, presentará una importancia de **22**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = +[3(2) + 2(1) + 4 + 1 + 1 + 1 + 1 + 4 + 1 + 1] = 22$$

### **C1. Disminución de la calidad del agua por la generación de aguas residuales en la ocupación de las viviendas**

La ocupación de las viviendas generaría una reducción de la calidad del agua subterránea y de la Laguna, en caso de no llevar a cabo una medida preventiva, tal como la instalación de una planta de tratamiento. El impacto **Disminución de la calidad del agua por la generación de aguas residuales en la ocupación de las viviendas**, sería clasificado como **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia temporal (**PE=2**), además de que se presentará en un plazo inmediato (**MO=4**). Se estima que la intensidad será alta (**I=4**), y que el área de influencia o extensión del impacto **Disminución de la calidad del agua por la generación de aguas residuales en la ocupación de las viviendas**, tendrá una extensión parcial (**EX=2**) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la manifestación de **Disminución de la calidad del agua**, se presentará continuamente (**PR=4**), contribuyendo a un incremento acumulativo del efecto (**AC=4**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse (**RV=2**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable a medio plazo (**MC=2**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Disminución de la calidad del agua por la generación de aguas residuales en la ocupación de las viviendas**, presentará una importancia de **-39**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(4) + 2(2) + 4 + 2 + 2 + 1 + 4 + 4 + 4 + 2] = -39$$

## **C2. Disminución de la disponibilidad del agua por el aprovechamiento en ocupación de viviendas**

La ocupación de las viviendas generará consumos de agua, disminuyendo su disponibilidad. Por lo tanto, el impacto **Disminución de la disponibilidad del agua por el aprovechamiento en ocupación de viviendas**, originará un impacto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia permanente **(PE=4)**, además de que se presentará en un plazo inmediato **(MO=4)**. Se estima que la intensidad será media **(I=2)**, y que el área de influencia o extensión del impacto **Disminución de la disponibilidad del agua por el aprovechamiento en ocupación de viviendas**, tendrá una extensión parcial **(EX=2)** debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la manifestación de **Disminución de la disponibilidad del agua**, se presentará continuamente **(PR=4)**, contribuyendo a un incremento acumulativo del efecto **(AC=4)**. La regularidad de la manifestación será sin sinergismo **(SI=1)**, y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse **(RV=2)**. Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable de manera inmediata **(MC=1)**, por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Disminución de la disponibilidad del agua por el aprovechamiento en ocupación de viviendas**, presentará una importancia de **-34**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(2) + 2(2) + 4 + 4 + 2 + 1 + 4 + 4 + 4 + 1] = -34$$

## **C3. Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en la ocupación de las viviendas**

Durante la ocupación de las viviendas, en caso de no llevar a cabo alguna medida preventiva, podría provocar efectos negativos en la composición del suelo. El impacto **Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en la ocupación de las viviendas**, originaría un efecto de carácter **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia fugaz **(PE=1)**, además de que se presentará en un plazo inmediato **(MO=4)**. Se estima que la intensidad será media **(I=2)**, y que el área de influencia o extensión del impacto **Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en la ocupación de las viviendas**, tendrá una extensión puntual **(EX=1)** debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona puntual. La regularidad de la manifestación de **Alteración de la composición del suelo**, se presentará continuamente **(PR=4)**, contribuyendo a un incremento acumulativo del efecto **(AC=4)**. La regularidad de la manifestación será sin sinergismo **(SI=1)**, y presentará una posibilidad irreversible de

revertirse (**RV=4**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable de manera inmediata (**MC=1**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en la ocupación de las viviendas**, presentará una importancia de **-31**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(2) + 2(1) + 4 + 1 + 4 + 1 + 4 + 4 + 4 + 1] = -31$$

#### **C4. Disminución de la calidad del agua por la generación de aguas residuales en hospedaje**

Los servicios alojamiento temporal en el Hotel y en los lotes de uso habitacional/hotelero, generarán aguas residuales que, en caso de no llevarse a cabo alguna medida para evitarlo, generará una disminución de la calidad del agua, por lo tanto, el impacto **Disminución de la calidad del agua por la generación de aguas residuales en hospedaje**, se clasificaría como un impacto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia temporal (**PE=2**), además de que se presentará en un plazo inmediato (**MO=4**). Se estima que la intensidad será media (**I=2**), y que el área de influencia o extensión del impacto **Disminución de la calidad del agua por la generación de aguas residuales en hospedaje**, tendrá una extensión parcial (**EX=2**) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la manifestación de **Disminución de la calidad del agua**, se presentará continuamente (**PR=4**), contribuyendo a un incremento acumulativo del efecto (**AC=4**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse (**RV=2**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable de manera inmediata (**MC=1**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Disminución de la calidad del agua por la generación de aguas residuales en hospedaje**, presentará una importancia de **-32**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(2) + 2(2) + 4 + 2 + 2 + 1 + 4 + 4 + 4 + 1] = -32$$

#### **C5. Disminución de la disponibilidad del agua por el aprovechamiento en hospedaje**

Los servicios de alojamiento temporal en el Hotel y en los lotes de uso habitacional/hotelero, generarán un consumo de agua, que en cierta medida reducirán la disponibilidad del recurso, lo cual puede mitigarse considerando tecnologías de ahorro. El impacto **Disminución de la disponibilidad del agua por el aprovechamiento en hospedaje**, originaría un efecto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia temporal (**PE=2**), además de que se presentará en un plazo inmediato (**MO=4**). Se estima que la intensidad

será media (**I=2**), y que el área de influencia o extensión del impacto **Disminución de la disponibilidad del agua por el aprovechamiento en hospedaje**, tendrá una extensión parcial (**EX=2**) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la manifestación de **Disminución de la disponibilidad del agua**, se presentará continuamente (**PR=4**), contribuyendo a un incremento acumulativo del efecto (**AC=4**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse (**RV=2**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable de manera inmediata (**MC=1**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Disminución de la disponibilidad del agua por el aprovechamiento en hospedaje**, presentará una importancia de **-32**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(2) + 2(2) + 4 + 2 + 2 + 1 + 4 + 4 + 4 + 1] = -32$$

#### **C6. Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el hospedaje**

En caso de no tomarse las medidas preventivas y de mitigación adecuadas, en el hospedaje podrían generarse efectos en la composición del suelo por contaminación relacionada con la generación de residuos. El impacto **Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el hospedaje**, produciría un impacto de naturaleza **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **indirecto (secundario) (EF=1)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia temporal (**PE=2**), además de que se presentará en un plazo inmediato (**MO=4**). Se estima que la intensidad será baja (**I=1**), y que el área de influencia o extensión del impacto **Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el hospedaje**, tendrá una extensión puntual (**EX=1**) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona puntual. La regularidad de la manifestación de **Afectación de la composición del suelo**, se presentará continuamente (**PR=4**), contribuyendo a un incremento acumulativo del efecto (**AC=4**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse (**RV=2**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable de manera inmediata (**MC=1**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el hospedaje**, presentará una importancia de **-24**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(1) + 2(1) + 4 + 2 + 2 + 1 + 4 + 1 + 4 + 1] = -24$$

### **C7. Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento de viviendas**

El mantenimiento de las viviendas generaría efectos negativos en la composición del suelo, si no se contemplan medidas de mitigación adecuadas para evitarlo. El impacto **Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento de viviendas**, se consideraría, en su caso, un impacto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **indirecto (secundario) (EF=1)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia temporal **(PE=2)**, además de que se presentará en un plazo inmediato **(MO=4)**. Se estima que la intensidad será baja **(I=1)**, y que el área de influencia o extensión del impacto **Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento de viviendas**, tendrá una extensión puntual **(EX=1)** debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona puntual. La regularidad de la manifestación de **Afectación de la composición del suelo**, se presentará continuamente **(PR=4)**, contribuyendo a un incremento acumulativo del efecto **(AC=4)**. La regularidad de la manifestación será sin sinergismo **(SI=1)**, y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse **(RV=2)**. Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable de manera inmediata **(MC=1)**, por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento de viviendas**, presentará una importancia de **-24**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(1) + 2(1) + 4 + 2 + 2 + 1 + 4 + 1 + 4 + 1] = -24$$

### **C8. Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento del hotel**

El mantenimiento del hotel generará residuos que, en caso de no contemplar alguna medida para evitarlo, generaría efectos negativos en la composición del suelo, por lo que el impacto **Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento del hotel**, sería clasificado como un impacto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **indirecto (secundario) (EF=1)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia temporal **(PE=2)**, además de que se presentará en un plazo inmediato **(MO=4)**. Se estima que la intensidad será baja **(I=1)**, y que el área de influencia o extensión del impacto **Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento del hotel**, tendrá una extensión puntual **(EX=1)** debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona puntual. La regularidad de la manifestación de **Afectación de la composición del suelo**, se presentará continuamente **(PR=4)**, contribuyendo a un incremento acumulativo del efecto **(AC=4)**. La

regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse (**RV=2**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable de manera inmediata (**MC=1**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento del hotel**, presentará una importancia de -24.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(1) + 2(1) + 4 + 2 + 2 + 1 + 4 + 1 + 4 + 1] = -24$$

#### **C9. Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento del canal**

La composición del suelo podría verse afectada de manera negativa por la generación de residuos en el mantenimiento del canal, por lo tanto, el impacto **Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento del canal**, sería, en caso de presentarse, un impacto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **indirecto (secundario) (EF=1)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia temporal (**PE=2**), además de que se presentará en un plazo inmediato (**MO=4**). Se estima que la intensidad será baja (**I=1**), y que el área de influencia o extensión del impacto **Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento del canal**, tendrá una extensión puntual (**EX=1**) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona puntual. La regularidad de la manifestación de **Afectación de la composición del suelo**, se presentará periódicamente (**PR=2**), contribuyendo a un incremento acumulativo del efecto (**AC=4**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse (**RV=2**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable de manera inmediata (**MC=1**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento del canal**, presentará una importancia de -22.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(1) + 2(1) + 4 + 2 + 2 + 1 + 4 + 1 + 2 + 1] = -22$$

#### **C10. Afectación de la composición del suelo por la generación residuos en el mantenimiento general**

El mantenimiento general del desarrollo sujeto a evaluación, generaría residuos que, en caso de no establecerse una medida para evitarlo, podría provocar la afectación negativa de la composición del suelo, por lo que el impacto **Afectación de la composición del suelo**

por la generación residuos en el mantenimiento general, constituiría en caso de presentarse un impacto perjudicial. Este impacto presentará un efecto indirecto (secundario) (EF=1), y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia temporal (PE=2), además de que se presentará en un plazo inmediato (MO=4). Se estima que la intensidad será baja (I=1), y que el área de influencia o extensión del impacto **Afectación de la composición del suelo por la generación residuos en el mantenimiento general**, tendrá una extensión puntual (EX=1) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona puntual. La regularidad de la manifestación de **Afectación de la composición del suelo**, se presentará continuamente (PR=4), contribuyendo a un incremento acumulativo del efecto (AC=4). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (SI=1), y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse (RV=2). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable de manera inmediata (MC=1), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Afectación de la composición del suelo por la generación residuos en el mantenimiento general**, presentará una importancia de -24.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(1) + 2(1) + 4 + 2 + 2 + 1 + 4 + 1 + 4 + 1] = -24$$

#### C11. Generación de empleos por las etapas operación y mantenimiento

La etapa de operación y mantenimiento del proyecto generarían empleos directos e indirectos permanentes y temporales que mejorarían la calidad de vida de las poblaciones cercanas al mismo. Por esta razón el impacto **Generación de empleos por las etapas operación** será un impacto beneficioso. Este impacto presentará un efecto directo (EF=4), y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia temporal (PE=2), además de que se presentará en un plazo inmediato (MO=4). Se estima que la intensidad será media (I=2), y que el área de influencia o extensión del impacto **Generación de empleos por las etapas operación**, tendrá una extensión parcial (EX=2) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la manifestación de **Generación de empleos**, se presentará continuamente (PR=4), contribuyendo a un incremento simple del efecto (AC=1). La regularidad de la manifestación será muy sinérgico (SI=4), y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse (RV=2). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable de manera inmediata (MC=1), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Generación de empleos por las etapas operación**, presentará una importancia de 32.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = +[3(2) + 2(2) + 4 + 2 + 2 + 4 + 1 + 4 + 4 + 1] = 32$$



### **C12. Generación de empleos por la etapa de operación y mantenimiento**

El impacto **Generación de empleos por la etapa de operación y mantenimiento**, es provocado por la acción **Generación de empleos**, produciendo un impacto **beneficioso**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia permanente **(PE=4)**, además de que se presentará en un plazo inmediato **(MO=4)**. Se estima que la intensidad será media **(I=2)**, y que el área de influencia o extensión del impacto **Generación de empleos por la etapa de operación y mantenimiento**, tendrá una extensión parcial **(EX=2)** debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona parcial. La regularidad de la manifestación de **Generación de empleos**, se presentará continuamente **(PR=4)**, contribuyendo a un incremento simple del efecto **(AC=1)**. La regularidad de la manifestación será muy sinérgica **(SI=4)**, y presentará una posibilidad a mediano plazo de revertirse **(RV=2)**. Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable de manera inmediata **(MC=1)**, por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Generación de empleos por la etapa de operación y mantenimiento**, presentará una importancia de **34**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = +[3(2) + 2(2) + 4 + 4 + 2 + 4 + 1 + 4 + 4 + 1] = 34$$

### **C13. Modificación de la composición del suelo por la generación de residuos en la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.**

Durante la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, se prevé la posible alteración de la composición del suelo por la generación de residuos, en caso de no establecerse medidas preventivas para evitar que los contaminantes alcancen este medio receptor, por lo que el impacto **Modificación de la composición del suelo por la generación de residuos en la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales**, en caso de presentarse originaría un impacto **perjudicial**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia permanente **(PE=4)**, además de que se presentará en un plazo inmediato **(MO=4)**. Se estima que la intensidad será media **(I=2)**, y que el área de influencia o extensión del impacto **Modificación de la composición del suelo por la generación de residuos en la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales**, tendrá una extensión puntual **(EX=1)** debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona puntual. La regularidad de la manifestación de **Modificación de la composición del suelo**, se presentará continuamente **(PR=4)**, contribuyendo a un incremento simple del efecto **(AC=1)**. La regularidad de la manifestación será sin sinergismo **(SI=1)**, y presentará una posibilidad a corto plazo de revertirse **(RV=1)**. Finalmente, este

impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como recuperable de manera inmediata (**MC=1**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Modificación de la composición del suelo por la generación de residuos en la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.**, presentará una importancia de **-28**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = -[3(2) + 2(1) + 4 + 4 + 1 + 1 + 1 + 4 + 4 + 1] = -28$$

#### **C14. Generación de empleos por la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de las aguas residuales**

El impacto **Generación de empleos por la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de las aguas residuales**, es provocado por la acción **Generación de empleos**, produciendo un impacto **beneficioso**. Este impacto presentará un efecto **directo (EF=4)**, y por el tiempo que continuará manifestándose, presentará una persistencia permanente (**PE=4**), además de que se presentará en un plazo mediano (**MO=2**). Se estima que la intensidad será media (**I=2**), y que el área de influencia o extensión del impacto **Generación de empleos por la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de las aguas residuales**, tendrá una extensión puntual (**EX=1**) debido a que los efectos del impacto se manifestarán en una zona puntual. La regularidad de la manifestación de **Generación de empleos**, se presentará continuamente (**PR=4**), contribuyendo a un incremento simple del efecto (**AC=1**). La regularidad de la manifestación será sin sinergismo (**SI=1**), y presentará una posibilidad irreversible de revertirse (**RV=4**). Finalmente, este impacto presentará una recuperabilidad que se clasifica como mitigable (**MC=4**), por lo que, al evaluar todos los componentes, el impacto **Generación de empleos por la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de las aguas residuales**, presentará una importancia de **32**.

$$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

$$I = +[3(2) + 2(1) + 2 + 4 + 4 + 1 + 1 + 4 + 4 + 4] = 32$$

### V.3 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS

El **Cuadro V:6** presenta la valoración de los impactos en términos de lo establecido en los criterios anteriores.

*Cuadro V:6. Valoración cualitativa de impactos.*

NO.	IMPACTO	Naturaleza (+ / -)	Intensidad (I)	Extensión (EX)	Momento (MO)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Sinergia (SI)	Acumulación (AC)	Efecto (EF)	Periodicidad (PR)	Recuperabilidad (MC)	Importancia	Valor
A1	Afectación de la calidad del agua por la generación de aguas residuales en el campamento de obra	-	2	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-27	Moderado
A2	Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en el campamento de obra	-	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-25	Moderado
A3	Disminución de la calidad del aire por el desmonte	-	1	2	4	1	1	1	1	4	1	2	-22	Irrelevante
A4	Disminución de la cobertura de la vegetación por el desmonte	-	2	2	4	4	2	1	1	4	1	2	-29	Moderado
A5	Disminución de poblaciones de fauna por el despalme	-	2	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-27	Moderado
A6	Disminución de la calidad del aire por el despalme	-	1	2	4	1	1	1	1	4	1	2	-22	Irrelevante
A7	Disminución de la permeabilidad del suelo por el despalme	-	2	2	4	2	2	1	1	4	1	4	-29	Moderado
A8	Disminución de poblaciones de fauna por el despalme	-	2	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-27	Moderado
A9	Reducción de la permeabilidad del suelo por la compactación en nivelación	-	2	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-27	Moderado
B1	Reducción de la permeabilidad del suelo por la compactación de terracerías	-	4	2	4	4	4	1	1	4	1	4	-39	Moderado
B2	Modificación del flujo hidrológico por la delimitación de las áreas para la apertura del canal	-	2	2	4	4	2	1	1	4	1	2	-29	Moderado
B3	Aumento de la permeabilidad del suelo por la excavación del río artificial (canal)	-	2	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-27	Moderado
B4	Modificación del flujo hidrológico por la excavación del canal	-	4	2	4	4	2	1	1	4	1	2	-35	Moderado

NO.	IMPACTO	Naturaleza (+ / -)	Intensidad (I)	Extensión (EX)	Momento (MO)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Sinergia (SI)	Acumulación (AC)	Efecto (EF)	Periodicidad (PR)	Recuperabilidad (MC)	Importancia	Valor
B5	Afectación de la calidad del agua por la infiltración en la apertura de canal	-	4	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-33	Moderado
B6	Alteración de la composición del suelo por la excavación del canal	-	2	2	4	4	2	1	1	4	1	2	-29	Moderado
B7	Aumento de la permeabilidad del suelo e infiltración de agua por la excavación de cimentaciones	-	2	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-27	Moderado
B8	Alteración de la composición del suelo por la excavación de cimentaciones	-	2	2	4	4	2	1	1	4	1	2	-29	Moderado
B10	Disminución de la calidad visual del paisaje por la edificación	-	2	2	4	4	2	1	1	4	1	2	-29	Moderado
B11	Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en los acabados	-	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-25	Moderado
B13	Modificación de la composición del suelo por la excavación de la planta de tratamiento de aguas residuales	-	2	1	4	2	1	1	1	4	1	4	-26	Moderado
B14	Disminución de la permeabilidad del suelo por la albañilería y los acabados de la planta de tratamiento de aguas residuales	-	2	1	4	4	4	1	1	4	1	4	-31	Moderado
B15	Modificación de la composición del suelo por la generación de residuos en la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales	-	2	1	4	2	1	1	1	4	1	1	-23	Irrelevante
B16	Generación de empleos por la construcción de la planta de tratamiento de las aguas residuales	+	2	1	4	1	1	1	1	4	1	1	22	Irrelevante
C1	Disminución de la calidad del agua por la generación de aguas residuales en la ocupación de las viviendas	-	4	2	4	2	2	1	4	4	4	2	-39	Moderado
C2	Disminución de la disponibilidad del agua por el aprovechamiento en ocupación de viviendas	-	2	2	4	4	2	1	4	4	4	1	-34	Moderado
C3	Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en la ocupación de las viviendas	-	2	1	4	1	4	1	4	4	4	1	-31	Moderado

NO.	IMPACTO	Naturaleza (+ / -)	Intensidad (I)	Extensión (EX)	Momento (MO)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Sinergia (SI)	Acumulación (AC)	Efecto (EF)	Periodicidad (PR)	Recuperabilidad (MC)	Importancia	Valor
C4	Disminución de la calidad del agua por la generación de aguas residuales en hospedaje	-	2	2	4	2	2	1	4	4	4	1	-32	Moderado
C5	Disminución de la disponibilidad del agua por el aprovechamiento en hospedaje	-	2	2	4	2	2	1	4	4	4	1	-32	Moderado
C6	Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el hospedaje	-	1	1	4	2	2	1	4	1	4	1	-24	Irrelevante
C7	Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento de viviendas	-	1	1	4	2	2	1	4	1	4	1	-24	Irrelevante
C8	Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento del hotel	-	1	1	4	2	2	1	4	1	4	1	-24	Irrelevante
C9	Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento del canal	-	1	1	4	2	2	1	4	1	2	1	-22	Irrelevante
C10	Afectación de la composición del suelo por la generación residuos en el mantenimiento general	-	1	1	4	2	2	1	4	1	4	1	-24	Irrelevante
C11	Generación de empleos por las etapas operación	+	2	2	4	2	2	4	1	4	4	1	32	Moderado
C12	Generación de empleos por la etapa de operación y mantenimiento	+	2	2	4	4	2	4	1	4	4	1	34	Moderado
C13	Modificación de la composición del suelo por la generación de residuos en la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.	-	2	1	4	4	1	1	1	4	4	1	-28	Moderado
C14	Generación de empleos por la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de las aguas residuales	+	2	1	2	4	4	1	1	4	4	4	32	Moderado

### V.3.1 Matriz de importancia

En la matriz de importancia, se identificaron los impactos de acuerdo con su valor de importancia. Ahora se procede a elaborar una matriz depurada, para su elaboración se considera los siguientes bloques:

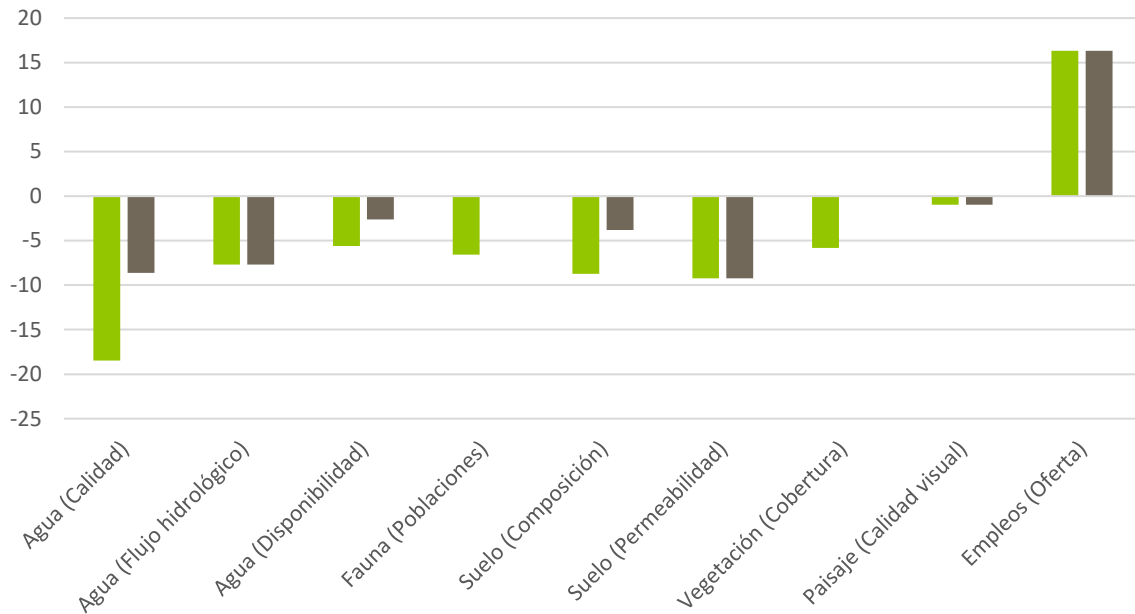
- Casillas que presentan efectos con valores poco relevantes y que para el estudio de impacto ambiental interesa no tener en cuenta. Estos se excluyen del proceso de cálculo y se ignoran el conjunto de evaluación.
- Casillas que presentan efectos cualitativos que corresponden a diversos factores de naturaleza intangible y para lo que no se dispone de un indicador razonable representativo. Éstos se excluyen del proceso de cálculo, pero se consideran paralelamente al modelo, y como su componente del mismo en el proceso de evaluación, y como componente mismo en el proceso de evaluación.
- Casillas que presente efectos sumamente importantes y determinantes. Estos se excluyen del proceso de cálculo, ya que, en base a su relevancia, entidad y significación, su tratamiento homogéneo con los demás efectos plasmados en la matriz, podría enmascarar preponderante.
- Casillas que presentan efectos normales, tomando como tales a los no incluidos en los bloques anteriores.

Estos efectos son los que quedan incluidos en el proceso de cálculo establecido en el modelo valorativo. En el **Cuadro V:7** se muestran las casillas (interacción entre la actividad y el factor ambiental) excluida de acuerdo con los bloques establecidos anteriormente.

**Cuadro V:7. Matriz de importancia de impactos depurada con impactos moderados, severos o críticos**

Suma de IMPORTANCIA FILTRADA		ETAPA SUBETAPA										Total, general		
COMPONENTE	FACTOR	Construcción					Operación		Preparación					
		Camino de acceso	Río artificial	Cimentación (viviendas y hotel)	Albañilería (pisos, muros y losas)	Acabados	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Operación	Mantenimiento	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Operación del campamento de obra	Limpieza del terreno	Trazo y nivelación	
Aire	Calidad											0		0
Fauna	Poblaciones											-54		-54
Suelo	Composición		-29	-29	-25	-26	-31	0	-28	-25				-193
	Permeabilidad	-39	-27	-27		-31					-29	-27		-180
Agua	Calidad		-33				-71			-27				-131
	Flujo hidrológico		-64											-64
	Disponibilidad						-66							-66
Vegetación	Cobertura										-29			-29
Paisaje	Calidad visual			-29										-29
Empleos	Oferta					0	66	32						98

Los mayores impactos se observarán sobre la calidad del agua y sobre la permeabilidad del suelo como se muestra en la **Figura V:4**.



*Figura V:4. Valoración de los impactos ambientales identificados para el proyecto*

## V.4 CONCLUSIONES

Se contó un total de 37 impactos ambientales, de los cuales 4 fueron beneficiosos y 33 perjudiciales; 9 fueron irrelevantes y 28 fueron moderados. Los mayores impactos negativos recaerían sobre la permeabilidad del suelo y su composición, seguidos de la calidad del agua, el flujo hidrológico y la disponibilidad del agua si no se adoptan las medidas preventivas y de mitigación pertinentes. Sin embargo, como se mencionó, estos impactos ambientales fueron catalogados como irrelevantes o moderados.





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

---

## VI.1 AMBIENTAL

### VI.1.1 Se mantendrá la biodiversidad

De acuerdo al análisis de los componentes del sistema ambiental regional y de los predios, se concluye que la biodiversidad presente en los mismos está representada en la microcuenca y no presenta ecosistemas, especies o comunidades únicas o singulares que se puedan poner en peligro con el desarrollo del proyecto. Por otro lado, se mantendrá una superficie mayor al 60% (64.5%) de la superficie total del predio como área libre o áreas de reserva sin obras, por lo que la biodiversidad de las parcelas se mantendrá. Además, como medida de mitigación de impactos se implementará un programa de rescate de flora que tiene como fin, mitigar la pérdida de vegetación en el área de desplante del proyecto, y un programa de rescate y reubicación de fauna que tiene por objeto reducir los impactos del proyecto en la fauna de rápido y lento desplazamiento.

Por las razones anteriormente expuestas se concluye que se mantendrá la biodiversidad en el sitio del proyecto, justificando el desarrollo del mismo en relación a este criterio de excepcionalidad.

### VI.1.2 Se mitigará erosión de los suelos

Con referencia al análisis de erosión hídrica de suelos a partir de la Ecuación universal de pérdida de suelo a partir de Sistemas de Información Geográfica, se obtuvo que el valor promedio de erosión sin proyecto es de **20.1 ton/ha/año**. Una vez instalado el proyecto, se obtuvo que el valor de la erosión promedio es de **17.83 ton/ha/año**; es evidente que la instalación del proyecto no aumentará la erosión del suelo, ya que se implementará como medida de mitigación la implementación de áreas de conservación en el 64.5% del predio. En la **Figura VI:4** se plasman los niveles de erosión según la FAO, los valores promedios estimados con y sin proyecto se encuentran en el rango de 10 a 50, considerando una erosión moderada.

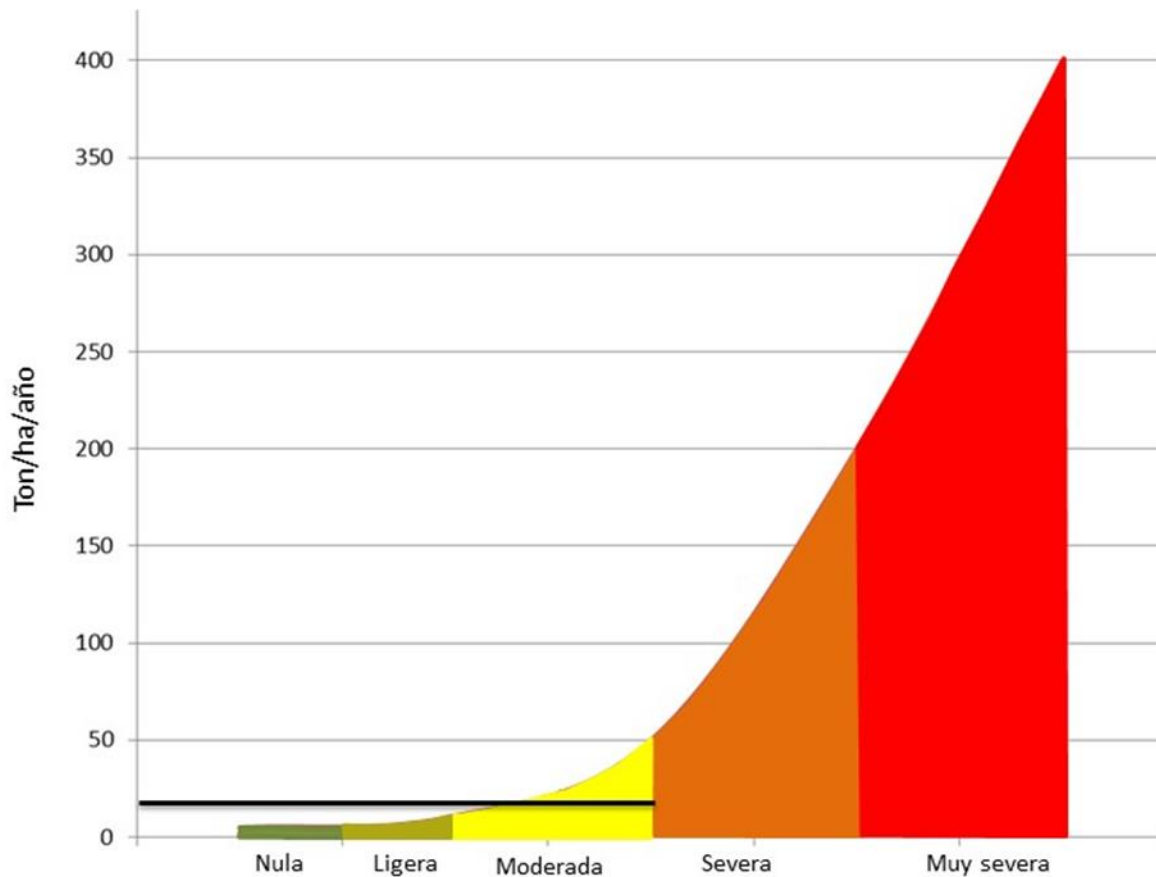


Figura VI:4. Nivel de erosión del predio con respecto a la tasa de pérdida de suelo.

Por lo cual, se concluye que el proyecto “Pastizales” no provocará mayor erosión hídrica que la estimada en el área sin proyecto, y que la implementación de áreas de conservación permiten la integridad y preservación del suelo.

### VI.1.3 Se mitigará el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación

Se realizó el balance hídrico de la microcuenca para dimensionar el efecto de los cambios de cobertura del predio en la infiltración de la misma, fue necesario hacer un balance hídrico en el predio con y sin proyecto para conocer sus efectos en la infiltración particular del terreno. El método utilizado, se basa en el hecho de que la vegetación y el ciclo hidrológico están intrínsecamente emparejados. El balance hídrico de un sitio es un determinante para la distribución y productividad de la vegetación terrestre. En sentido contrario, la composición y distribución de las comunidades vegetales son de fundamental importancia para la generación de la evapotranspiración y el escurrimiento. Las plantas ejercen considerables efectos en el escurrimiento mediante rasgos como el albedo y la intercepción, el comportamiento de las estomas y la transpiración, estrategia de raticulación, el área foliar y la fenología. Es bien conocida, por ejemplo, que una reducción en la cobertura

forestal incrementa el escurrimiento mediante una reducción en la evapotranspiración, mientras la reforestación usualmente decrece el escurrimiento (Gerten, et al., 2004).

En el **Cuadro VI:1** se presentan los resultados de los cálculos de evapotranspiración real obtenidos por medio de las ecuaciones precedentes. La evapotranspiración real resultó en 1.046.20 mm al año.

**Cuadro VI:1. Resultados de la evapotranspiración real en la microcuenca Chumpón**

Parámetro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
temp	23.44	24.74	25.79556	26.619	27.292	27.231	27.3895	27.225	27.163	26.23	24.58	23.66	25.95
i	10.38	11.26	11.99	12.57	13.06	13.01	13.13	13.01	12.97	12.30	11.15	10.52	145.35
ETP sin corr	87.0	105.2	122.0	136.3	148.9	147.8	150.8	147.6	146.5	129.4	102.8	89.9	
nºdías mes	31	28.25	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
nº horas luz	11.68	13.15	12.92	11.38	11.13	12.6	13.3	12.04	10.96	11.88	13.24	12.75	
ETP corr.	87.5	108.6	135.7	129.3	142.7	155.1	172.7	153.1	133.8	132.4	113.4	98.7	1,563.06
PP	58.1	54.1	36.4	37.2	83.5	155.0	118.2	95.9	197.4	227.1	94.0	47.6	1,204.68
ETP Real	58.1	54.1	36.4	37.2	83.5	155.0	118.20	95.9	133.8	132.4	94.0	47.6	1,046.20

En el **Cuadro VI:2** se muestra un extracto del Balance hídrico completo de la microcuenca con las variables necesarias para poder realizar la comparación con el área de afectación del predio.

**Cuadro VI:2. Balance hídrico de la microcuenca Chumpón.**

Uso del suelo y vegetación	PARÁMETROS PARA ESCURRIMIENTO			BALANCE HÍDRICO MICROCUENCA			
	Área(Ha)	K	Ce	Precipitación m³	Escurrimiento (m³)	ETR (m³)	INF (m³)
Área desprovista de vegetación	10.41	0.26	0.20	125,458.75	24,715.37	116,064.32	0.00
Agricultura de temporal anual	1,073.59	0.24	0.18	12,933,246.62	2,263,318.16	11,964,797.26	0.00
Agua	7,423.29	0.00	0.00	89,426,499.94	0.00	82,730,189.37	6,696,310.57
Manglar	10,851.97	0.26	0.20	130,730,955.75	25,753,998.28	120,941,742.47	0.00
Selva baja espinosa subperennifolia	1,557.52	0.22	0.15	18,763,093.76	2,851,990.25	17,358,101.92	0.00
Selva baja subcaducifolia	2,436.71	0.16	0.08	29,354,383.52	2,436,413.83	27,156,309.47	0.00
Selva mediana subperennifolia	39,110.63	0.16	0.08	471,155,984.03	39,105,946.67	435,875,538.10	0.00
Sin vegetación aparente	162.43	0.26	0.20	1,956,786.55	385,486.95	1,810,261.19	0.00
Tular	15,470.15	0.07	0.03	186,365,084.53	6,150,047.79	172,409,953.94	7,805,082.81
Urbano construido	415.36	0.26	0.20	5,003,733.02	985,735.40	4,629,050.45	0.00
Vegetación de dunas costeras	89.46	0.14	0.07	1,077,698.65	72,205.81	996,999.92	8,492.92
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	52,850.58	0.07	0.03	636,677,796.03	21,010,367.27	589,002,976.40	26,664,452.37
Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia	870.71	0.12	0.06	10,489,244.31	597,886.93	9,703,803.33	187,554.05
<b>Total (m³)</b>	<b>132,322.81</b>			<b>1,594,059,965.45</b>	<b>101,638,112.72</b>	<b>1,474,695,788.13</b>	<b>41,361,892.71</b>
<b>Total en hm³</b>				<b>1,594.06</b>	<b>101.64</b>	<b>1,474.70</b>	<b>41.36</b>

Si se consideran los resultados de los cálculos de la infiltración en el predio sin el proyecto, con el proyecto y la diferencia entre ellos (-3,860.52 m<sup>3</sup> al año), al compararse con la infiltración en la microcuenca (41,361,892.71 m<sup>3</sup> al año), la pérdida de infiltración es insignificante, y aún más considerando las medidas tales como la instalación del drenaje pluvial en las áreas de vialidades. Aunado a lo anterior, hay que considerar que más del 60% del área de influencia del proyecto se mantendrá con la vegetación original como área de Áreas verdes naturales, lo que contribuye a la mitigación de la pérdida de infiltración de agua. En cuanto a la calidad del agua, los impactos previstos por la generación de aguas residuales se mitigarán por medio de una planta de tratamiento de aguas residuales cuyo diseño garantizará el cumplimiento de los límites máximos permisibles señalados en la NOM-001-SEMARNAT-1996. Resulta necesario aclarar que las medidas de mitigación mencionadas anteriormente (las áreas con vegetación natural y la planta de tratamiento) son parte integrante del proyecto, razón por la cual no se incluye el escenario con medidas en el análisis realizado. Con base en las consideraciones anteriores, se concluye que se cumple el criterio de excepcionalidad de mitigar el deterioro de la calidad del agua y la disminución de su captación en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal.

## VI.2 ECONÓMICO

La inversión que pretende realizarse para el proyecto Patizales es de aproximadamente MXN \$50,000,000.00 y de acuerdo con las proyecciones de ventas y análisis de flujo de efectivo realizados generaría ingresos por MXN \$15,000,000.00 anuales durante un periodo de 20 años. El valor actual de los recursos forestales es de **MXN \$ \$41,703,477.25** por que se espera que la realización del proyecto sea más rentable que el valor actual de los recursos del predio en el escenario de que éste no se realice.

Además de lo anterior, el proyecto generará un efecto multiplicador en la economía local, ya que la inversión que se pretende realizar permeará en diversos sectores productivos desde su etapa de preparación del sitio y construcción hasta su etapa de operación y mantenimiento, tales como comercios, servicios e industrias. Si bien en esta última etapa los ingresos no serán de gran magnitud, será constantes a lo largo de la vida útil del proyecto.

## VI.3 SOCIAL

De acuerdo con datos de la Sociedad Hipotecaria Federal (2012), México presenta un déficit inmobiliario de más de 9 millones de viviendas. En Quintana Roo, esta cifra asciende a 84

mil 700. Estos datos señalan un mismo número de familias que viven en hacinamiento o en condiciones impropias de vivienda.

Felipe Carrillo Puerto ocupa el lugar 1,300 entre los 2,457 municipios existentes en el país, cuando en el estado existen otros situados dentro de los 30 más desarrollados a nivel nacional. El Municipio cuenta con 75,026 habitantes censados (2010). De acuerdo con el diagnóstico municipal del Ayuntamiento Felipe Carrillo Puerto, en el municipio existen poblaciones (comunidades) con menos de 150 habitantes en el Municipio, tenemos que aproximadamente la mitad de éstas (103 comunidades en el total municipal) carecen de la mayoría o de la totalidad de estos servicios. En cuanto a indicadores económicos tenemos que si bien el 99.4% está ocupada y distribuida en los siguientes sectores: Agrícola-ganadero 49.8%, Comercio 8.8% y otros 41.4%; los niveles de ingreso y bienestar no son los deseables.

Si se considera a la población a partir de los doce años de edad y más, como económicamente activa (PEA); de acuerdo a los datos del INEGI, en el Municipio se tiene al 29.4% del total de la población ocupada; pero de ellos (19,198 habitantes aproximadamente), 40.4% no reciben ingreso; 17.9% tiene un ingreso de menos de 1 salario mínimo; 25.3% tiene ingresos de 1-2 salarios mínimos; 7.3% un ingreso de 3 a 5 salarios mínimos; 4.79% obtiene recursos que van de 5 a 10 salarios mínimos y únicamente otro 4,79% percibe arriba de 10 salarios mínimos.

Lo anterior señala que, de una u otra forma, aproximadamente 3,240 habitantes en el municipio generan un ingreso suficiente para la manutención de 62,133 habitantes; en otras palabras, encontramos una dependencia económica-productiva y de consumo de 19 a 1, o de otra forma, el 4.95% de la población es el sostén económico del 95.05%.

En lo que toca a los aspectos de desempeño institucional, tenemos que el ayuntamiento administra los servicios de parques y jardines, edificios públicos, unidades deportivas y recreativas, monumentos y fuentes, protección civil y seguridad pública entre otros, no obstante, solamente genera de manera endógena o autosustentable el 21.4% del total para su financiamiento y manutención.

En lo que se refiere a los índices de bienestar y satisfacción social, existen diversos índices determinantes; sin embargo, dos de ellos resultan fundamentales para la medición de los niveles básicos de desarrollo: la mortalidad infantil y la educación post-primaria. En lo que se refiere a la primera, encontramos que en el primer lustro de este siglo XXI, en el municipio decreció la tasa de natalidad; sin embargo, contrariamente a lo esperado y deseado, la tasa de mortalidad infantil fue en aumento. El 48.4% de la población municipal cuenta con educación post-primaria, contra el 64.1% el promedio estatal. El municipio, de

acuerdo con datos y conclusiones del diagnóstico municipal del Ayuntamiento, presenta déficits en servicios e infraestructura de salud y educación.

De lo anteriormente expuesto, se considera que el proyecto traerá consigo bienestar social y económico a las comunidades cercanas al mismo, ya que todo tipo de proyectos inmobiliarios traen consigo además del beneficio de la vivienda, otros beneficios asociados, como son las inversiones necesarias para su realización, lo que implica la contratación de empresas que ejecutarán las obras, la compra de insumos, así como los pagos de permisos y derechos. La inversión contribuirá con la creación de aproximadamente 300 empleos temporales y 60 permanentes que beneficiará a gran cantidad de obreros de la industria de la construcción de la zona y con ello mejorará la calidad de vida de las poblaciones cercanas al desarrollo; impulsará al comercio organizado y significará ingresos en materia de impuestos y permisos al Municipio de Felipe Carrillo Puerto, al gobierno estatal y federal.

# VII MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

---

## VII.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA O SISTEMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN.

La mitigación es el diseño y ejecución de obras, actividades o medidas dirigidas a moderar, atenuar, minimizar, o disminuir los impactos negativos que un proyecto pueda generar sobre el entorno humano y natural. Incluso la mitigación puede reponer uno o más de los componentes o elementos del medio ambiente a una calidad similar a la que tenían con anterioridad al daño causado. En el caso de no ser ello posible, se reestablecen al menos las propiedades básicas iniciales (Espinosa, 2001)<sup>173</sup>. La Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, define a las medidas de mitigación como al conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar el impacto ambiental y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas (SEMARNAT, 2018)<sup>174</sup>.

Para abordar e implementar el desarrollo de las medidas propuestas, se establecieron cuatro estrategias que se describen a continuación:

**Prevención**, que se refiere a la aplicación de las medidas antes de que se presenten los impactos con el objeto de evitarlos, estas medidas consisten en evitar ciertas acciones o en establecer acciones que eviten la llegada de contaminantes al medio que se busca proteger

**Mitigación**, que incluye acciones o procedimientos que se implementan para reducir un impacto inevitable, dicho de otra forma, el propósito de la mitigación es generar acciones prediseñadas, destinadas a llevar a niveles aceptables los impactos ambientales de una acción humana.

---

<sup>173</sup> Espinosa, G., 2001. Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Chile (Coed.): Banco Interamericano de Desarrollo y Centro de Estudios para el Desarrollo.

<sup>174</sup> SEMARNAT, 2018. Consulta temática. [En línea] Available at: [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D4\\_GLOS\\_IMPACTO&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D4_GLOS_IMPACTO&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce)



**Compensación**, que busca producir o generar un efecto positivo alternativo y equivalente a uno de carácter adverso y sólo se lleva a cabo en las áreas o lugares en que los impactos negativos significativos no pueden mitigarse (Espinosa, *Op. Cit.*).

Por último, en el caso de los impactos positivos, la **Potenciación**, que se refiere al incremento de un efecto deseado sobre el ambiente. Las medidas se diseñaron de tal forma que cumplan con las características propuestas por Gómez-Orea (1999), viabilidad técnica, eficacia y eficiencia ambiental, viabilidad económica y financiera, factibilidad de implantación, mantenimiento, seguimiento y control.

IMPACTOS AMBIENTALES	Plan Integral de Manejo de Residuos	Afinación y mantenimiento de equipo v maquinaria	Instalación temporal de letrinas portátiles	Establecimiento de áreas verdes	Señalización	Instalación de planta de tratamiento de aguas residuales	Programa de difusión y educación ambiental	Programa de rescate y reubicación de flora	Revegetación de bordes de los canales	Programa de protección y rescate de fauna	Equipamiento con instalaciones a horradoras de agua (tecnologías verdes)	Programa de compensación en beneficio a humedales
Afectación de la calidad del agua por la generación de aguas residuales en el campamento de obra			X									
Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en el campamento de obra	X											
Disminución de la calidad del aire por el desmonte		X		X				X				
Disminución de la cobertura de la vegetación por el desmonte				X				X				
Disminución de poblaciones de fauna por el despalle				X	X		X	X		X		X
Disminución de la calidad del aire por el despalle		X		X								
Disminución de la permeabilidad del suelo por el despalle				X				X				X
Disminución de poblaciones de fauna por el desmonte					X		X	X		X		
Reducción de la permeabilidad del suelo por la compactación en nivelación				X								X
Reducción de la permeabilidad del suelo por la compactación de terracerías				X								
Modificación del flujo hidrológico por la delimitación de las áreas para la apertura del canal												X
Aumento de la permeabilidad del suelo por la excavación del río artificial												X
Modificación del flujo hidrológico por la excavación del canal												X

IMPACTOS AMBIENTALES	Plan Integral de Manejo de Residuos	Afinación y mantenimiento de equipo v maquinaria	Instalación temporal de letrinas portátiles	Establecimiento de áreas verdes	Señalización	Instalación de planta de tratamiento de aguas residuales	Programa de difusión y educación ambiental	Programa de rescate y reubicación de flora	Revegetación de bordes de los canales	Programa de protección y rescate de fauna	Equipamiento con instalaciones ahorradoras de agua (tecnologías verdes)	Programa de compensación en beneficio a humedales
Afectación de la calidad del agua por la infiltración/dispersión en la apertura de canal												
Alteración de la composición del suelo por la excavación del canal									X			
Aumento de la permeabilidad del suelo e infiltración de agua por la excavación de cimentaciones												
Alteración de la composición del suelo por la excavación de cimentaciones												
Disminución de la calidad visual del paisaje por la edificación												
Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en los acabados	X				X		X					
Modificación de la composición del suelo por la excavación de la planta de tratamiento de aguas residuales												
Disminución de la permeabilidad del suelo por la albañilería y los acabados de la planta de tratamiento de aguas residuales												
Modificación de la composición del suelo por la generación de residuos en la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales	X				X		X					
Generación de empleos por la construcción de la planta de tratamiento de las aguas residuales												
Disminución de la calidad del agua por la generación de aguas residuales en la ocupación de las viviendas						X						

IMPACTOS AMBIENTALES	Plan Integral de Manejo de Residuos	Afinación y mantenimiento de equipo v maquinaria	Instalación temporal de letrinas portátiles	Establecimiento de áreas verdes	Señalización	Instalación de planta de tratamiento de aguas residuales	Programa de difusión y educación ambiental	Programa de rescate y reubicación de flora	Revegetación de bordes de los canales	Programa de protección y rescate de fauna	Equipamiento con instalaciones ahorradoras de agua (tecnologías verdes)	Programa de compensación en beneficio a humedales
Disminución de la disponibilidad del agua por el aprovechamiento en ocupación de viviendas					X		X				X	
Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en la ocupación de las viviendas	X				X		X					
Disminución de la calidad del agua por la generación de aguas residuales en hospedaje						X						
Disminución de la disponibilidad del agua por el aprovechamiento en hospedaje					X		X				X	
Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el hospedaje	X				X		X					
Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento de viviendas	X				X		X					
Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento del hotel	X				X		X					
Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento del canal	X				X		X					
Afectación de la composición del suelo por la generación residuos en el mantenimiento general	X				X		X					
Generación de empleos por las etapas operación												
Generación de empleos por la etapa de operación y mantenimiento												

IMPACTOS AMBIENTALES	Plan Integral de Manejo de Residuos	Afinación y mantenimiento de equipo v maquinaria	Instalación temporal de letrinas portátiles	Establecimiento de áreas verdes	Señalización	Instalación de planta de tratamiento de aguas residuales	Programa de difusión y educación ambiental	Programa de rescate y reubicación de flora	Revegetación de bordes de los canales	Programa de protección y rescate de fauna	Equipamiento con instalaciones ahorradoras de agua (tecnologías verdes)	Programa de compensación en beneficio a humedales
Modificación de la composición del suelo por la generación de residuos en la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.					X		X					
Generación de empleos por la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de las aguas residuales												

## VII.1.1 Manejo Integral de Residuos

- Descripción de la medida

La medida consiste en implementar estrategias para el manejo adecuado de los residuos sólidos que se generen en las etapas de construcción y operación de los residuos. Se realizará el manejo integral de los residuos de competencia estatal, para lo cual se someterá a consideración de la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente del Estado de Quintana Roo, el plan de manejo correspondiente para su autorización. De igual forma, se integra los fundamentos legales para su aplicación, los requerimientos para una adecuada supervisión en materia de residuos, estimaciones de cálculo de generación de residuos, así como indicadores de cumplimiento. A continuación, se aborda de manera general las especificaciones y generalidades de la medida de mitigación aplicada.

- Impacto al que se dirige

Los impactos que pueden generarse pueden afectar principalmente al factor suelo, a continuación, se muestra los impactos que pueden mitigarse con la implementación del Plan integral de manejo de Residuos (**Cuadro VII:1**).

*Cuadro VII:1. Impactos a mitigar o minimizar con la implementación del Plan de manejo de Residuos*

Impacto	Factor	Componente
Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en el campamento de obra	Composición	Suelo
Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en los acabados	Composición	Suelo
Modificación de la composición del suelo por la generación de residuos en la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales	Composición	Suelo
Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en la ocupación de las viviendas	Composición	Suelo
Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el hospedaje	Composición	Suelo
Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento de viviendas	Composición	Suelo
Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento del hotel	Composición	Suelo

Impacto	Factor	Componente
Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento del canal	Composición	Suelo
Afectación de la composición del suelo por la generación residuos en el mantenimiento general	Composición	Suelo

- **Fundamento Normativo**

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos conforme a lo establecido en su Artículo 2, Apartado IV, Artículo 5, apartado XVII y Artículos 9 y 10.

Artículo 14 y Artículo 62 fracciones I, II y III, de la Ley para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos del Estado de Quintana Roo y los artículos 21, 22 y 23 del Reglamento de la Ley.

La Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011 establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo.

- **Objetivo de la medida**

Implementar y obtener el manejo adecuado de los Residuos Sólidos Urbanos y Residuos de Manejo Especial

- **Estrategias**

Contar con un diagnóstico de la generación de residuos sólidos urbanos y de manejo especial durante el desarrollo del proyecto.

Diseñar, implementar y verificar metodologías para la separación de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Verificar el cumplimiento del adecuado manejo de los residuos, así como su reducción, reutilización y valorización.

Implementar campañas de sensibilización, capacitación e información sobre el manejo de los residuos entre los participantes del proyecto.

Diseñar y generar espacios de almacenamiento temporal dentro de la superficie de CUSTF y dentro de las instalaciones proyectadas.

Dar cumplimiento a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y la Ley para la Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo, así como sus respectivos Reglamentos.

- Momento de la aplicación

El plan de manejo se implementará en las tres etapas del proyecto, preparación del sitio, construcción y operación, ejecutado por el promovente.

- Método de supervisión.

Para obtener las metas establecidas en el Plan, se requerirá de la supervisión de cada uno de las actividades implementadas en este, así como su seguimiento ante la autoridad correspondiente en el cual se incluya evidencias fotográficas. Para ello se requerirá de una empresa que supervise el área ambiental del proyecto, la cual deberá notificar los resultados ante el promovente y la autoridad correspondiente.

- Indicador de eficacia

Los indicadores de eficacia de la ejecución tienen el objetivo de estimar el grado de cumplimiento de los objetivos por comparación entre lo conseguido y lo previsto.

Cabe señalar que tanto el manejo de los residuos como la evidencia del cumplimiento se sujetarán a lo establecido por las autoridades correspondientes según su competencia y nivel de generación, según se indica en el Cuadro VII:2. Por medio de estas evidencias, se debe demostrar que se da un manejo adecuado a la totalidad de los residuos generados.

*Cuadro VII:3. Manejo de Residuos por competencias.*

Tipo de residuo	Tipo de generador	Competencia	Evidencia de cumplimiento
Residuos Peligrosos	Microgenerador (g<400 kg/año)	Federal	Bitácora de generación de residuos peligrosos y comprobantes de recolección y transporte.
Residuos de Manejo Especial	Gran generador (g>80 m <sup>3</sup> )	Estatal	Plan de manejo de residuos de competencia estatal y su autorización.
Residuos Sólidos Urbanos	Pequeño generador (g<27.4 kg)	Municipal	Comprobantes de recolección de residuos sólidos urbanos.

### VII.1.2 Afinación y mantenimiento de equipo y maquinaria.

- Descripción de la medida

Se implementará la verificación y supervisión del funcionamiento de la maquinaria empleada durante las diversas actividades a desempeñar en el proyecto Pastizales para reducir las emisiones a la atmósfera.



- Impacto al que se dirige

El factor ambiental que pueda verse afectado por la omisión de la presente medida de mitigación, es el aire, siendo el componente principal su calidad, en el **Cuadro VII:3** se plasma los impactos resultantes.

*Cuadro VII:4. Impactos a mitigar o minimizar con la implementación de la verificación y mantenimiento de equipo y maquinaria*

Impacto	Factor	Componente
Disminución de la calidad del aire por el desmonte	Calidad	Suelo
Disminución de la calidad del aire por el despalme	Calidad	Suelo

- Fundamento Normativo

Norma Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT-2017. Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.

- Objetivo de la medida

Reducir las emisiones de gases, polvos y ruido a la atmósfera, generado por el uso de maquinaria pesada.

- Estrategias

Verificar que la maquinaria emplea durante las actividades de preparación del sitio y construcción cuenten con permisos vigentes para su funcionamiento, así como la implementación de medidas para minimizar el ruido, en caso de ser necesario.

Señalar que la empresa arrendadora tiene la obligación de verificar si el equipo se encuentra en condiciones óptimas para su funcionamiento y que cuente con personal capacitado para su maniobra.

Trasladar la maquinaria a un taller autorizado, en caso de presentar un funcionamiento inadecuado durante las actividades del proyecto, en caso de no poder trasladarla, es necesario evitar el posible derrame de hidrocarburos, colocando charolas y materias impermeables, impidiendo así la infiltración al suelo.

Implementar y verificar el uso de Equipo de protección personal (EPP) en los trabajadores, principalmente el uso de tapones durante el funcionamiento de la maquinaria.

- Momento de la aplicación

La medida se implementará antes y durante la preparación del sitio, así como en la etapa de construcción.

- Método de supervisión

Para la supervisión de esta medida se requiere trabajar en conjunto con la empresa arrendadora del equipo, personal de obra y empresa responsable de la supervisión ambiental del proyecto. El responsable de obra debe verificar las condiciones de la maquinaria a emplear, y el supervisor durante las visitas de inspección debe corroborar la información. Los resultados deberán informarse tanto al promovente como a la autoridad correspondiente mediante los informes de seguimiento ambiental, enriqueciendo la información mediante el empleo de registros fotográficos y de copias de la documentación pertinente.

- Indicador de eficacia

Durante las diversas etapas del proyecto se requiere de la supervisión de cada una de las actividades propuestas, para ello se debe generar evidencia escrita y fotográfica, la cual debe ser presentada ante el promovente y la autoridad en materia ambiental competente.

### VII.1.3 Instalación temporal de letrinas portátiles.

- Descripción de la medida

Para evitar el fecalismo al aire libre y controlar la generación de aguas residuales de tipo sanitario, se implementará el uso de sanitarios portátiles. La empresa arrendadora debe verificar que las instalaciones se encuentren en condiciones óptimas para su uso.

- Impacto al que se dirige

*Cuadro VII:5. Impactos a mitigar o minimizar*

Impacto	Factor	Componente
Afectación de la calidad del agua por la generación de aguas residuales en el campamento de obra	Calidad	Agua

- Objetivo de la medida

Evitar la práctica del fecalismo al aire libre.

Controlar la generación de aguas residuales de tipo sanitario.

- Estrategia

Asignar una letrina portátil en el área de trabajo por cada 20 trabajadores.

Confirmar que la empresa arrendadora cuente con los permisos y autorizaciones correspondientes para su operación.

Verificar que la empresa mantenga una limpieza diaria en los sanitarios, así como un manejo adecuado en las aguas residuales y residuos sólidos generados, con base a la legislación aplicable.

Colocar los sanitarios portátiles en áreas estratégicas, evitando que interfieran en las actividades de la obra y cubriendo las necesidades de los trabajadores.

- Momento de la aplicación

La presente medida debe ser aplicada durante las actividades a realizar en la preparación del sitio y construcción, y debe ser efectuada por el promovente del proyecto. Si durante la operación del proyecto no se contara con instalaciones sanitarias, es necesario el uso de letrinas portátiles.

- Método de supervisión

El personal encargado de la supervisión ambiental durante el proyecto, será el responsable de la verificación e inspección de las instalaciones sanitarias, considerando que estas se encuentren en condiciones óptimas, y que las aguas residuales generadas tengan la disposición final adecuada con lo establecido por la legislación ambiental. Las actividades de inspección deben ser documentadas de manera escrita con evidencias fotográficas para ser entregadas en manera de informe al promovente y a la autoridad competente.

- Indicador de eficacia

Para la verificación de su eficiencia, la empresa arrendadora debe emitir un comprobante que especifique el mantenimiento o limpieza que se le efectuó a la instalación portátil, así como el destino final de los residuos generados, para posteriormente documentarlo en los informes que genere la empresa responsable de la supervisión ambiental, para posteriormente entregar los informes al promovente y la autoridad correspondiente.

#### **VII.1.4 Instalación de planta de tratamiento de aguas residuales.**

- Descripción de la medida

Durante la etapa de operación se requiere de la implementación e instalación de una planta de tratamientos de aguas residuales, esto para evitar que los cuerpos de agua cercanos al

predio o el agua del subsuelo, se pueda ver afectada por un derrame accidental de aguas residuales provenientes de las instalaciones del hotel.

- Impacto al que se dirige

*Cuadro VII:6. Impactos a mitigar o minimizar*

Impacto	Factor	Componente
Disminución de la calidad del agua por la generación de aguas residuales en la ocupación de las viviendas	Calidad	Agua
Disminución de la calidad del agua por la generación de aguas residuales en hospedaje	Calidad	Agua

- Fundamento Normativo

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. Lodos y biosólidos-especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final

- Objetivo de la medida

Tratar las aguas residuales generadas por la operación del proyecto, y así evitar la contaminación de cuerpos de agua superficial y subterránea presente en el predio.

- Estrategia

Instalación de Plantas de tratamiento de agua prefabricadas, cumpliendo las especificaciones necesarias para su funcionamiento.

Cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-003-SEMARNAT-1997, NOM-004-SEMARNAT-2002.

Asignar a un responsable para la operación de la planta de tratamiento, el cual debe supervisar el funcionamiento de la planta, de igual forma, debe registrar los volúmenes recibidos y tratados diariamente en una bitácora.

Monitorear los efluentes realizando análisis de su calidad, esto a cargo de un laboratorio certificado.

Reusar las aguas obtenidas después del tratamiento, en actividades como el riego de áreas verdes y usos no consuntivos dentro del desarrollo turístico.

- Momento de la aplicación

Durante la etapa de operación del proyecto, el total de las aguas residuales generadas deberán recibir tratamiento terciario, cumpliendo con los límites máximos permisibles establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997.

La operación de la planta tratadora de agua se requerirá durante la puesta en marcha del proyecto Pastizales, donde se tratarán aguas residuales provenientes de los servicios del hotel; es necesario cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en las Normas Mexicanas NOM-003-SEMARNAT-1997, NOM-004-SEMARNAT-2002.

- Método de supervisión

La planta tratadora de aguas residuales contará con un operador capacitado para su funcionamiento; la empresa contratada para la supervisión ambiental debe trabajar en conjunto con el operador para verificar que la planta se encuentre en condiciones óptimas de funcionamiento, el cual será corroborado con el análisis de los efluentes.

- Indicador de eficacia

Para medir la eficiencia de la planta tratadora de aguas, se realizará muestreos de los efluentes por parte de un laboratorio certificado, por el periodo que la autoridad asigne. Los límites a respetar para el reusó de las aguas residuales en actividades de servicio, se plasman en el **Cuadro 6**.

*Cuadro VII:7. Límites Máximos Permisibles de la NOM-003-SEMARNAT-1997*

Límites Máximos Permisibles de Contaminantes					
Tipo de reusó	Coliformes fecales NMP/100ml	Huevos de helminto (h/l)	Grasas y aceites mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l	SST mg/l
Servicios al público con contacto directo	240	≥1	15	20	20
Servicios al público con contacto indirecto u ocasional	1,000	≤5	15	30	30

### VII.1.5 Equipamiento con instalaciones ahorradoras de agua (tecnologías verdes).

- Descripción de la medida

Para el ahorro en el consumo de agua durante la etapa de operación del proyecto, se implementará la instalación de equipamiento sanitario certificado ante las normas correspondientes.

- Impacto al que se dirige

*Cuadro VII:8. Impactos a mitigar o minimizar*

Impacto	Factor	Componente
Disminución de la disponibilidad del agua por el aprovechamiento en ocupación de viviendas	Disponibilidad	Agua
Disminución de la disponibilidad del agua por el aprovechamiento en hospedaje	Disponibilidad	Agua

- Fundamento Normativo

NORMA Oficial Mexicana NOM-005-CNA-1996, Fluxómetros-Especificaciones y métodos de prueba.

NORMA Oficial Mexicana NOM-008-CNA-1998, Regaderas Empleadas en el Aseo Corporal - Especificaciones y Métodos de Prueba.

NORMA Oficial Mexicana NOM-009-CNA-2001, Inodoros para uso sanitario-Especificaciones y métodos de prueba.

NOM-010-CNA-2000, Válvula de admisión y válvula de descarga para tanque de inodoro. Especificaciones y métodos de prueba.

- Objetivo de la medida

Minimizar el consumo de agua en todas las actividades que se lleven a cabo dentro de las instalaciones del hotel y vivienda.

- Estrategia

Implementar la instalación de sistemas economizadores de agua.

Supervisar las instalaciones de tuberías, así como los accesorios para localizar posibles fugas y darles mantenimiento.

Divulgar y capacitar a los trabajadores sobre el ahorro y consumo de agua.

Realizar campañas de concientización de consumo y cuidado del agua para los trabajadores y huéspedes.

- Momento de la aplicación

La implementación de esta medida será durante la etapa de operación en las instalaciones sanitarias, uso doméstico y cocina del hotel y las viviendas.

- Método de supervisión

Para la supervisión de esta medida, se verificará que, durante las actividades de construcción, el personal o prestador de servicio contratado para las obras, instalen equipos sanitarios y de cocina, que se encuentren en la normatividad aplicable. Una vez en funcionamiento las instalaciones, el personal encargado de mantenimiento tendrá la obligación de verificar las instalaciones hidráulicas y sanitarias para detectar la presencia de una posible fuga o mal funcionamiento de las instalaciones. Esto se notificará ante la empresa encargada de la supervisión ambiental, para tomar evidencia fotográfica para la elaboración del reporte que será entregado ante la autoridad correspondiente para darle cumplimiento a las condicionantes.

- Indicador de eficacia

Para la reducción de pérdida de agua se implementa el siguiente indicador:

$$\text{Reducción de pérdida} = \frac{\text{reparaciones}}{\text{fugas encontradas}} * 100$$

Para cuantificar el personal capacitado se asigna el presente indicador:

$$\text{Personal capacitado} = \frac{\text{cantidad de personal capacitado}}{\text{personal total de la empresa}} * 100$$

A cada uno de los indicadores se anexa evidencia escrita y fotográfica para notificarle a la autoridad competente.

### **VII.1.6 Programa de rescate y reubicación de flora**

- Descripción de la medida

Se implementará el rescate y reubicación de flora que se encuentre contemplada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, o que por sus características puedan ser rescatadas.

- Impacto al que se dirige

**Cuadro VII:9. Impactos a mitigar o minimizar**

Impacto	Factor	Componente
Disminución de la calidad del aire por el desmonte	Calidad	Aire
Disminución de la cobertura de la vegetación por el desmonte	Cobertura	Vegetación
Disminución de poblaciones de fauna por el despalme	Poblaciones	Fauna
Disminución de la permeabilidad del suelo por el despalme	Permeabilidad	Suelo

- **Fundamento Normativo**

Artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Artículo 123 BIS del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

- **Objetivo de la medida**

Conservar y preservar la diversidad genética de las especies forestales presentes en el predio donde se pretende realizar el proyecto.

- **Estrategia**

Establecer los criterios para la selección de las especies forestales presentes en la superficie de cambio de usos de suelo.

Identificar la cantidad de números de individuos por especie a rescatar.

Implementar métodos y técnicas para el rescate, transporte y conservación de los individuos, según su especie.

Asignar una superficie para el acopio y conservación del germoplasma.

- **Momento de la aplicación**

La implementación del presente programa será previa a las actividades de preparación del sitio y durante estas; debido a la implementación de un vivero temporal de las especies rescatadas, es posible que la aplicación del presente programa se extienda durante las actividades de construcción.



- Método de supervisión

La empresa responsable de la supervisión ambiental, es quien verificará el cumplimiento de cada uno de los objetivos establecidos del presente programa. Es de importancia mencionar, que se debe contar con personal capacitado y con experiencia para la implementación del programa.

- Indicador de eficacia

Deberá notificar los resultados obtenidos ante el promovente y la autoridad competente, a través de un documento escrito con evidencias fotográficas.

### VII.1.7 Establecimiento de áreas verdes y reservas ecológicas.

- Descripción de la medida

Las áreas del predio que no se ocuparán en el cambio de uso de suelo se asignarán como áreas verdes y reservas ecológicas destinadas exclusivamente a la conservación, esta medida de mitigación tiene alcance con el programa de rescate y reubicación de fauna, ya que, las especies rescatadas se integrarán a las áreas delimitadas como verdes o a las áreas desprovistas de vegetación.

- Impacto al que se dirige

*Cuadro VII:10. Impactos a mitigar o minimizar*

Impacto	Factor	Componente
Disminución de la calidad del aire por el desmonte	Calidad	Aire
Disminución de la cobertura de la vegetación por el desmonte	Cobertura	Vegetación
Disminución de poblaciones de fauna por el despalme	Población	Fauna
Disminución de la calidad del aire por el despalme	Calidad	Aire
Disminución de la permeabilidad del suelo por el despalme	Permeabilidad	Suelo
Reducción de la permeabilidad del suelo por la compactación en nivelación	Permeabilidad	Suelo
Reducción de la permeabilidad del suelo por la compactación de terracerías	Permeabilidad	Suelo

- Fundamento Normativo

NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

Artículo 132 de la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo.

- Objetivo de la medida

Conservar áreas de vegetación para la protección de los servicios ambientales como: recarga de acuífero, cuidado de fauna y flora, entre otros.

- Estrategia

Integrar la vegetación rescatada del cambio de uso de suelo en las áreas verdes asignadas.

Delimitar y señalar las áreas de conservación, para evitar posibles impactos generados por los trabajadores o residentes.

Realizar recorridos en las áreas verdes para verificar la salud de la vegetación.

- Momento de la aplicación

La aplicación de esta medida debe ser previa a la preparación del sitio, debido a que debe delimitar las áreas a conservar, para evitar una posible afectación durante los procesos de preparación del sitio y construcción. Posteriormente finalizada las dos primeras etapas del proyecto, durante su operación se le dará seguimiento al programa para el cuidado y manejo de las áreas verdes.

- Método de supervisión

Se efectuarán visitas de campo para la supervisión de las áreas verdes, verificando que la delimitación y la señalización estén en condiciones óptimas, así como también, que las áreas se encuentren sin presencia de residuos y plagas. Estas tareas serán desempeñadas por el responsable ambiental contratado.

- Indicador de eficacia

Se debe notificar los resultados obtenidos ante el promovente y la autoridad competente, a través de un documento escrito con evidencias fotográficas.

### **VII.1.8 Revegetación de los bordes del canal.**

- Descripción de la medida

Para evitar el asolvamiento del canal y el deslizamiento del material en los taludes, se establecerá vegetación nativa en los bordes del mismo, misma que procederá básicamente del material rescatado y estará constituida fundamentalmente por arbustos (**Figura VII:4**)



Figura VII:4. Estructura general de la revegetación de los bordes del canal

- Impacto al que se dirige

Cuadro VII:11. Impactos a mitigar o minimizar

Impacto	Factor	Componente
Afectación de la composición del suelo por la apertura del canal	Composición	Suelo

- Fundamento Normativo

NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

Artículo 132 de la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo.

- Objetivo de la medida

Conservar áreas de vegetación para la protección de los servicios ambientales como: recarga de acuífero, cuidado de fauna y flora, entre otros.

Proteger los taludes y bordes en las áreas de influencia del canal.

- Estrategia

Establecer vegetación en los bordes del canal para estabilizar los taludes y evitar deslizamientos de material hacia el mismo o hacia otras áreas.

- Momento de la aplicación

La aplicación de esta medida debe ser posterior a la excavación y estabilización del río artificial

- Método de supervisión

Se efectuarán visitas de campo para la supervisión de la ejecución de la medida de revegetación de los bordes del canal; así como, posteriormente, el mantenimiento del área.

- Indicador de eficacia

Se debe notificar los resultados obtenidos ante el promovente y la autoridad competente, a través de un documento escrito con evidencias fotográficas.

### VII.1.9 Programa de compensación en beneficio a los humedales.

- Descripción de la medida

El área donde se realizará el proyecto, se caracteriza por tener superficies con vegetación de humedales; por lo cual, es de importancia distinguir los factores bióticos y abióticos que permitan evaluar las condiciones actuales y futuras de la vegetación de manglar.

- Impacto al que se dirige

*Cuadro VII:12. Impactos a mitigar o minimizar*

Impacto	Factor	Componente
Disminución de poblaciones de fauna por el despalme	Población	Fauna
Disminución de la permeabilidad del suelo por el despalme	Permeabilidad	Suelo
Reducción de la permeabilidad del suelo por la compactación en nivelación	Permeabilidad	Suelo
Modificación del flujo hidrológico por la delimitación de las áreas para la apertura del canal	Flujo hidrológico	Agua
Aumento de la permeabilidad del suelo por la excavación del río artificial	Permeabilidad	Suelo
Modificación del flujo hidrológico por la excavación del canal	Flujo hidrológico	Agua

- Fundamento Normativo

La NOM-022-SEMARANT-2003 establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.

NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

- Objetivo de la medida

Establecer medidas para la conservación, preservación y desarrollo de las zonas de humedales presentes en la superficie del proyecto.

- Estrategia

Identificar indicadores bióticos y abióticos para la caracterización de los humedales presentes en el predio.

Establecer métodos de monitoreo y determinar su periodicidad que permita definir la calidad y funcionalidad de los humedales.

Implementar medidas para la protección y conservación del humedal

- Momento de la aplicación

Esta medida debe estar presente en todas las etapas descritas del presente proyecto.

- Método de supervisión

La empresa encargada del seguimiento ambiental del proyecto, deberá verificar el cumplimiento de los resultados de la ejecución del programa con base en el monitoreo de indicadores. Dichos resultados deberán plasmarse en los informes continuos que se habrán de entregar tanto a la autoridad pertinente como al promovente, donde deberá incluir los resultados de la evaluación de los indicadores descritos en el programa, también podrá valerse de archivos fotográficos, y cualquier otro medio que considere necesario.

### VII.1.10 Programa de protección y rescate de fauna

- Descripción de la medida

Implementación de un programa de rescate de fauna, para evitar que esta pueda afectarse por las actividades desempeñadas en el proyecto.

- Impacto al que se dirige

*Cuadro VII:13. Impactos a mitigar o minimizar*

Impacto	Factor	Componente
Disminución de poblaciones de fauna por el despalde	Población	Fauna
Disminución de poblaciones de fauna por el desmonte	Población	Fauna

- Fundamento Normativo

NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

- Objetivo de la medida

Prevenir que la fauna circundante en el área del proyecto se vea afectada por las actividades a realizar.

- Estrategia

Identificar las especies que se encuentren especificadas bajo una categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Para el apoyo de esta estrategia se consultará el estudio de caracterización de la fauna.

Ahuyentar a la fauna circundante a la zona previo a la preparación del sitio, para que pueda desplazarse a otros sitios por sus propios medios.

Capturar, transportar y reubicar a la fauna a otro sitio, si esta se encuentra durante las actividades de preparación y construcción.

Describir metodologías para la captura de especies, así como el material y equipo a emplear.

El Programa de Rescate de Fauna se sustenta en los estudios de caracterización de la fauna que habita o transita por el predio en cuestión, y determina las acciones que, de acuerdo a las especies presentes, resultan viables para su protección; así mismo, establece las técnicas y metodologías para la ejecución de dichas acciones. Las actividades especificadas en el programa de rescate de fauna, deben ser desempeñadas por personal con experiencia y capacitado

- Momento de la aplicación

La aplicación del programa se implementará previamente a iniciar las acciones del proyecto, así como durante la ejecución de las actividades de preparación y construcción.

- Método de supervisión

El responsable del área de supervisión ambiental será quien recolecte las evidencias de la ejecución del rescate y reubicación de fauna.

- Indicador de eficacia

Con la aplicación de las siguientes ecuaciones se podrá evaluar en qué porcentaje fueron exitosas las acciones de rescate y reubicación.

**Cuadro VII:14. Indicadores de éxito para las acciones de rescate y reubicación.**

Indicador de Seguimiento	Eficiencia de la medida
$ea = \left( \frac{af}{ai} \right) \times 100$ <p>En donde:                      ea = eficiencia de ahuyentamiento                      af = animales ahuyentados al final                      ai= animales ahuyentados al inicio</p>	$ea = \leq 5\%$
$or = \left( \frac{orb}{oip} \right) \times 100$ <p>En donde:                      or = organismos rescatados                      orb = número de organismos rescatados                      oip = número organismos identificados en los recorridos previos</p>	$or = 100\%$
<p>Indicador:</p> $nr = \left( \frac{nrb}{nlp} \right) \times 100$ <p>En donde:                      or = nidos o madrigueras activas rescatados                      orb = número de nidos o madrigueras activas rescatados                      oip = número nidos o madrigueras activas identificados</p>	$nr = 100\%$
$\phi_t = \left( \frac{ol}{or_t} \right) \times 100$ <p><math>\phi_t</math> = probabilidad de supervivencia                      pl = población liberada                      pr<sub>t</sub> = población rescatada</p>	$\phi_t = 100\%$

De igual forma, toda captura, transporte y reubicación será documentado con evidencia fotográfica y escrita, para notificar la información al promovente y autoridad competente.

### VII.1.11 Programa de difusión y educación ambiental.

- Descripción de la medida

Para fomentar la concientización en el personal en el cuidado de la fauna y la flora, así como el manejo adecuado de los residuos a generar en cada una de las actividades programadas, se implementa la medida programa de difusión y educación ambiental.

- Impacto al que se dirige

**Cuadro VII:15. Impactos a mitigar o minimizar**

Impacto	Componente	Factor
Disminución de poblaciones de fauna por el despalde	Población	Fauna
Disminución de poblaciones de fauna por el desmonte	Población	Fauna
Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en los acabados	Composición	Suelo
Modificación de la composición del suelo por la generación de residuos en la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales	Composición	Suelo
Disminución de la disponibilidad del agua por el aprovechamiento en ocupación de viviendas	Disponibilidad	Agua
Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en la ocupación de las viviendas	Composición	Suelo
Disminución de la disponibilidad del agua por el aprovechamiento en hospedaje	Disponibilidad	Agua
Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el hospedaje	Composición	Suelo
Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento de viviendas	Composición	Suelo
Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento del hotel	Composición	Suelo
Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento del canal	Composición	Suelo
Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento general	Composición	Suelo
Modificación de la composición del suelo por la generación de residuos en la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.	Composición	Suelo

- **Objetivo de la medida**

Fomentar la concientización ambiental en el personal a ejecutar las actividades programadas del proyecto.

- **Estrategia**

Diseñar y ejecutar pláticas de temática ambiental, para que previo, durante y posteriormente a las actividades de las obras, sean impartidas al personal.

Informar sobre la importancia que representa la interacción con la fauna silvestre, tanto para el personal como para la misma fauna.

Establecer acciones que garantizan un manejo adecuado de los residuos sólidos, las cuales estarán enfocadas principalmente a la prevención de la contaminación del medio.

Implementar el manejo de bitácora en la que se deberá informar sobre el número de sesiones programadas, el contenido de cada una de ellas, y la lista de asistencia de los participantes.



- Momento de la aplicación

La aplicación de esta medida será previa al inicio de las actividades y durante estas.

- Método de supervisión

El personal encargado de la supervisión ambiental del proyecto tendrá la responsabilidad de verificar que las pláticas sean programadas e impartidas, tomando evidencia fotográfica, así como la revisión de la bitácora de actividades.

- Indicador de eficacia

Para cuantificar se implementa el indicador:

$$\text{Personal capacitado} = \frac{\text{Personas capacitadas}}{\text{Total de personal}} * 100$$

### VII.1.12 Señalización.

- Descripción de la medida

Para complementar las actividades descritas en cada una de las medidas, estas se acompañan con la implementación permanente de señalización que permita prevenir posibles daños en la fauna y trabajadores, manejo adecuado de los residuos, dirección y sentido de vialidades, entre otros.

- Impacto al que se dirige

**Cuadro VII:16. Impactos a mitigar o minimizar**

Impacto	Factor	Componente
Disminución de poblaciones de fauna por el despalme	Población	Fauna
Disminución de poblaciones de fauna por el desmonte	Población	Fauna
Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en los acabados	Composición	Suelo
Modificación de la composición del suelo por la generación de residuos en la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales	Composición	Suelo
Disminución de la disponibilidad del agua por el aprovechamiento en ocupación de viviendas	Disponibilidad	Agua
Alteración de la composición del suelo por la generación de residuos en la ocupación de las viviendas	Composición	Suelo
Disminución de la disponibilidad del agua por el aprovechamiento en hospedaje	Disponibilidad	Agua
Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el hospedaje	Composición	Suelo
Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento de viviendas	Composición	Suelo

Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento del hotel	Composición	Suelo
Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento del canal	Composición	Suelo
Afectación de la composición del suelo por la generación de residuos en el mantenimiento general	Composición	Suelo
Modificación de la composición del suelo por la generación de residuos en la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.	Composición	Suelo

- **Objetivo de la medida**

Prevenir la posible afectación a la fauna y a las personas por el tránsito y operación de la maquinaria y equipo en la etapa de construcción y operación del proyecto.

- **Estrategia**

Colocar señalización visible y comprensible para la adecuada interpretación por parte del personal.

Implementar letreros que delimiten las áreas verdes con el área de cambio de uso de suelo, así como letreros prohibitivos y de advertencia en la captura, obstaculización y perturbación de la fauna.

Especificar las áreas de depósito, clasificación, así como la disposición final de los residuos.

- **Momento de la aplicación**

La aplicación de la presente medida será durante todo el proceso del proyecto (preparación del sitio, construcción y operación).

- **Método de supervisión**

La empresa encargada de la supervisión ambiental, tendrá la responsabilidad de verificar las condiciones de las señalizaciones instaladas en cada área asignada, con el fin de que estas puedan ser visibles y reconocidas por el personal. Se tomará evidencia fotográfica y escrita para informarle al promovente y a la autoridad competente.

## **VII.2 IMPACTOS RESIDUALES**

Los impactos residuales son aquellos que permanecen después de que se han implementado las medidas de prevención y mitigación. Entre ellos están los que son irreversibles y los que no tienen una medida asociada.

En el primer grupo se encuentran:

- Disminución de la permeabilidad del suelo por el despalme
- Reducción de la permeabilidad del suelo por la compactación de terracerías
- Modificación de la composición del suelo por la excavación de la planta de tratamiento de aguas residuales
- Disminución de la permeabilidad del suelo por la albañilería y los acabados de la planta de tratamiento de aguas residuales
- Generación de empleos por la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de las aguas residuales

En tanto que en el segundo grupo se encuentran:

- Alteración de la composición del suelo por la excavación del canal
- Aumento de la permeabilidad del suelo e infiltración de agua por la excavación de cimentaciones
- Alteración de la composición del suelo por la excavación de cimentaciones
- Disminución de la calidad visual del paisaje por la edificación
- Modificación de la composición del suelo por la excavación de la planta de tratamiento de aguas residuales
- Disminución de la permeabilidad del suelo por la albañilería y los acabados de la planta de tratamiento de aguas residuales.

### **VII.3 PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL**

El presente Programa de Manejo Ambiental tiene como finalidad, la supervisión, seguimiento y verificación de cada una de las medidas de prevención y mitigación propuestas en el presente documento. Para la ejecución del programa de manejo ambiental es necesario que se cuente con personal que cuente con la experiencia necesaria y la capacitación en procesos de supervisión ambiental.

Durante las visitas, el técnico encargado de la inspección en compañía del personal que asigne el promovente para atender la visita, deberá verificar que a la par del desarrollo del Proyecto, se da cumplimiento con las medidas de prevención, mitigación y/o corrección a las que se ha comprometido el promovente en este documento, así como aquellas a las que condicione la autorización en materia ambiental emitidas por la autoridad competente.

Con el fin de que el personal técnico encargado de la inspección del proyecto determine de forma objetiva el grado de cumplimiento de las medidas propuestas, a continuación, se presenta una serie de líneas estratégicas generadas a partir de las medidas propuestas y de los impactos a los que estas se dirigen. Estas medidas estratégicas indican de forma concisa

los objetivos que debe alcanzar a la aplicación de cada medida, así como la descripción de las acciones a ejecutar para el cumplimiento de la medida, el momento en que debe ser aplicada, los recursos necesarios para su ejecución, y los indicadores que deberán ser evaluados por el personal supervisor para determinar su grado de cumplimiento.

A continuación, se presentan las líneas estratégicas generadas en función de las medidas a las que se compromete el promovente del Proyecto (**Cuadro VII:17**).

**Cuadro VII:17. Líneas estratégicas generales de las medidas de prevención y mitigación de impactos.**

MEDIDAS	ETAPA DEL PROYECTO	OBJETIVOS	MOMENTO DE EJECUCIÓN	RECURSOS NECESARIOS PARA SU EJECUCIÓN
Plan integral de manejo de Residuos	Preparación del sitio, construcción y operación.	Implementar y obtener el manejo adecuado de los Residuos Sólidos Urbanos y Residuos de Manejo Especial	El plan de manejo se implementará en las tres etapas del proyecto, preparación del sitio, construcción y operación, ejecutado por el promovente.	Contenedores, letreros, espacios para el acopio de residuos
Afinación y mantenimiento de equipo	Preparación del sitio y construcción	Reducir las emisiones de gases, polvos y ruido a la atmósfera, generado por el uso de maquinaria pesada.	La medida se implementará antes y durante la preparación del sitio, así como en la etapa de construcción.	Contar con un taller para el mantenimiento periódico de la maquinaria y equipo. Bitácora de seguimiento.
Instalación temporal de letrinas portátiles	Preparación del sitio y construcción	Evitar la práctica del fecalismo al aire libre.	La presente medida debe ser aplicada durante las actividades a realizar en la preparación del sitio y construcción, y debe ser efectuada por el promovente del proyecto. Si durante la operación del proyecto no se contara con instalaciones sanitarias, es necesario el uso de letrinas portátiles.	Renta y servicio de letrinas portátiles (1 por cada 20 trabajadores)
Instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales.	Operación	Tratar las aguas residuales generadas por la operación del proyecto, y así evitar la contaminación de cuerpos de agua superficial y	Durante la etapa de operación del proyecto, el total de las aguas residuales generadas deberán recibir tratamiento terciario, cumpliendo con los límites	Diseño, construcción y operación de una planta de tratamiento de aguas residuales.

MEDIDAS	ETAPA DEL PROYECTO	OBJETIVOS	MOMENTO DE EJECUCIÓN	RECURSOS NECESARIOS PARA SU EJECUCIÓN
		subterránea presente en el predio.	máximos permisibles establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997. La operación de la planta tratadora de agua se requerirá durante la puesta en marcha del proyecto Pastizales, donde se tratarán aguas residuales provenientes de los servicios del hotel; es necesario cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en las Normas Mexicanas NOM-003-SEMARNAT-1997, NOM-004-SEMARNAT-2002.	
Equipamiento con instalaciones ahorradoras de agua	Operación	Minimizar el consumo de agua en todas las actividades que se lleven a cabo dentro de las instalaciones del hotel y vivienda.	La implementación de esta medida será durante la etapa de operación en las instalaciones sanitarias, uso doméstico y cocina del hotel y las viviendas.	Adquisición de grifos, regaderas, inodoros y otros muebles de baño y fregaderos ahorradores de agua.
Programa de rescate y reubicación de flora	Preparación del sitio y construcción	Conservar y preservar la diversidad genética de las especies forestales presentes en el predio donde se pretende realizar el proyecto.	La implementación del presente programa será previa a las actividades de preparación del sitio y durante estas; debido a la implementación de un vivero temporal de las especies rescatadas, es posible que la aplicación del presente programa se extienda durante las actividades de construcción.	Equipo de labranza manual y mecánica, carretillas.

MEDIDAS	ETAPA DEL PROYECTO	OBJETIVOS	MOMENTO DE EJECUCIÓN	RECURSOS NECESARIOS PARA SU EJECUCIÓN
Establecimiento de áreas verdes y reservas ecológicas	Preparación del sitio y construcción	Conservar áreas de vegetación para la protección de los servicios ambientales como: recarga de acuífero, cuidado de fauna y flora, entre otros.	La aplicación de esta medida debe ser previa a la preparación del sitio, debido a que debe delimitar las áreas a conservar, para evitar una posible afectación durante los procesos de preparación del sitio y construcción. Posteriormente finalizada las dos primeras etapas del proyecto, durante su operación se le dará seguimiento al programa para el cuidado y manejo de las áreas verdes.	Cintas plásticas para delimitar las áreas restringidas.
Revegetación de los bordes del canal	Construcción (posterior a la apertura del canal)	Proteger los taludes y bordes en las áreas de influencia del canal.	Posterior a la apertura y estabilización del canal	Equipo de labranza manual y mecánica.
Programa de compensación en beneficio de los humedales	Preparación del sitio y construcción	Establecer medidas para la conservación, preservación y desarrollo de las zonas de humedales presentes en la superficie del proyecto.	Esta medida debe estar presente en todas las etapas descritas del presente proyecto.	Equipo de labranza manual y mecánica.
Programa de protección y rescate de fauna	Preparación del sitio y construcción	Prevenir que la fauna circundante en el área del proyecto se vea afectada por las actividades a realizar.	La aplicación del programa se implementará previamente a iniciar las acciones del proyecto, así como durante la ejecución de las actividades de preparación y construcción.	Equipo para el manejo de fauna, como ganchos herpetológicos y bolsas para captura.
Programa de difusión y educación ambiental	Preparación del sitio y construcción	Fomentar la concientización ambiental en el personal a ejecutar las actividades programadas del proyecto.	La aplicación de esta medida será previa al inicio de las actividades y durante estas.	Impartición de pláticas.

MEDIDAS	ETAPA DEL PROYECTO	OBJETIVOS	MOMENTO DE EJECUCIÓN	RECURSOS NECESARIOS PARA SU EJECUCIÓN
Señalización	Preparación del sitio y construcción	Prevenir la posible afectación a la fauna y a las personas por el tránsito y operación de la maquinaria y equipo en la etapa de construcción y operación del proyecto.	La aplicación de la presente medida será durante todo el proceso del proyecto (preparación del sitio, construcción y operación).	Letreros y señales preventivos.

#### VII.4 PROGRAMA SEGUIMIENTO Y CONTROL (MONITOREO)

Como estrategia para el seguimiento y control de las medidas de prevención y mitigación propuestas anteriormente, se deberá realizar una inspección periódica por personal debidamente capacitado en materia de inspección o auditoría ambiental. La estrategia de seguimiento y control tiene el objetivo de comprobar el cumplimiento de las medidas y proponer otras nuevas en caso de que las previstas resulten insuficientes o inadecuadas. Para ello se implementará el presente Programa de Vigilancia Ambiental, el cual se entiende como el mecanismo por el cual el promovente, asume la responsabilidad de vigilar el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente, las medidas propuestas en la Manifestación de Impacto Ambiental, las incluidas en el diseño del proyecto y en las condicionantes de la autorización correspondiente.

Durante la inspección a que se refiere el párrafo anterior, el personal contratado deberá verificar el cumplimiento de las medidas propuestas de acuerdo con el método de supervisión descrito a continuación:

Para documentar los hechos respecto al manejo ambiental dentro de las obras, el personal encargado de realizar el seguimiento levantará evidencias a través de una lista de chequeo, en donde la información vertida deberá sustentarse con registros fotográficos, en su caso, copias de la documentación que acredite arrendamiento o contratación de servicios, comprobación de insumos, entre otros. Asimismo, el personal de seguimiento deberá realizar las observaciones necesarias en la misma bitácora, esto con el fin de proporcionar una herramienta de mejora al promovente respecto al manejo ambiental que se lleva a cabo.

Para la realización del recorrido, el personal encargado del seguimiento deberá estar acompañado de una persona de la empresa promovente, al término de este recorrido, se deberá firmar el original y copias de la lista de verificación que incluirá además las

observaciones realizadas por la empresa a cargo de la supervisión ambiental, quedando el original en manos de esta última, mientras que con la copia, el promovente queda informado y responsabilizado de los cambios o mejoras que deban realizarse para el cumplimiento de los objetivos de cada una de las medidas de mitigación propuestas.

En un plazo no mayor a los cinco días naturales posteriores a la visita de supervisión, la empresa contratada deberá hacer llegar al promovente un informe técnico derivado del recorrido de inspección realizado, en donde deberá indicar el grado de cumplimiento de las medidas y condicionantes estipuladas. En este mismo documento, la empresa contratada deberá también indicar y sugerir las acciones que el promovente deberá realizar para corregir los incumplimientos identificados, de la misma forma, y aun cuando lo mencionen las medidas y las condicionantes ambientales, en caso de que se detecte alguna infracción a la legislación ambiental aplicable, se deberán realizar recomendaciones pertinentes a la empresa promovente con el fin de que estas infracciones sean corregidas.

Una vez entregado el informe, la empresa promovente contará con cinco días hábiles para ejecutar las recomendaciones y sugerencias señaladas en el informe técnico en el entendido que dicho plazo no aplicará para el caso de presentarse la autoridad ambiental a realizar alguna visita de inspección y ésta fije los plazos y términos de acuerdo a la legislación correspondiente en que deban ser atendidas sus recomendaciones. La inspección se realizará de forma mensual, y al cabo de cuatro meses continuos, se elabora un informe cuatrimestral, mismo que será entregado a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) con copia para la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA); en la **Figura VII:5** se esquematiza mediante un diagrama de bloques la secuencia de actividades que conlleva la estrategia propuesta.



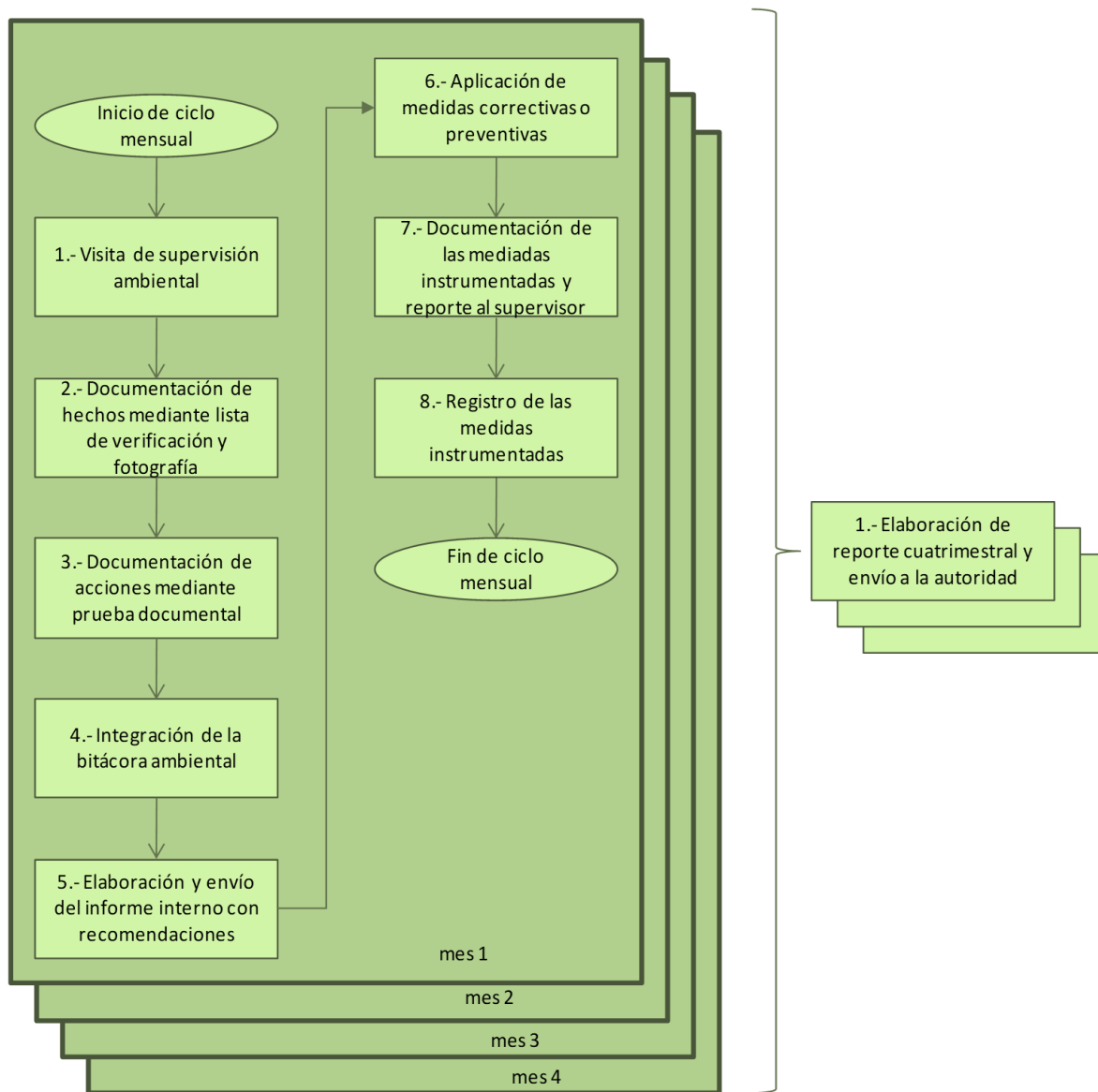


Figura VII:5. Diagrama de bloques para las actividades derivadas de la estrategia de supervisión ambiental a lo largo de un ciclo cuatrimestral.

El siguiente esquema indica mediante un diagrama de Gantt, la programación de las actividades relacionadas con la supervisión ambiental del desarrollo del proyecto en un ciclo cuatrimestral (**Cuadro VII:18**); en la etapa de preparación del sitio y construcción se llevarán a cabo 3 ciclos cuatrimestrales.

Cuadro VII:18. Diagrama de Gantt para la gestión ambiental del proyecto.

ESTRATEGIA 1: SUPERVISIÓN AMBIENTAL (CICLO CUATRIMESTRAL)																							
Supervisión: _____																							
Fecha de inicio: _____		Mes 1				Eval	Mes 2				Eval	Mes 3				Eval	Mes 4				Eval		
Fecha de término: _____		1	2	3	4	A	1	2	3	4	B	1	2	3	4	C	1	2	3	4	D		
ACTIVIDADES		RESPONSABLE																					
Supervisión Ambiental																							
1	Visita de Inspección al predio	Empresa contratada para la Supervisor Ambiental	P	■				■				■				■				■			
			R																				
2	Documentación de hechos y acciones	Empresa contratada para la Supervisor Ambiental	P	■				■				■				■				■			
			R																				
3	Integración de la bitácora ambiental	Empresa contratada para la Supervisor Ambiental	P	■				■				■				■				■			
			R																				
4	Elaboración del reporte y envío al promovente con las recomendaciones pertinentes	Empresa contratada para la Supervisor Ambiental	P		■				■				■				■				■		
			R																				
5	Instrumentación de las medidas preventivas o correctivas y reporte al supervisor	Promovente	P			■				■				■				■				■	
			R																				
6	Registro de las medidas preventivas o correctivas instrumentadas	Empresa contratada para la Supervisor Ambiental	P				■				■				■				■				■
			R																				



## VII.5 INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA FIJACIÓN DE MONTOS PARA FIANZAS

Por diversas causas, durante la realización de las obras y actividades del proyecto pueden producirse daños graves al ambiente a sus ecosistemas, especialmente en zonas de alta vulnerabilidad ambiental, por lo que se debe presentar un instrumento de garantía, ya sea seguro o fianza, respecto del cumplimiento de las disposiciones de mitigación establecidas en el progeam de vigilancia ambiental. Por lo tanto, a continuación, se proporciona la información sobre la estimación de costos de cada una de las obras y actividades que ocurran durante la fase de preparación del sitio, construcción, operación y abandono del proyecto.

Se pretende realizar una inversión en el primer año de construcción del proyecto, de alrededor de \$250,578.53 en medidas de prevención y mitigación tales como el establecimiento de áreas verdes y revegetación de los bordes del canal, la instalación de la planta de tratamiento de aguas residuales, renta y mantenimiento de letrinas portátiles, señalización, y supervisión ambiental.

## VII.6 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LAS ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN CON MOTIVO DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO

En este apartado se valora lo que costaría llevar el sitio a una condición similar del ecosistema como hasta ahora se encuentra, bajo el supuesto de que se hubiera llevado a cabo el cambio de uso del suelo, analizando la estructura y la funcionalidad del ecosistema que se afectaría con toda la diversidad que se presenta. Se consideraron; además de la reforestación del área, las prácticas y obras de conservación de suelos; las interacciones del ecosistema que se dan en el sitio del proyecto, considerando asimismo las características del sistema ambiental. Este análisis se llevó a cabo desde la perspectiva de análisis y funcionalidad del ecosistema.

### VII.6.1 Estimación de los costos de las actividades de reforestación

Para estimar el costo de la reforestación, se consideraron las abundancias de los sitios de muestreo en los estratos arbóreo y arbustivo y se extrapolaron esta cantidad a las 7.5 ha. Se consideró el rescate y reubicación del 10% de estas cantidades y un precio de \$15 por planta rescatada. Esto resultó en un total de \$20,475 de costo de reforestación para lograr la misma estructura y funcionalidad de la vegetación en selva mediana subperennifolia (**Cuadro VII:19**).

**Cuadro VII:19. Costo de las actividades de reforestación en el predio.**

Especies	Sitio		suma	en 7.5 ha	10%	\$15/planta
	uno	dos				
<i>Vitex gaumeri</i>	4	23	27	2,025	203	3,038
<i>Gymnanthes lucida</i>	13	8	21	1,575	158	2,363
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	13	1	14	1,050	105	1,575
<i>Myrcianthes fragrans</i>	11	1	12	900	90	1,350
<i>Bursera simaruba</i>	5	6	11	825	83	1,238
<i>Thouinia paucidentata</i>	6	5	11	825	83	1,238
<i>Piscidia piscipula</i>	4	4	8	600	60	900
<i>Acacia dolichostachya</i>	6	1	7	525	53	788
<i>Ficus cotinifolia</i>	1	6	7	525	53	788
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	5	1	6	450	45	675
<i>Metopium brownei</i>		5	5	375	38	563
<i>Byrsonima bucidifolia</i>		4	4	300	30	450
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	4		4	300	30	450
<i>Gymnopodium floribundum</i>	4		4	300	30	450
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	4		4	300	30	450
<i>Cameraria latifolia</i>		3	3	225	23	338
<i>Manilkara zapota</i>		3	3	225	23	338
<i>Semialarium mexicanum</i>	2	1	3	225	23	338
<i>Zuelania guidonia</i>		3	3	225	23	338
<i>Diospyros yucatanensis</i>	1	1	2	150	15	225
<i>Exothea diphylla</i>		2	2	150	15	225
<i>Gliricidia sepium</i>	2		2	150	15	225
<i>Psidium sartorianum</i>	1	1	2	150	15	225
<i>Sabal yapa</i>	1	1	2	150	15	225
<i>Beaucarnea plabilis</i>	1		1	75	8	113
<i>Brosimum alicastrum</i>		1	1	75	8	113
<i>Cascabela gaumeri</i>	1		1	75	8	113
<i>Coccoloba diversifolia</i>	1		1	75	8	113
<i>Diphysa carthagenensis</i>		1	1	75	8	113
<i>Eugenia axillaris</i>	1		1	75	8	113
<i>Hampea trilobata</i>		1	1	75	8	113
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>		1	1	75	8	113
<i>Lonchocarpus rugosus</i>		1	1	75	8	113
<i>Malvaviscus arboreus</i>		1	1	75	8	113
<i>Nectandra coriacea</i>		1	1	75	8	113
<i>Neea psychotrioides</i>	1		1	75	8	113
<i>Psychotria pubescens</i>		1	1	75	8	113
<i>Randia longiloba</i>	1		1	75	8	113
<i>Simarouba amara</i>		1	1	75	8	113
Totales	93	89	182	13,650	1,365	\$20,475

## VII.6.2 Estimación de los costos de la implementación de las obras de conservación de suelo

Dado el nivel de erosión natural que presenta el predio y el nivel de erosión que presenta con el proyecto, no se prevén obras de conservación del suelo, por lo que no se considera ningún costo para este rubro.

## VII.6.3 Estimación de los costos de la implementación de las actividades de mantenimiento

Las actividades de mantenimiento consisten en el control de malezas, fertilización, reposición de planta muerta, podas y aclareos; así como la evaluación y seguimiento de la plantación que, a su vez implica la estimación de la sobrevivencia, la evaluación del estado sanitario y la estimación del vigor de la plantación.

### VII.6.3.1 *Actividades a corto plazo (1 año)*

Las actividades de mantenimiento que se realizan en un periodo máximo de 1 año, consiste en el control de las malezas, la fertilización y la estimación de la supervivencia de las plantas.

### VII.6.3.2 *Actividades a mediano plazo (2 a 5 años)*

Las actividades de mantenimiento que se realizan en el mediano plazo; es decir, dentro de un periodo de 2 a 5 años después del inicio de la plantación, consisten en la reposición de las plantas muertas, podas, aclareos y la evaluación del estado sanitario y el vigor de la plantación.

### VII.6.3.3 *Actividades a largo plazo (>5 años)*

En un plazo mayor de 5 años después del inicio de la plantación se realizan la evaluación del estado sanitario y el vigor de la plantación.

Con las consideraciones anteriores, en el **Cuadro VII:20** se presenta el cronograma que muestra la secuencia hipotética de actividades de mantenimiento de la reforestación en caso de que se requiera la restauración total del sitio a las condiciones originales y sus costos asociados, los cuales suman un total de \$277,896.00.

**Cuadro VII:20 Cronograma y presupuesto de actividades y costos de mantenimiento de la reforestación**

Actividad de mantenimiento	1	2	3	4	5	...	10	Costo por año para las 7.5 ha	Costo total en el periodo (7.5 ha)
Control de malezas								\$5,000.00	\$5,000.00
Fertilización*								\$9,000.00	\$9,000.00
Reposición de planta muerta**								\$8,724.00	\$34,896.00
Podas								\$5,000.00	\$20,000.00
Aclareos								\$5,000.00	\$20,000.00
Estimación de la sobrevivencia								\$7,000.00	\$63,000.00
Evaluación del estado sanitario								\$7,000.00	\$63,000.00
Estimación del vigor de la plantación								\$7,000.00	\$63,000.00
									\$277,896.00

\*Con base en las Reglas de operación del Programa Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable 2018.

\*\*Con base en el ACUERDO mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la metodología para su estimación (dof: 31/07/2014)

### VII.6.3.4 Resultados

En síntesis, los costos para la restauración se presentan en el **Cuadro VII:21**. Como puede observarse, el costo total se estimó en aproximadamente \$ 298,371.00.

**Cuadro VII:21 Síntesis del resultado de la estimación del costo de las actividades de restauración.**

Concepto	Monto
Adquisición, resguardo y trasplante de plantas	\$20,475.00
Mantenimiento	\$277,896.00
<b>Total</b>	<b>\$ 298,371.00</b>

## VIII PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

---

El objetivo de la presente sección es realizar un análisis para visualizar los posibles escenarios futuros de la región bajo estudio, considerando en primer término al escenario sin proyecto, seguido de otro escenario con proyecto y finalmente, uno que incluya al proyecto con sus medidas de mitigación.

Uno de los resultados esperados de cualquier proceso de evaluación de impacto ambiental es la calidad ambiental resultante de las actuaciones humanas sobre el ambiente en el que se circunscriben. La forma de expresar o determinar la calidad ambiental requiere ir más allá de las categorías de “buena calidad” y “mala calidad” o de “calidad admisible” y “calidad inadmisibles”, ya que el ambiente se concibe como un sistema complejo y el nivel de calidad ambiental se manifiesta siempre en un rango que hace que la frontera entre juicios de valor que presentan este tipo de dualidad en contrarios sea difusa o que no se pueda determinar de forma rígida. Por estas razones se han desarrollado métodos que convierten los indicadores cuantitativos de calidad ambiental con unidades heterogéneas dimensionales a unidades de calidad ambiental adimensionales homogéneas expresadas en números difusos que reflejen el grado de adecuabilidad del ambiente, para efectos de que puedan ser comparados entre ellos. Además, estos métodos atenúan la incertidumbre inherente a los métodos de evaluación de impacto ambiental convencionales.

Por otra parte, Alcamo & Henrich (2008)<sup>175</sup> definen al escenario como una descripción de la forma en que el futuro puede desenvolverse con base en proposiciones de tipo “si-entonces” y típicamente consisten en una representación de una situación inicial y de una descripción de las principales fuerzas impulsoras y cambios que conducen a un particular estado futuro. El análisis de escenarios es un procedimiento que cubre el desarrollo de los escenarios; es decir, el procedimiento discursivo en el que un escenario se construye, se formula y se elabora; una comparación de los resultados de los escenarios y la evaluación de sus consecuencias. Una idea clave es explorar los desarrollos futuros alternativos. La meta del análisis de escenarios ambientales es anticipar los desarrollos futuros de la naturaleza y la sociedad, y evaluar las estrategias para responder a estos desarrollos.

---

<sup>175</sup> Alcamo, J. & Henrich, T., 2008. Towards Guidelines for Environmental Scenarios Analysis. En: Alcamo. & Henrich, eds. Environmental futures: the practice of environmental scenario analysis.: Elsevier, pp. 13-35.



Por lo anterior, para la construcción de los escenarios que reflejen la calidad ambiental con el desarrollo del proyecto aplicando y sin aplicar las medidas preventivas y de mitigación de impactos, se aplicó un método que involucra la lógica difusa para expresar el grado de disminución o aumento de los indicadores de calidad ambiental y de suministro de servicios ecosistémicos en los dos escenarios propuestos. Este método se conoce como mapas cognitivos difusos, los cuales son adecuados para representar relaciones causales complejas en un sistema (Taber, 1991)<sup>176</sup>, y fue desarrollado por Kosko (1986)<sup>177</sup>, en reacción a los mapas cognitivos de Axelrod, que manejaban únicamente valores binarios para describir las relaciones de causalidad entre los conceptos o componentes del sistema.

Los mapas cognitivos difusos son gráficos que están compuestos de conceptos o variables representados por nodos, los cuales simbolizan eventos, entradas, salidas, acciones, metas, valores y tendencias de sistemas complejos; y de arcos ponderados que representan las relaciones entre ellos con puntas de flecha que muestran la dirección de las relaciones, a los que se asignan valores que muestran el grado de relación causal entre los conceptos. Estas relaciones pueden ser negativas ( $w_{ij}<0$ ), si el incremento de una variable produce un decremento en la otra; positivas ( $w_{ij}>0$ ), si el incremento de una variable produce un incremento en la otra; o neutras ( $w_{ij}=0$ ), si no existe dicha relación (Groumpos, 2010)<sup>178</sup>.

Este método fue posteriormente aplicado para la modelación ecológica por Özesmi & Özesmi (2004)<sup>179</sup>, Papageorgiou & Kontogianni (2012) y Mourhir, et al. (2016) entre otros autores, tanto para la modelación de sistemas ambientales como para la evaluación de políticas y decisiones que afectan a éstos. En el presente Documento Técnico Unificado, este método se aplica para el pronóstico ambiental y construcción de los escenarios que incluyen la implantación del proyecto considerando y sin considerar las medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales identificados.

Para la construcción de los escenarios con el proyecto sin aplicar y aplicando las medidas de mitigación con el método de mapas cognitivos difusos, se utilizó la herramienta Mental Modeller® en su versión en línea, donde se incorporó al modelo del sistema ambiental el aumento de la superficie de cambio de uso del suelo únicamente para el primer caso y para el segundo además de lo anterior, las medidas de prevención y mitigación de impactos. La aproximación metodológica para la construcción del modelo y los escenarios se extrajo de

---

<sup>176</sup> Taber, T. (1991) Knowledge Processing with Fuzzy Cognitive Maps. Expert Systems with Applications, Vol. 2 pp. 83-87.

<sup>177</sup> Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. International journal of man-machine studies, 24(1), 65-75.

<sup>178</sup> Groumpos, P. P. (2010). Fuzzy cognitive maps: Basic theories and their application to complex systems. In Fuzzy cognitive maps (pp. 1-22). Springer, Berlin, Heidelberg.

<sup>179</sup> Özesmi, U., & Özesmi, S. L. (2004). Ecological models based on people's knowledge: a multi-step fuzzy cognitive mapping approach. Ecological modelling, 176(1-2), 43-64.

Mourhir *et al.* (2016)<sup>180</sup>. Dicho método se muestra gráficamente en la **Figura VII:5**. El alcance del procedimiento realizado en el presente documento, se delimita con la línea punteada naranja, ya que el objetivo, más que evaluar políticas o alternativas de decisión es el de generar una idea de los posibles cambios en el estado del Sistema Ambiental Regional considerando los escenarios propuestos.

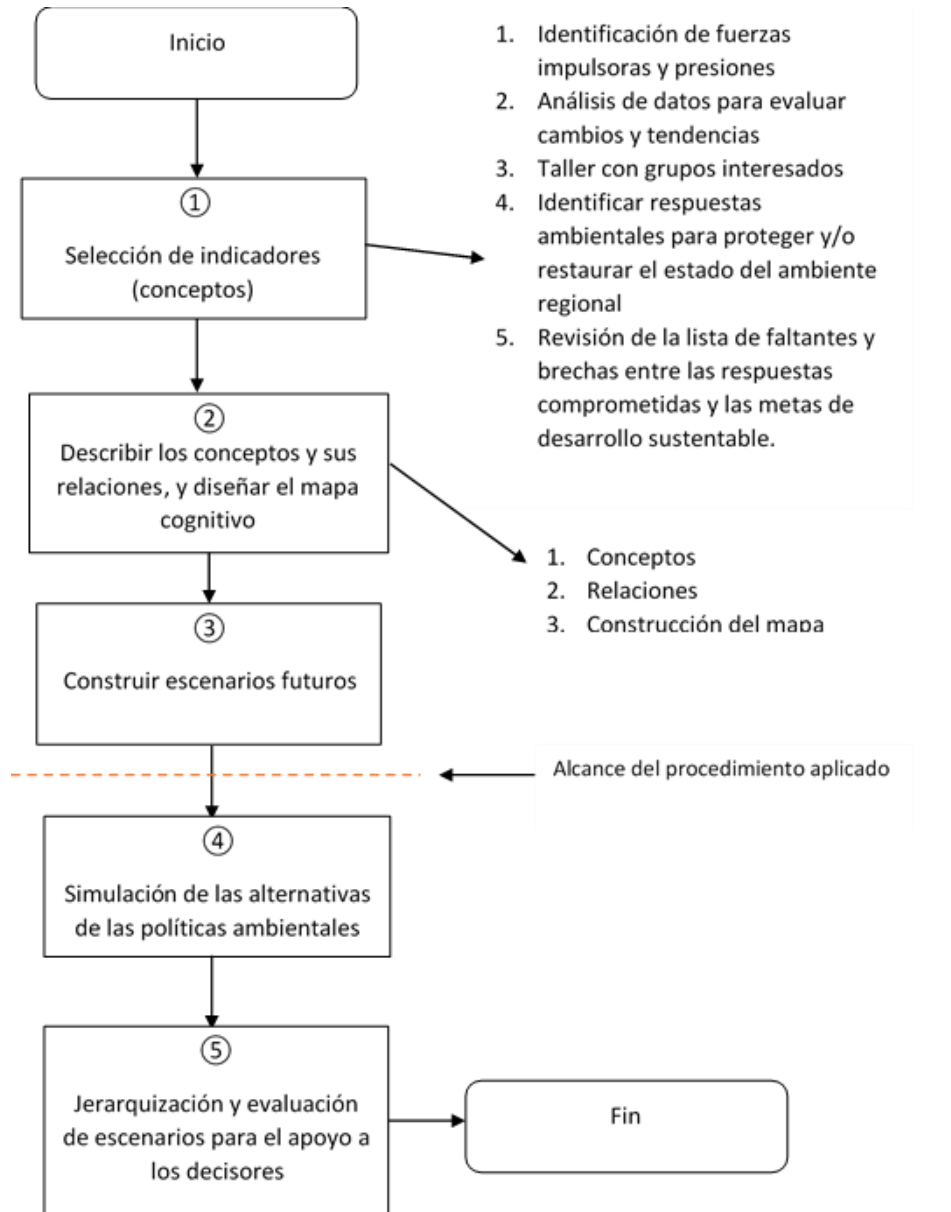


Figura VIII:1. Proceso para la construcción del modelo y los escenarios

En primer lugar, se establecieron las variables y componentes del sistema ambiental y del proyecto (cambio de uso del suelo y medidas de mitigación). Posteriormente se

<sup>180</sup> Mourhir, A., Rachidi, T., Papageorgiou, E. I., Karim, M., & Alaoui, F. S. (2016). A cognitive map framework to support integrated environmental assessment. *Environmental modelling & software*, 77, 81-94.

establecieron relaciones entre componentes y se le asignaron valores de acuerdo a las intensidades de relación de acuerdo al siguiente cuadro (**Cuadro VIII:1**).

*Cuadro VIII:1. Baremo de valoración de la fuerza de conexión entre variables.* Fuente: Papageorgiou & Kontogianni (2012)<sup>181</sup>

Fuerza de conexión	Signo y fuerza de la relación (peso lingüístico)	Peso (-1 a 1)
-6	Negativamente Demasiado fuerte	-1
-5	Negativamente Muy fuerte	-0.9
-4	Negativamente Fuerte	-0.75
-3	Negativamente Mediana	-0.5
-2	Negativamente Débil	-0.3
-1	Negativamente Muy débil	-0.1
0	Cero (sin relación)	0
1	Positivamente Muy débil	0.1
2	Positivamente Débil	0.3
3	Positivamente Mediana	0.5
4	Positivamente Fuerte	0.75
5	Positivamente Muy fuerte	0.9
6	Positivamente Demasiado fuerte	1

De lo anterior resulta una red que representa el sistema ambiental en interacción con el proyecto y una matriz que muestra las fuerzas de relación entre los componentes del mismo. Una vez construida la red, se procede a construir los escenarios. En ese sentido, se construyeron dos escenarios:

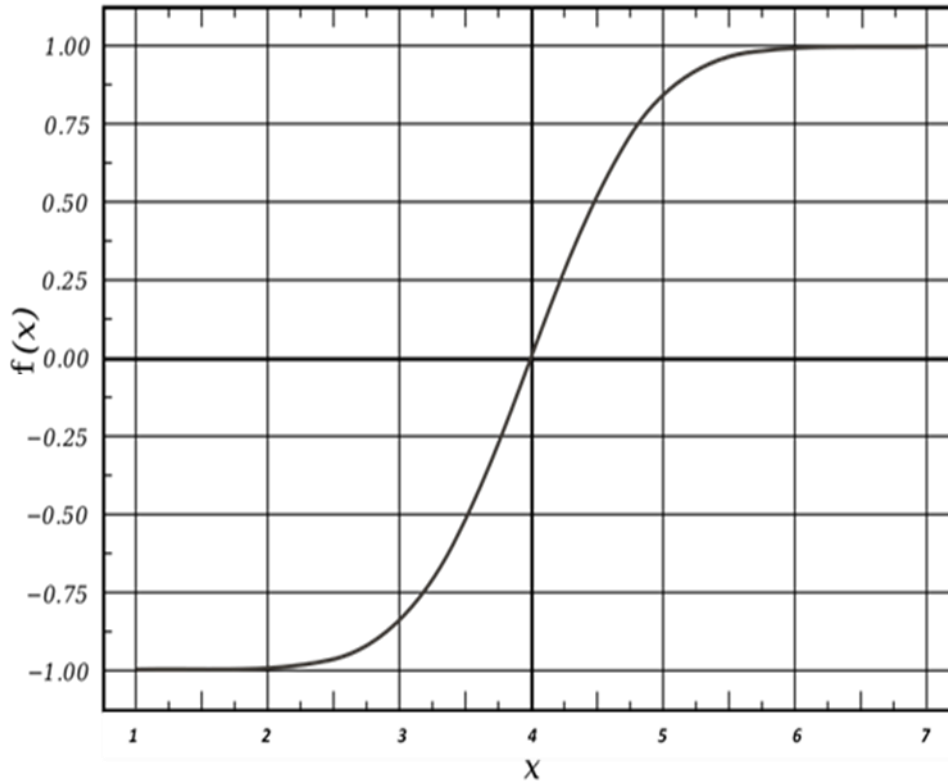
- El primer escenario consiste únicamente en incrementar la variable de superficie de cambio de uso de suelo como indicador de intensidad del proyecto ( $m^2$ ).
- El segundo escenario consiste en incrementar la variable de superficie de cambio de uso del suelo y, simultáneamente (en la misma simulación) incrementar la implementación de medidas de prevención y mitigación de impactos.

En ambos casos, se uso la función sigmoïdal para normalizar los valores de cambio a un rango de -1 a 1 siendo menor a 0, mayor a 0 o igual a 0, según disminuya, aumenten o se mantengan iguales las variables de respuesta, respectivamente; así como la medida en la que se incrementen. Esto implica que la variación en el rango de -1 a 0 (decrementos) es mayor que en el rango de 0 a 1 (incrementos) y la tasa de variación alcanza su máximo cuando el valor del cambio de la variable en cuestión es igual a 0.0. Esto es así debido a que

---

<sup>181</sup> Papageorgiou, E., & Kontogianni, A. (2012). Using fuzzy cognitive mapping in environmental decision making and management: a methodological primer and an application. In *International Perspectives on Global Environmental Change*. IntechOpen

dicha función tiene la forma que se muestra en la **Figura VII:5**. En consecuencia, un valor de incremento o decremento de alguna variable que sea el doble del valor de otra no significa que la magnitud real del cambio de esa variable sea del doble.



*Figura VIII:2. Función de transformación para la construcción de los escenarios.*

## VIII.1 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN PROYECTO

En el escenario sin proyecto, se espera que se mantengan las condiciones y las tendencias de desarrollo que se tienen hasta ahora. Es decir, que se mantenga la vegetación de selva mediana subperennifolia, de selva baja subcaducifolia y de marista de zacate que se encuentran en el conjunto predial y continúe su proceso de sucesión ecológica hasta estadios más estables. En el caso de la marisma de zacate, se observaría un proceso de desarrollo más rápido y se alcanzaría el estadio de climax antes que en el de la selva.

Sin el proyecto el Sistema Ambiental Regional mantendría los ritmos y tendencias de desarrollo actuales; es decir, el municipio de Felipe Carrillo Puerto continuaría siendo uno de los municipios de menor tasa de crecimiento y nivel de desarrollo, tal como se señala en el diagnóstico realizado por el Ayuntamiento del propio municipio. En este escenario tampoco existiría un crecimiento o desarrollo económico en las comunidades aledañas, ya

que se estaría en ausencia de actividad. Por lo tanto, no existiría la generación de los empleos temporales y permanentes que habría con el desarrollo del proyecto.

En el escenario sin el proyecto se mantuvo la red gráfica y las tendencias de desarrollo y deterioro consideradas en el **capítulo IV** del presente Documento Técnico Unificado, donde se observa el modelo del Sistema Ambiental Regional en las condiciones actuales. Debido a que la gráfica de cambios presentaría un gráfico sin cambios en ninguna variable al no incrementar ni reducir ningún componente del sistema, no se generó el modelo de cambios en este escenario. En la **Figura VII:5** se presenta nuevamente el mapa cognitivo del sistema ambiental regional con los componentes que contiene actualmente, los cuales mantendría si no se realizara el proyecto.

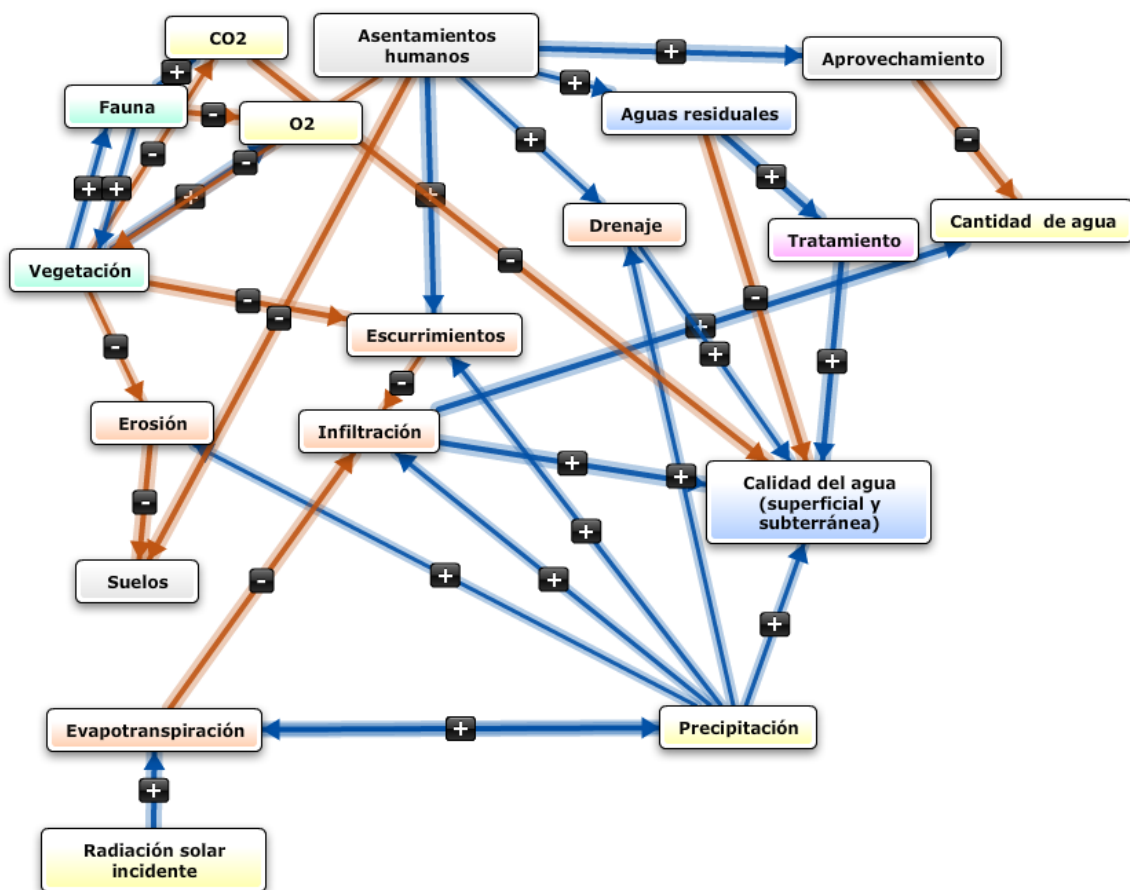
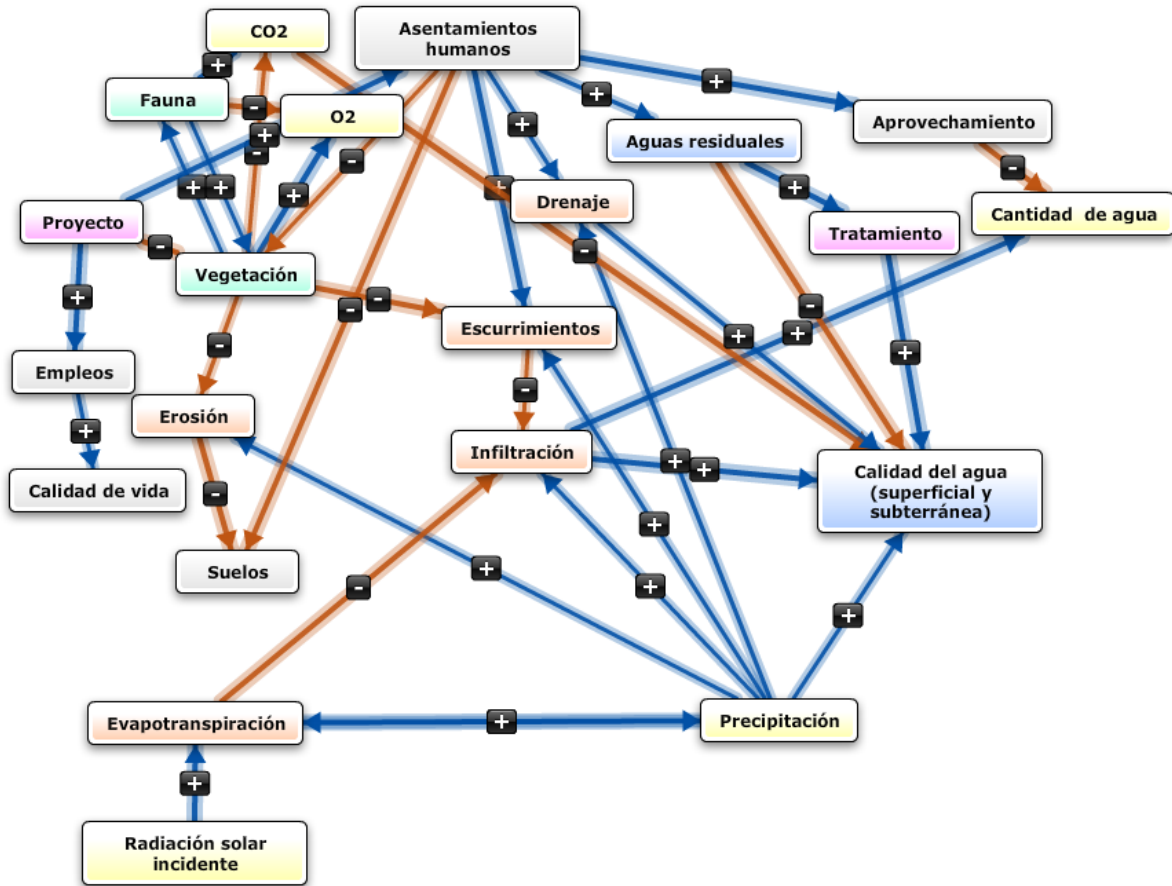


Figura VIII:3. Mapa cognitivo difuso del SAR en el escenario sin proyecto.

## VIII.2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO SIN MEDIDAS

En el escenario del sitio (predios) con el proyecto sin medidas de mitigación se observa un paisaje que conserva el 64.5 % de la vegetación natural. En la **Figura VII:5** se presenta el mapa cognitivo difuso de este escenario.



*Figura VIII:4. Mapa cognitivo difuso del escenario con el proyecto sin considerar la aplicación de las medidas preventivas y de mitigación.*

El gráfico que muestra los incrementos o decrementos de las variables de respuesta se presenta en la **Figura VII:5**.

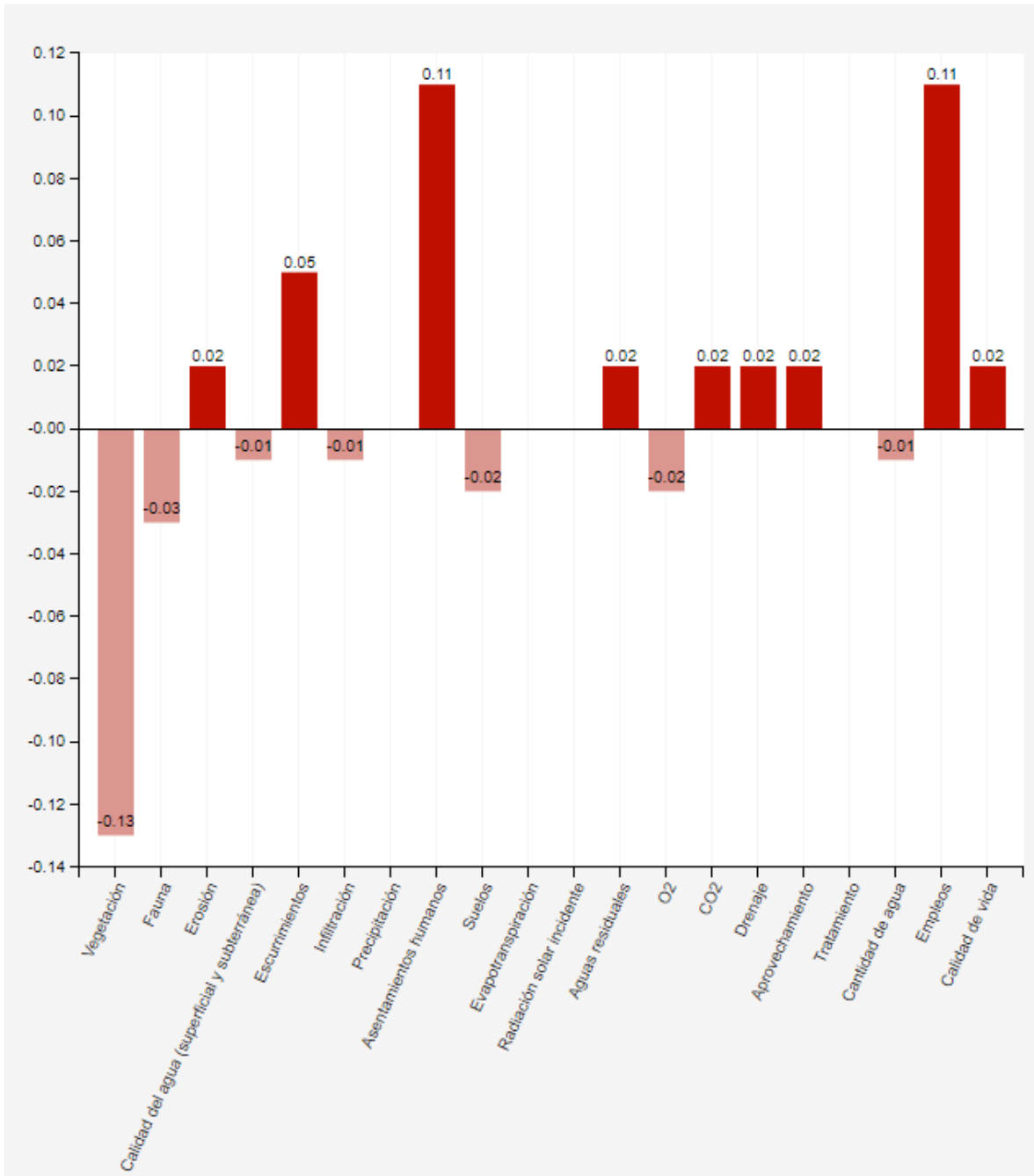
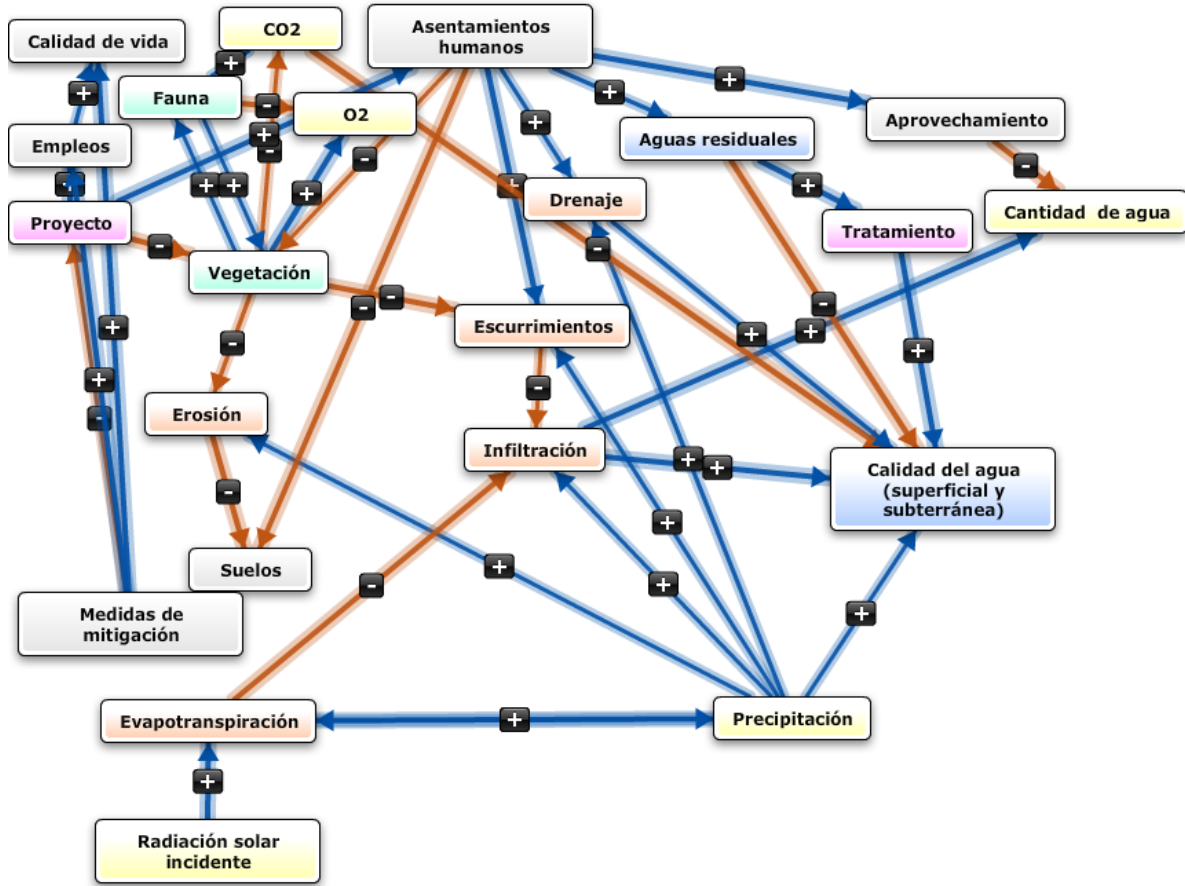


Figura VIII:5. Gráfico de barras incrementos y decrementos considerando el escenario con el proyecto sin la aplicación de las medidas preventivas y de mitigación de impactos.

### VIII.3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CONSIDERANDO LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Para el escenario del sitio (predios) con el proyecto y con medidas se observan menores intensidades de cambio de las variables de respuesta al aplicar la atenuación de las medidas consideradas en conjunto, en comparación con el escenario anterior (sin las medidas).

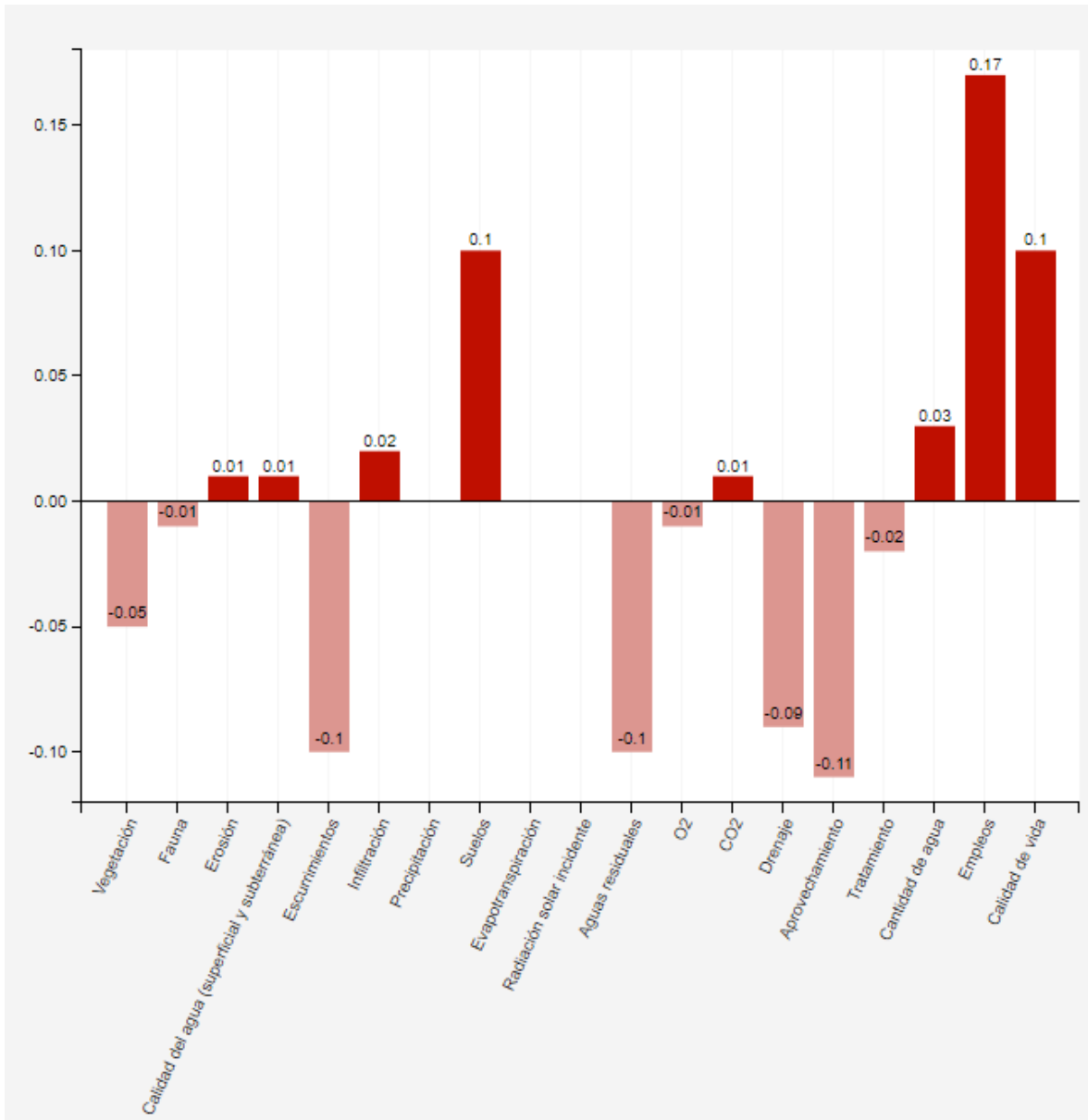
El modelo gráfico construido para este escenario y su matriz se presenta en la **Figura VII:5**.



*Figura VIII:6. Mapa cognitivo difuso del escenario considerando la aplicación de las medidas preventivas y de mitigación.*

El gráfico que muestra los incrementos o decrementos de las variables de respuesta se presenta en la **Figura VII:5**.





*Figura VIII:7. Gráfico de barras incrementos y decrementos de las variables de respuesta para el escenario considerando las medidas preventivas y de mitigación*

Los resultados obtenidos del análisis de los escenarios permiten la interpretación para llegar al pronóstico del sistema ambiental una vez ejecutado el proyecto en los escenarios con y sin las medidas propuestas. En el apartado siguiente se presenta la descripción de estos resultados y su interpretación en términos de pronóstico ambiental.

## VIII.4 PRONÓSTICO AMBIENTAL

En el **Cuadro VIII:2** se muestra la comparación de las variaciones en los escenarios con y sin medidas de prevención y mitigación de impactos. En relación a los principales cambios en el escenario con medidas con respecto al escenarios sin medidas, se puede observar en el cuadro que la intensidad de pérdida de vegetación disminuye considerablemente al pasar de -0.13 a -0.08; la intensidad de reducción de la fauna también disminuye, de -0.03 a -0.02. El aumento de los escurrimientos disminuyó en el escenario con medidas con respecto al escenario sin medidas, por lo que la reducción de la infiltración también disminuyó. El aumento de la erosión disminuyó con respecto al escenario considerando las medidas, al pasar de 0.02 a 0.01.

*Cuadro VIII:2. Variaciones en los escenarios considerando y sin considerar las medidas preventivas y de mitigación de impactos.*

Componente	Escenario	Sin medidas		Con medidas		Cambio entre escenarios
		Variación	Valor	Variación	Valor	
Vegetación		Disminuye	-0.13	Disminuye	-0.05	Disminuye
Fauna		Disminuye	-0.03	Disminuye	-0.01	Disminuye
Erosión		Aumenta	0.02	Aumenta	0.01	Disminuye
Calidad del agua superficial y subterránea		Disminuye	-0.01	Aumenta	0.01	Disminuye
Escurrecimientos		Aumenta	0.05	Aumenta	-0.1	Disminuye
Infiltración		Disminuye	-0.01	Aumenta	0.02	Aumenta
Precipitación		Se mantiene	0.00	Se mantiene	0.00	Se mantiene
Asentamientos humanos		Aumenta	0.11	Aumenta	0.07	Disminuye
Suelos		Disminuye	-0.02	Aumenta	0.1	Disminuye
Evapotranspiración		Se mantiene	0.00	Se mantiene	0.00	Se mantiene
Radicación solar		Se mantiene	0.00	Se mantiene	0.00	Se mantiene
Aguas residuales		Aumenta	0.02	Aumenta	-0.1	Disminuye
Oxígeno atmosférico		Disminuye	-0.02	Disminuye	-0.01	Disminuye
Carbono atmosférico		Aumenta	0.02	Aumenta	0.01	Disminuye
Drenaje		Aumenta	0.02	Disminuye	-0.09	Disminuye
Aprovechamiento de agua		Aumenta	0.02	Aumenta	-0.11	Disminuye
Tratamiento		Se mantiene	0.00	Disminuye	0.03	Aumenta
Cantidad de agua		Disminuye	-0.01	Se mantiene	0.03	Aumenta
Empleos		Aumenta	0.11	Aumenta	0.17	Aumenta
Calidad de vida		Aumenta	0.02	Aumenta	0.1	Aumenta

A lo largo de las afectaciones que se prevé realizar en el predio con el desarrollo del proyecto, si bien algunos elementos se verán afectados y algunos servicios ambientales se verán disminuidos (más no eliminados), se anticipa que la implementación del proyecto no pondrá en riesgo la integridad funcional del sistema ambiental, considerando además que la aplicación de las medidas de prevención y mitigación previstas por el proyecto reducirán en gran parte los afectaciones que pudieran suscitarse en el sistema ambiental regional, por

lo que el escenario final sería compatible con las tendencias de desarrollo y deterioro actuales del sistema ambiental regional.

Los factores ambientales que se verán afectados por las obras del proyecto son: la vegetación, la fauna, la erosión, la captación del agua (infiltración), la biodiversidad (vegetación y fauna), erosión del suelo, lo anterior sin dejar de tomar en cuenta los demás servicios que de alguna manera también se vieron afectados. También se determinó que la mayoría de los impactos a los servicios, se generaran principalmente durante uno de los componentes, como es la fase de preparación del sitio, así mismo en este y en otros capítulos del estudio se realizó un análisis de cada uno de los componentes de los servicios, explicando, el grado de impacto, así como justificando y proponiendo en su caso alguna medida de protección y mitigación, y su área de influencia.

## **VIII.5 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS**

Desde su concepción inicial, el proyecto fue diseñado y planificado obedeciendo a criterios de carácter técnico-operativos, legales y ambientales, además de medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales, por lo que no se consideraron alternativas de ubicación, tecnológicas, de superficie, de naturaleza del proyecto o de compensación de impactos residuales. Entre los criterios considerados en la planificación del proyecto se encuentran:

### **Criterios técnico-operativos**

El proyecto es técnicamente factible con las técnicas y procedimientos constructivos actualmente disponibles en la región, además de que el Promovente cuenta con los recursos humanos, económicos y tecnológicos necesarios para llevarlo a cabo.

### **Criterios de económicos y de mercado**

El proyecto obedece a las necesidades de mejoramiento y ampliación de los servicios al turista, y de desarrollo que necesita el Municipio de Felipe Carrillo Puerto, además del incremento de la demanda de servicios e instalaciones turísticas y de vivienda.

### **Criterios ambientales**

- Uso del suelo

El proyecto no contraviene ningún instrumento de planeación de uso del suelo que le sea aplicable al mismo, por lo que su localización es compatible con los instrumentos normativos.

- Características ambientales del sitio

La zona no representa un sitio para la anidación de tortugas marinas, ni de ocurrencia de otras especies de fauna, que pueda afectarse por el proyecto, debido a su uso previo para fines turísticos.

- Características del proyecto

El proyecto implica una ocupación del suelo del 35.5% de la superficie total de las parcelas, por lo que se pretende mantener aproximadamente un 64.5% de superficie de áreas libres o reserva para conservación.

### **Criterios legales**

- Tenencia de la tierra

El proyecto se pretende ubicar en parcelas ejidales regularizadas como propiedad privada que pertenecen al Promovente, lo cual se evidencia por medio de los correspondientes títulos de propiedad anexos al presente Documento Técnico Unificado, por lo que no presenta conflictos de tenencia de la tierra o gravámenes que impidan legalmente el cambio de uso del suelo en terrenos forestales.



# IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES

---

## IX.1 PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

### IX.1.1 Cartografía

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Escala 1:25000 Serie VI

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Conjunto de Datos Vectoriales Edafología. Serie III

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos. Escala 1:1000000

Instituto Nacional de Estadística y Geografía-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Conjunto de Datos Vectoriales Climatológicos. Clasificación de Climas de Köppen, modificado por García, E. Escala 1:1000000

### IX.1.2 Fotografías



*Foto 1. Muestreo de la vegetación de marisma de zacate mediante líneas de Canfield*



*Foto 2. Muestreo de la vegetación de marisma de zacate mediante líneas de Canfield*



*Foto 3. Muestreo de la vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia*





*Foto 4. Muestreo de la vegetación secundaria de Selva Mediana Subperennifolia (aspecto general de la vegetación)*



*Foto 5. Batimetría realizada en la Laguna Nopalitos*



*Foto 6. Batimetría realizada en la Laguna Nopalitos*

### **IX.1.3 Videos**

No se tomaron videos para la realización del presente estudio.

## **IX.2 OTROS ANEXOS**

### **IX.2.1 Metodología del estudio de la capacidad de carga**

#### *IX.2.1.1 Consideraciones generales básicas*

El cálculo de capacidad de carga se realizó basándose en la metodología de Cifuentes (1992), la cual busca establecer el número máximo de visitas que puede recibir un área protegida con base en las condiciones físicas, biológicas y de manejo que se presentan en el área en el momento del estudio.

El proceso consta de tres niveles:

- Cálculo de Capacidad de Carga Física (CCF)
- Cálculo de Capacidad de Carga Real (CCR)
- Cálculo de Capacidad de Carga Efectiva (CCE)

Los tres niveles de capacidad de carga tienen una relación que puede representarse como sigue:

Los cálculos se basaron en los siguientes supuestos:

$$CCF \geq CCR \geq CCE$$

### *IX.2.1.2 Cálculo de capacidad de carga física (CCF)*

Es el límite máximo de visitas que se pueden hacer al sitio durante un día. Está dada por la relación entre factores de visita (horario y tiempo de visita), el espacio disponible y la necesidad de espacio por visitante. Para el cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$CCF = \frac{S}{sp} NV$$

Donde:

S = superficie disponible

sp = superficie usada por persona = 1 m de sendero

NV = número de veces que el sitio puede ser visitado por la misma persona en un día. En ambos senderos equivale a

$$NV = H_v / t_v$$

Donde:

H<sub>v</sub> = Horario de visita

T<sub>v</sub> = Tiempo necesario para visitar cada sendero

### *IX.2.1.3 Cálculo de Capacidad de Carga Real (CCR)*

Se sometió la CCF a una serie de factores de corrección, particulares para cada sitio. Los factores de corrección considerados en este estudio fueron:

Factor Social (FC<sub>soc</sub>)

Erodabilidad (FC<sub>ero</sub>)

Accesibilidad (FC<sub>acc</sub>)

Precipitación (FC<sub>pre</sub>)

Brillo solar (FC<sub>sol</sub>)

Cierres temporales (FC<sub>ctem</sub>)

Anegamiento (FC<sub>ane</sub>)

Estos factores se calculan en función de la fórmula general:

$$FC_x \frac{M_x}{M_{tx}}$$

Donde:

$FC_x$  = Factor de corrección por la variable “x”  $M_x$  = Magnitud limitante de la variable “x”  
 $M_{tx}$  = Magnitud total de la variable “x”. Así, la capacidad de carga real se calcula mediante la fórmula general:

$$CCF*FC_{x_1} + CCF*FC_{x_2} + CCF*FC_{x_3} + CCF*FC_{x_4...} + CCF*FC_{x_n}$$

#### **IX.2.1.4 Capacidad de Manejo**

En la medición de la capacidad de manejo (CM), intervienen variables como respaldo jurídico, políticas, equipamiento, dotación de personal, financiamiento, infraestructura y facilidades o instalaciones disponibles (Cifuentes, 1992).

La capacidad de manejo óptima es definida como el mejor estado o condiciones que la administración de un área protegida debe tener para desarrollar sus actividades y alcanzar sus objetivos.

En este caso, para realizar una aproximación de la capacidad de manejo del Monumento, fueron consideradas las variables: **personal, infraestructura y equipamientos**. Estas fueron seleccionadas por su facilidad de análisis y medición, y debido a que se contó con la información requerida para el caso. Cada variable está constituida por una serie de componentes, identificados en el Anexo 3.

Cada variable fue valorada con respecto a cuatro criterios: cantidad, estado; localización y funcionalidad. La categoría personal sólo se calificó teniendo en cuenta el criterio de cantidad, debido a que el conocimiento y el tiempo para una evaluación del personal fueron insuficientes. Para establecer una estimación más objetiva de la CM fue importante uniformar el mecanismo de calificación para todas las variables. Los criterios utilizados fueron:

**Cantidad:** relación porcentual entre la cantidad existente y la cantidad óptima, a juicio de la administración del área protegida y de los autores del presente estudio.

**Estado:** se entiende por las condiciones de conservación y uso de cada componente, como su mantenimiento, limpieza y seguridad, permitiendo el uso adecuado y seguro de la instalación, facilidad o equipo.

**Localización:** se entiende como la ubicación y distribución espacial apropiada de los componentes en el área, así como la facilidad de acceso a los mismos.

**Funcionalidad:** este criterio es el resultado de una combinación de los dos anteriores (estado y localización), es decir, la utilidad práctica que determinado componente tiene tanto para el personal como para los visitantes.

Los autores consideran que, si bien estos criterios no representan la totalidad de las opciones para la valoración y determinación de la capacidad de manejo del área estudiada, aportan elementos de juicio suficientes para realizar una buena aproximación.

Cada criterio recibió un valor, calificado según la siguiente escala:

%	Valor	Calificación
<=35	0	Insatisfactorio
36-50	1	Poco Satisfactorio
51-75	2	Medianamente Satisfactorio
76-89	3	Satisfactorio
>=90	4	Muy Satisfactorio

La escala porcentual utilizada es una adaptación de la Norma ISO 10004, que ha sido utilizada y probada en estudios de evaluación de la calidad de los servicios ofrecidos por empresas privadas y públicas, en la determinación de la efectividad de manejo del Monumento Nacional Guayabo.

El óptimo para cada variable fue establecido por los autores con base en su experiencia y, además, con los datos obtenidos en entrevistas con visitantes, el personal y el administrador del área.

Para calificar la cantidad se tomó en cuenta la relación entre la cantidad existente y la cantidad óptima, llevando este valor porcentual a la escala de 0 al 4. Los otros criterios fueron calificados en base a las apreciaciones de los autores, según las condiciones definidas para cada uno.

Para el cálculo del factor de corrección por capacidad de manejo, nótese que cada variable fue calificada a través de múltiples componentes.

Cada componente se calificó bajo los cuatro criterios (cantidad, estado, localización y funcionalidad), excepto los componentes de la variable personal que sólo se calificó según su cantidad.

Para los cálculos se obtuvo el total de las calificaciones de cada componente. Este total se lo comparó al óptimo (valor máximo alcanzable si cada criterio hubiera sido calificado con la máxima calificación de 4), y el resultado se lo tomó como un factor. El promedio de todos los factores constituye el factor de la variable (ejemplo: Infraestructura: 0,7543, Equipamiento: 0,8802 y Personal: 0,6250).

Finalmente, la capacidad de manejo del Monumento se estableció a partir del promedio de los factores de las tres variables, expresado en porcentaje, de la siguiente manera:

$$CM = \frac{Infr + Eq + Pers}{3} * 100$$

Estos resultados se expresan en la siguiente tabla (ejemplo):

Variable	Valor
Infraestructura	0,7543
Equipo	0,8802
Personal	0,6250
PROMEDIO	0,7532
Capacidad de manejo	75,32%

### **IX.2.1.5 Capacidad de Carga Efectiva**

La Capacidad de Carga Efectiva (CCE) representa el número máximo de visitas que se puede permitir en el Monumento Nacional Guayabo.

Puesto que los dos senderos analizados se encuentran comunicados y, por tanto, constituyen un solo sitio de visita, la CCR menor del sendero Los Montículos constituye una limitante crítica para todo el sitio. Esto significa que la visitación a los dos senderos tiene que manejarse tomando en cuenta la capacidad de carga determinada por esta limitante crítica.

Considerando lo anterior, la CC Efectiva es la siguiente:

$$CCE = CCR \times CM$$

### **IX.2.2 Metodología de evaluación de impacto**

La metodología utilizada para la valoración de los impactos derivados en el predio por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales es la propuesta por Conesa Fernández (1997)<sup>182</sup> y (Gómez-Orea, 1999)<sup>183</sup>, que consiste primero en identificar las acciones que pueden causar impactos sobre uno o más factores del medio susceptibles de recibirlos; en

<sup>182</sup> Conesa Fernández-Vitora, V., 1997. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. 3ª. ed. Ediciones Mundi-Prensa. 412 p

<sup>183</sup> Gómez Orea, D., 1999. Evaluación del Impacto Ambiental: un instrumento preventivo para la gestión ambiental. Coedición Ediciones Mundi-Prensa y Editorial Agrícola Española, S.A. 701 p

segundo término se procede a valorar los impactos para determinar su grado de importancia y, por último, se establecen las medidas preventivas, correctivas o compensatorias necesarias.

Dicha metodología fue elegida por encima de otras como la matriz de Leopold, check list o el método Batelle debido a que presenta diversas ventajas. La primera ventaja sobresaliente es que el método Conesa-Fernández permite hacer una valoración completa de los impactos considerando el factor que será impactado, así como la actividad que generará el impacto, todo ello partiendo de una valoración inicial de la importancia de los elementos ambientales sujetos a recibir impactos. En segundo lugar el análisis de impactos puede ser aplicado por igual a cada una de las fases del proyecto, lo cual es de suma importancia si se considera que cualquier tipo de proyecto debe evaluarse desde el punto de vista de su interacción recíproca con el medio y, por tanto, en términos de la capacidad de acogida del proyecto por el mismo y de los efectos de éste sobre aquél (Conesa-Fernández, 1997). En ese sentido, la evaluación del impacto ambiental debe partir del análisis de las diferentes etapas del proyecto, y del estudio del entorno o área de influencia de aquél.

Siguiendo las metodologías propuestas por Conesa-Fernández (1997) y Gómez-Orea (1999), en el proceso de evaluación del impacto ambiental es necesario primero identificar las acciones que pueden causar impactos sobre uno o más factores del medio susceptibles de recibirlos; en segundo término, se procede a valorar los impactos para determinar su grado de importancia y, por último, se establecen las medidas preventivas, correctivas o compensatorias necesarias.

El propósito de la evaluación del impacto ambiental, según el Artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente es establecer 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 ambiente.

Por lo tanto, en el proceso de evaluación del impacto ambiental únicamente se está interesado en identificar y mitigar aquellas modificaciones imputables al proyecto que potencialmente puedan ser causantes de contingencia ambiental, desequilibrio ecológico, emergencia ecológica o daño ambiental irreversible, puesto que son éstas y no otras las que se consideran significativas para determinar la viabilidad del proyecto.

### ***IX.2.2.1 Metodología propuesta***

La metodología propuesta para ser aplicada en el estudio de impacto ambiental del proyecto consiste, primero, en identificar las acciones que pueden causar impactos sobre uno o más factores del medio susceptibles de recibirlos; en segundo término, se procede a identificar estos factores ambientales; y por último se valoran los impactos para determinar su grado de importancia. A continuación, se describe la metodología empleada para la identificación y evaluación de los impactos ambientales del proyecto.

Esta metodología corresponde al tipo de matrices de interacción de causa-efecto, que se caracterizan como cuadros de doble entrada en una de las cuales se disponen las acciones del proyecto que causan impactos y en la otra los elementos o factores ambientales relevantes receptores de los efectos. En la matriz se señalan las casillas donde se puede producir una interacción, las cuales identifican impactos potenciales, cuya significancia habrá de evaluarse posteriormente.

El uso de esta metodología presenta las siguientes ventajas: relaciona impactos con acciones, además de la identificación de impactos, tiene la propiedad de evaluar, predecir y es relativamente fácil de elaborar y de evaluar, además de que constituye un buen método para mostrar resultados preliminares. Además de las ventajas generales que presentan los métodos basados en relaciones causa-efecto, el método propuesto se justifica por proveer una alta certidumbre en la identificación de impactos, una valoración que limita en gran medida la subjetividad al considerar criterios de manifestación cualitativa de los impactos para determinar su importancia y, la cuantificación de efectos con el uso de valores numéricos y su posterior transformación a unidades conmensurables de importancia final. La interpretación de los resultados, por su tratamiento numérico, es objetiva y fácil de comunicar.

### ***IX.2.2.2 Identificación de las acciones del proyecto que pueden causar impactos***

De entre toda la gama de acciones que intervienen en la relación causa-efecto que define un impacto ambiental, susceptibles de producir impactos concretos en cualquiera de las etapas del proyecto, se deben seleccionar aquellas que sean relevantes, excluyentes/independientes, fácilmente identificables, localizables y cuantificables (Gómez Orea, 1999), ya que algunas de ellas no son significativas desde el punto de vista ambiental porque no modifican o alteran el ambiente o los recursos naturales, o bien porque su efecto es bajo o se puede anular con la adecuada y oportuna aplicación de medidas de prevención



o mitigación. Según Gómez Orea (1999) los términos que describen las características de las acciones que pueden causar impactos deben entenderse como sigue:

- Relevantes: han de ajustarse a la realidad del proyecto y ser capaces de desencadenar efectos notables,
- Excluyentes/independientes: para evitar solapamientos que puedan dar lugar a duplicaciones en la contabilidad de los impactos,
- Fácilmente identificables: susceptibles de una definición nítida y de una identificación fácil sobre planos o diagramas de proceso,
- Localizables: atribuibles a una zona o punto concreto del espacio en que se ubica el proyecto,
- Cuantificables: en la medida de lo posible, deben ser medibles en magnitudes físicas, y quedar descritas con la mayor aproximación posible en términos de:
  - Magnitud: superficie y volumen ocupados

Por otro lado, para la identificación de acciones, según Conesa-Fernández (1997), se deben diferenciar los elementos del Proyecto de manera estructurada, atendiendo entre otros los siguientes aspectos:

- Acciones que modifican el uso del suelo
- Acciones que implican emisión de contaminantes
- Acciones derivadas de almacenamiento de residuos
- Acciones que implican sobreexplotación de recursos
- Acciones que implican sub-explotación de recursos
- Acciones que actúan sobre el medio biótico
- Acciones que dan lugar al deterioro del paisaje
- Acciones que repercuten sobre las infraestructuras
- Acciones que modifican el entorno social, económico y cultural
- Acciones derivadas del incumplimiento de la normatividad ambiental vigente

Tales acciones y sus efectos deben quedar determinados al menos en intensidad, extensión, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad y momento en que intervienen en el proceso.

### ***IX.2.2.3 Identificación de los factores ambientales del entorno susceptibles a recibir impactos***

Por otra parte, los factores ambientales son los elementos y procesos del medio que suele diferenciarse en dos Sistemas: Medio Físico y Medio Socioeconómico. El Medio Físico incluye tres subsistemas que son el Medio Inerte o Físico propiamente dicho, el Medio

Biótico y el Medio Perceptual; en tanto que el Medio Socioeconómico incluye el Medio Socio-Cultural y el Medio Económico.

A cada uno de los subsistemas pertenece una serie de componentes ambientales susceptibles de recibir impactos, entendidos como elementos, cualidades y procesos del entorno que pueden ser afectados por el proyecto. La afectación, puede ser negativa o positiva.

Para seleccionar los componentes ambientales, tanto Gómez Orea (1999), como Conesa Fernández (1997), coinciden en que deben considerarse los siguientes criterios:

- Ser representativos del entorno afectado, y por tanto del impacto total producido por la ejecución del Proyecto sobre el Medio.
- Ser relevantes, es decir, portadores de información significativa sobre la magnitud e importancia del impacto.
- Ser excluyentes, es decir, sin solapamientos ni redundancias.
- De fácil identificación tanto en su concepto como en su apreciación sobre información estadística, cartográfica o trabajos de campo.
- De fácil cuantificación, dentro de lo posible, ya que muchos de ellos serán intangibles o inconmensurables.

La valoración de los componentes ambientales, toma en cuenta la importancia y magnitud del mismo. Sin embargo, en muchos casos no es posible medir objetivamente tales parámetros y es necesario aplicar criterios subjetivos en su valoración. Cuando éste es el caso, se puede adoptar el criterio sugerido por Conesa-Fernández (1997): el valor ambiental de un factor o de una unidad de inventario es directamente proporcional al grado cuantitativo enumerado a continuación:

- Extensión: área de influencia en relación con el entorno
- Complejidad: compuesto de elementos diversos
- Rareza: no frecuente en el entorno
- Representatividad: carácter simbólico. Incluye carácter endémico
- Naturalidad: natural, no artificial
- Abundancia: en gran cantidad en el entorno
- Diversidad: abundancia de elementos distintos en el entorno
- Estabilidad: permanencia en el entorno
- Singularidad: valor adicional por la condición de distinto o distinguido
- Irreversibilidad: imposibilidad de que cualquier alteración sea asimilada por el medio debido a mecanismos de autodepuración
- Fragilidad: endeblez, vulnerabilidad y carácter perecedero de la cualidad del factor
- Continuidad: necesidad de conservación

- Insustituibilidad: imposibilidad de ser sustituido
- Clímax: proximidad al punto más alto de valor ambiental de un proceso
- Interés ecológico: por su peculiaridad ecológica
- Interés histórico-cultural: Por su peculiaridad histórico-monumental-cultural
- Interés individual: por su peculiaridad a título individual (carácter epónimo, mutante)
- Dificultad de conservación: dificultad de subsistencia en buen estado
- Significación: importancia para la zona del entorno.

Los distintos factores del medio presentan importancias distintas de unos respecto a otros, en cuanto a su mayor o menor contribución a la situación ambiental. Considerando que cada factor representa sólo una parte del medio ambiente, es importante disponer de un mecanismo según el cual todos ellos se puedan contemplar en conjunto, y además ofrezcan una imagen coherente de la situación al hacerlo, o sea, ponderar la importancia relativa de los factores en cuanto a su mayor o menor contribución a la situación del medio ambiente.

Con este fin se atribuye a cada factor un peso o índice ponderal, expresado en unidades de importancia (UIP), y el valor asignado a cada factor resulta de la distribución relativa de mil unidades asignadas al total de factores ambientales (Medio Ambiente de Calidad Óptima) (Esteban Bolea, 1984, En: Conesa Fernández, 1997).

Los distintos factores del medio presentan importancias distintas de unos respecto a otros, en cuanto a su mayor o menor contribución a la situación ambiental. Considerando que cada factor representa sólo una parte del medio ambiente, es importante disponer de un mecanismo según el cual todos ellos se puedan contemplar en conjunto, y además ofrezcan una imagen coherente de la situación al hacerlo, o sea, ponderar la importancia relativa de los factores en cuanto a su mayor o menor contribución a la situación del medio ambiente.

#### *IX.2.2.4 Identificación, descripción y valoración de impactos potenciales*

El estudio de impacto ambiental es una herramienta fundamentalmente analítica, de investigación prospectiva de lo que puede ocurrir, por lo que la clarificación de todos los aspectos que lo definen y en definitiva de los impactos (interrelación Acción del Proyecto-Factor del medio), es indispensable. Por lo tanto, no es válido pasar a un proceso de evaluación de impactos sin un análisis previo en el que se enuncien, describan y examinen los factores más importantes constatados, justificando por qué merecen una determinada valoración.

En esta fase se cruzan las dos informaciones (factores del medio, acciones del proyecto), con el fin de prever las incidencias ambientales derivadas tanto de la ejecución del proyecto, como de su operación, para poder valorar su importancia.

La valoración cuantitativa se efectúa a partir de la matriz de impactos en la que en cada casilla de cruce se anota la importancia del impacto determinada como se indicará más adelante. Con esta matriz se mide el impacto ambiental ( $I_{ij}$ ) generado por una acción simple de una actividad ( $A_i$ ) sobre un factor ambiental considerado ( $F_j$ )

La importancia del impacto es pues, el ratio mediante el cual medimos cualitativamente el impacto ambiental, en función, tanto del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida, como de la caracterización del efecto, que responde a su vez a una serie de atributos de tipo cuantitativo. El valor de importancia del impacto, se establece en función de 11 características.

La primera de ellas se refiere a la naturaleza del efecto (positivo o negativo), en tanto que la segunda representa el grado de incidencia o intensidad del mismo y los nueve restantes son: extensión, tipo de efecto, plazo de manifestación, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación y periodicidad.

Dichas características se representan por símbolos que ayudan a visualizar e identificar rápidamente a cada una y forman parte de una ecuación que indica la importancia del efecto de una acción sobre un factor ambiental. A saber:

$$I = \pm (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Donde:	I	= Importancia del impacto
	±	= Signo
	IN	= Intensidad
	EX	= Extensión
	MO	= Momento
	PE	= Persistencia
	RV	= Reversibilidad
	SI	= Sinergia
	AC	= Acumulación
	EF	= Efecto
	PR	= Periodicidad
	MC	= Recuperabilidad

La importancia del impacto se representa por un número que se deduce de dicha ecuación, en función del valor asignado a los símbolos considerados, según se muestra en el **Cuadro IX:1**.

La importancia del impacto toma valores entre 13 y 100. En términos generales puede afirmarse que los valores inferiores a 25 son irrelevantes, entre 25 y 50 moderados, entre 50 y 75 severos y superiores a 75 deben considerarse críticos.

Siguiendo el método propuesto por Conesa Fernández (1997), en aquellas casillas de cruce que correspondan a los impactos más importantes, a los que se produzcan en lugares o momentos críticos y sean de imposible corrección y que darán lugar a las mayores puntuaciones en el recuadro relativo a la importancia, se le superpondrán las llamadas

Alertas o Banderas Rojas, para llamar la atención sobre el efecto y buscar alternativas en el proyecto que eliminen la causa y la permuten por otra de efectos menos nocivos.

Si no es posible modificar la actividad o acción impactante, deben buscarse medidas correctivas, de mitigación o de compensación que anulen, palien o mitiguen los efectos negativos.

*Cuadro IX:1. Importancia del Impacto. Se indican las 11 características que conforman la importancia del impacto, así como los valores que pueden adoptar cada una dependiendo de su grado de acción. Tomado de Conesa Fernández (1997).*

<b>NATURALEZA</b>		<b>INTENSIDAD (IN)</b> (grado de destrucción)	
- Impacto Beneficioso	+	- Baja	1
- Impacto Perjudicial	-	- Media	2
		- Alta	4
		- Muy Alta	8
		- Total	12
<b>EXTENSIÓN (EX)</b> (Área de influencia)		<b>MOMENTO (MO)</b> (Plazo de la manifestación)	
- Puntual	1	- Largo Plazo	1
- Parcial	2	- Medio Plazo	2
- Extenso	4	- Inmediato	4
- Total	8	- Crítico	(+4)
- Crítica	(+4)		
<b>PERSISTENCIA (PE)</b> (Permanencia del efecto)		<b>REVERSIBILIDAD (RV)</b>	
- Fugaz	1	- Corto Plazo	1
- Temporal	2	- Medio Plazo	2
- Permanente	4	- Irreversible	4
<b>SINERGIA (SI)</b> (Regularidad de la manifestación)		<b>ACUMULACIÓN (AC)</b> (Incremento progresivo)	
- Sin sinergismo (simple)	1	- Simple	1
- Sinérgico	2	- Acumulativo	4
- Muy sinérgico	4		
<b>EFEECTO (EF)</b> (Relación causa-efecto)		<b>PERIODICIDAD (PR)</b> (Regularidad de la manifestación)	
- Indirecto	1	- irregular o aperiódico y discontinuo	1
- Directo	4	- Periódico	2
		- Continuo	4
<b>RECUPERABILIDAD (MC)</b> (Reconstrucción por medios humanos)		<b>IMPORTANCIA (I)</b>	
- Recuperable de manera inmediata	1	$I = \pm (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$	
- Recuperable a medio plazo	2		
- Mitigable	4		
- Irrecuperable	8		

A fin de clarificar el significado de las características expresadas y sus valores, se describe a continuación cada una de ellas.

**Signo.** El signo hace referencia al carácter benéfico (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los factores considerados. Sin embargo, en ocasiones no es

fácil predecir el efecto por lo que se puede incluir un tercer valor (x), que refleja efectos cambiantes difíciles de predecir.

**Intensidad.** Se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa. La escala de valoración está comprendida entre 1 y 12, en el que 12 expresa una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto, y 1 indica una afectación mínima.

**Extensión.** Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto, es decir, el porcentaje de área respecto al entorno en que se manifiesta el efecto. Esta característica se valora con escala entre 1 y 8 en la que 1 representa un efecto muy localizado o puntual y 8 representa una ubicación de influencia generalizada en todo el entorno del proyecto. Esta característica introduce un valor adicional que aplica si el impacto se produce en un lugar crítico. En este caso se deben sumar cuatro unidades al número que resultó de la valoración del porcentaje de extensión en que se manifiesta. Cuando éste es el caso, y además se trata de un impacto peligroso para el cual no es posible introducir medidas correctoras, deberá buscarse otra alternativa a la actividad.

**Momento.** El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado. Cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será inmediato, y si es inferior a un año, corto plazo, asignándole en ambos casos un valor de 4. Si el período de tiempo va de 1 a 5 años, medio plazo, se asigna el valor 2 y si el efecto tarda en manifestarse más de 5 años se califica con 1, largo plazo. Si ocurriese alguna circunstancia que hiciese crítico el momento del impacto, cabría atribuirle un valor de 1 a 4 unidades que se suman al valor obtenido previamente, según su momento de acción.

**Persistencia.** Se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras. Si la persistencia del efecto tiene lugar durante menos de 1 año, consideramos que la acción produce un efecto fugaz, asignándole un valor de 1. Si dura entre 1 y 10 años, se califica como temporal (2) y si el efecto tiene una duración superior a 10 años, se considera permanente y debe calificarse con un valor de 4.

**Reversibilidad.** Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deja de actuar sobre el medio. Siguiendo los intervalos de tiempo expresados para la característica previa, al corto plazo, se le asigna un valor de 1, si es a medio plazo 2 y si el efecto es irreversible 4.

**Recuperabilidad.** Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana. Si el efecto es totalmente recuperable se le asigna un valor de 1 o 2, según lo sea de manera inmediata o a medio plazo, si lo es parcialmente, el efecto es mitigable, y toma un valor de 4, que se resta al valor de importancia total. Cuando el efecto es irrecuperable se le asigna el valor de 8. Si el efecto es irrecuperable, pero existe la posibilidad de aplicar medidas compensatorias, entonces el valor que se adopta es 4.

**Sinergia.** Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea. Cuando una acción actuando sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma valor 1, si se presenta un sinergismo moderado 2 y si es altamente sinérgico 4.

**Acumulación.** Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos, el efecto se valora como 1 y si el efecto es acumulativo se califica con 4.

**Efecto.** Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. El efecto puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción a consecuencia directa de ésta y se califica con el valor 4. En el caso de que el efecto sea indirecto o secundario, su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando éste como una acción de segundo orden. En este caso se califica con 1.

**Periodicidad.** Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo). A los efectos continuos se les asigna un valor de 4, a los periódicos 2 y a los de aparición irregular y a los discontinuos con 1.

#### *IX.2.2.5 Medidas de prevención y/o corrección de impactos potenciales*

No se debe pasar a las conclusiones respecto de la evaluación de los impactos, sin tomar en cuenta que éstos pueden ser mitigados o compensados por las acciones propuestas. Sin

embargo, la eficiencia y eficacia de tales medidas, dependerá de la adecuada y oportuna aplicación de las mismas en los momentos sugeridos.

De acuerdo con Conesa Fernández (1997), prevenir, paliar o corregir el impacto ambiental significa introducir medidas preventivas y/o correctoras durante y después de implementar el proyecto a fin de:

- Explotar en mayor medida las oportunidades que brinda el medio en aras al mejor logro ambiental del proyecto o actividad.
- Anular, atenuar, evitar, corregir o compensar los efectos negativos que las acciones derivadas del proyecto producen sobre el medio ambiente, en el entorno de aquellas.
- Incrementar, mejorar y potenciar los efectos positivos que pudieran existir.

Adicionalmente, Gómez Orea (1999) señala que para la identificación y adopción de las medidas se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Viabilidad técnica,
- Eficacia y eficiencia ambiental,
- Viabilidad económica y financiera, y
- Facilidad de implantación, mantenimiento, seguimiento y control.

Las medidas a tomar pueden ser de varios tipos. Protectoras, es decir, que evitan la aparición del efecto modificando los elementos que definen la actividad. Correctoras de impactos recuperables, dirigidas a anular, atenuar, corregir o modificar las acciones y efectos sobre los procesos productivos, condiciones de funcionamiento, factores del medio como agente transmisor, factores del medio como agente receptor u otros parámetros, como la modificación del efecto hacia otro de menos magnitud o importancia. Compensatorias, de impactos irrecuperables e inevitables, que no evitan la aparición del efecto, ni lo anulan o atenúan, pero contrapesan de alguna manera la alteración del factor. En cualquiera de los casos se debe incluir un apartado en el que se presente un informe de las medidas que se aplicarán incluyendo al menos lo siguiente:

- Impacto al que se dirige o efecto que pretende corregir, prevenir o compensar
- Definición de la medida
- Objetivo
- Momento óptimo para la introducción de la medida. Prioridad y urgencia
- Eficacia y/o eficiencia



### *IX.2.2.6 Valoración cuantitativa de las acciones impactantes y de los factores ambientales impactados*

- Valoración relativa

Una vez determinada la importancia de los impactos y efectuada la ponderación de los distintos factores del medio, se está en la posibilidad de desarrollar el modelo de valoración cualitativa propuesto por Conesa-Fernández (1997), con base en la importancia  $I_i$  de los efectos que cada Acción  $A_i$  de la actividad produce sobre cada factor del medio  $F_j$ .

Dicho modelo, contempla el análisis de los impactos negativos mediante el empleo de una matriz, en las que las filas indican los factores ambientales que recibirían las alteraciones más significativas; y las columnas las acciones relevantes causantes de éstos. Se omiten las acciones cuyo efecto no es relevante y los factores que son inalterados o lo son débilmente o de manera temporal, capaces de retornar a las condiciones previas.

La suma ponderada de la importancia del impacto negativo de cada elemento tipo, por columnas ( $I_{Ri}$ ), identificará las acciones más agresivas (altos valores negativos) y las poco agresivas (bajos valores negativos), pudiendo analizarse las mismas según sus efectos sobre los distintos subsistemas.

Así mismo, la suma ponderada de la importancia del efecto de cada elemento tipo, por filas ( $I_{Rj}$ ), indicará los factores ambientales que reciben en mayor o menor medida, las consecuencias del funcionamiento de la actividad considerando su peso específico, o lo que es lo mismo, el grado de participación que dichos factores tienen en el deterioro del medio ambiente.

El impacto neto de una nueva actividad, en cada una de las fases o situaciones temporales estudiadas, es la diferencia entre la situación del medio ambiente modificado por causa del proyecto, considerando las medias de mitigación aplicables y la situación tal y como habría evolucionado sin la presencia de aquel.

Ahora bien, la calidad final del medio ambiente es debida, no sólo a la consecuencia de las acciones impactantes en la propia fase de funcionamiento del proyecto, sino también a la existencia previa de alguna acción causante de efectos irreversibles o de efectos continuos producidos y estudiados en otra fase anterior. Este tipo de efectos ( $IRP_j$ ), se destacan y su importancia total ponderada se indica en la columna correspondiente de la matriz de importancia. En la última columna de la matriz se relacionan las importancias totales de los efectos finales sobre los factores ambientales ( $I_{Rj}$ ) obtenidas como suma algebraica de la importancia relativa del impacto en la fase de funcionamiento del proyecto y la importancia relativa del impacto de las acciones cuyo efecto es irreversible o permanece durante largo plazo o a lo largo de la vida del proyecto.

La importancia total de los efectos causados en los distintos componentes y subsistemas presentes en la matriz de impactos ( $I_{Ri}$ ) se calcula como la suma ponderada por columnas de los efectos de cada uno de los elementos tipo correspondientes a los componentes y subsistemas estudiados. No es válida la suma algebraica.

- Valoración absoluta

La suma algebraica de la importancia del impacto de cada elemento tipo por columnas ( $I_i$ ), constituye otro modo, aunque menos representativo y sujeto a sesgos importantes, de identificar la mayor o menor agresividad de las acciones (Conesa Fernández, 1997). De la misma manera que la establecida previamente, la suma algebraica de la importancia del impacto de cada elemento por filas ( $I_j$ ), indica los factores ambientales que sufren en mayor o menor medida las consecuencias de la actividad.

De forma análoga a la dispuesta para la valoración relativa, se incluye una columna en la matriz de importancia para reflejar la importancia absoluta del efecto causado durante la fase de construcción o funcionamiento, y otra columna en la que se reflejan los efectos totales permanentes ( $I_{Pj}$ ), obtenidos en este caso por suma algebraica. Se incluye una tercera columna para indicar la importancia de los efectos absolutos totales ( $I_j$ ), sobre cada uno de los factores considerados, mediante suma algebraica de todas las columnas.

No debe olvidarse que los valores obtenidos de la importancia del impacto en los elementos tipo de la matriz, no son comparables entre sí, o sea, en la proporción que sus valores numéricos lo indican puesto que se trata de variables no proporcionales.

Sin embargo, el hecho que una importancia sea mayor que otra, sí implica que el impacto de la primera acción sobre el factor considerado es mayor que el de la segunda sobre el mismo factor, pues se trata de variables ordinales.

Análisis del modelo. - Siguiendo con Conesa-Fernández (1997), una vez realizada la valoración cualitativa por los dos métodos descritos quedan definidas:

- La importancia total  $I_i$ , de los efectos debidos a cada acción  $i$

$$I_i = \sum_j I_{ij}$$

- La importancia total ponderada  $I_{Ri}$ , de los mismos

$$I_{Ri} = \sum_j I_{ij} \cdot P_j / \sum_j P_j$$

- La importancia total  $I_j$ , de los efectos causados a cada factor  $j$

$$I_j = \sum_i I_{ij}$$

- La importancia total ponderada  $I_{Rj}$ , de los mismos

$$I_{Rj} = \sum_i I_{ij} \cdot P_j / \sum_j P_j$$

- La importancia total  $I$ , de los efectos debidos a la actuación

$$I = \sum_i I_j = \sum_i I'_i + I_P = I' + I_P$$

- La importancia total ponderada  $I_R$ , de los mismos

$$I_R = \sum_j I_{Rj} = \sum_j I'_{Ri} + I_{PR} = I'_R + I_{PR}$$

Con esta metodología el modelo de la suma ponderada en función del peso específico de un factor sobre los demás, se aproxima suficientemente a la realidad medioambiental estudiada, haciendo siempre la salvedad que, en esta valoración cualitativa, se consideran aspectos de los efectos con un grado de manifestación cuantitativa y por tanto sujeto a errores de mayor magnitud que los que se podrían cometer al llevar a cabo una valoración cuantitativa. En el **Cuadro IX:2** se muestra gráficamente la estructura de la matriz de importancia resultante del análisis descrito.

*Cuadro IX:2. Matriz de Importancia. En busca de una mayor claridad y comprensión de la metodología descrita, se muestra la estructura de la matriz de importancia que resultaría de su aplicación. FUENTE: Conesa Fernández, 1997.*

FACTORES	UIP	SITUACIÓN 1								SITUACIÓN 2									
		ACCIONES				N + 1				ACCIONES				N + 1		N + 2		N + 3	
		1	2	i	n	TOTAL		1	2	1	2	i	n	TOTAL		Total efectos permanentes de la Sit. 1		Importancia total	
		A	A	A	A	Ab	Rel	A	A	A <sub>i</sub>	A	A	Rel	Ab	Rel.	Ab	Rel.		
		1	2	i	n	.	.	1	2		n	b	.	.	.	.	.		
<b>F<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>1</sub></b>																		
<b>F<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>																		
<b>F<sub>j</sub></b>	<b>P<sub>j</sub></b>			<b>I<sub>ij</sub></b>	<b>I<sub>nj</sub></b>	<b>I<sub>j</sub></b>	<b>I<sub>Rj</sub></b>			<b>I'<sub>ij</sub></b>	<b>I'<sub>n</sub></b>	<b>I'<sub>j</sub></b>	<b>I'<sub>Rj</sub></b>	<b>I<sub>pj</sub></b>	<b>I<sub>RPj</sub></b>	<b>I<sub>j</sub></b>	<b>I<sub>Rj</sub></b>		
<b>F<sub>m</sub></b>	<b>P<sub>m</sub></b>																		
<b>Total</b>	Absoluto			<b>I<sub>i</sub></b>	<b>I</b>	<b>-</b>	<b>-</b>			<b>I'<sub>i</sub></b>	<b>-</b>	<b>I'</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>I</b>	<b>-</b>		
	Relativo			<b>I<sub>Ri</sub></b>	<b>-</b>	<b>I<sub>R</sub></b>	<b>-</b>			<b>I'<sub>Ri</sub></b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>I'<sub>R</sub></b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>I<sub>R</sub></b>		

### IX.3 BIBLIOGRAFÍA

Adame, M. F. y otros, 2015. Selecting cost effective areas for restoration of ecosystem services. *Conservation Biology*, 29(2), pp. 493-502.

Adame, M. K., Medina, I. G. J. T. O. & Caamal, J. y. H. J., 2013. Carbon stocks of tropical coastal wetlands within the karstic landscape of the Mexican Caribbean. *PLoS one*, 8(2).

Alcamo, J. & Henrich, T., 2008. Towards Guidelines For Environmental Scenarios Analysis. En: J. Alcamo & T. Henrich, edits. *Environmental futures: the practice of environmental scenario analysis*. s.l.:Elsevier, pp. 13-35.

Alonso-Ferrel, C. L., Ángel, M., Bazualdo, S. & García, L., 2014. Estudio de la Diversidad de Dinoflagelados en los canales de Xochimilco.. *Universidad Autónoma Metropolitana*.

American Ornithologists Union, 1998. Check list of North American birds. 7th Edition. p. 15.

Aparicio, F. J., 1992. *Fundamentos de hidrología de superficie*. Primera ed. México, D.F.: Grupo Noriega Editores.

Arellano M., J. J. L., 1994. *La degradación de suelo por erosión hídrica en Chiapas: evaluación y principios tecnológicos para su control*. Edo de México: Tesis Profesional. Departamento de Irrigación de la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México.

Arellano, A., 2000. Manejo Integrado de Zona Costera y Áreas Naturales Protegidas. La Reserva de la Biósfera Sian Ka'an, Quintana Roo. En: Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad & Universidad de Quintana Roo, edits. s.l.:s.n., pp. 445-454.

Arita, H. T. & Ceballos, G., 1997. Los Mamíferos de México: Distribución y Estado de Conservación. *Revista Mexicana de Mastozoología*, Issue 2, pp. 33-71.

Banxico, 2020. *Sistema de Información Económica*. [En línea] Available at: <https://www.banxico.org.mx/tipcamb/main.do?page=tip&idioma=sp>

Barrantes, G., 2006. Valoración económica de la oferta de agua como un servicio ambiental estratégico. En: *Ecological Studies, Vol.185 Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests*.. s.l.:Springer.

Batllori, E. & Flebes, J. L., 2007. Límites máximos permisibles para el aprovechamiento del ecosistema de manglar. *Gaceta Ecológica*, Volumen 82, pp. 5-23.

Bautista, F., Cram, S. & Sommer, I., 2004. Suelos. En: *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. México, D.F. : UNAM, pp. 73-115.

Bautista, F., Palma-López, D. & Huchin-Malta, W., 2005. Actualización de la clasificación de los suelos en el Estado de Yucatán. En: F. Bautista & G. Palacio, edits. *Caracterización y Manejo de los Suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales*. Mérida(Yucatán): Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán , Instituto Nacional de Ecología, pp. 105-122.

Berlanga, H. y otros, 2015. *Aves de México: Lista Actualizada de Especies y Nombres Comunes*.. México, D.F.: s.n.

Bibby, C. J., Burgess, N. D. & Hill, D. A., 1992. *Bird Census Techniques*. London: Academic Press.

Bojórquez, L. & Ortega, A., 1989. Análisis de Técnicas de Simulación Cualitativa para la Predicción del Impacto Ecológico. *Ciencia*, Volumen 40, pp. 71-78.

Bolano, G. M. e. a., 2016. Mapa de erosión de los suelos de México y posibles implicaciones en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo.. *Terra Latinoam [online].*, 34(3), pp. 271-288.

Burkhard, B. & Maes, J., 2017. *Mapping ecosystem services*. s.l.:Advanced Books, Pensoft.

Cancino, J. O., 2012. *Dendrometría básica*. s.l.:Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Manejo de Bosques y Medio Ambiente..

Canfield, R. H., 1941. Application of the line interceptation Method in Sampling Range Vegetation. *Journal of forestry*, 39(4), pp. 388-394.

Casanoves, F., Pla, L. & Di Rienzo, J. A., 2011. Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos. En: Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Ceballos, G., Arroyo-Cabrales, J. & Medellín, R., 2002. Mamíferos de México. En: *Diversidad y Conservación de los Mamíferos Neotropicales*. s.l.:s.n., pp. 377-413.

Ceballos, G. & Oliva, G., 2005. *Los Mamíferos Silvestres de México*.. México: CONABIO-FCE.

Cely, A., 1999. Metodología de los Escenarios para Estudios. *Revista Ingeniería e Investigación*, Issue 44.

Cervantes, A., 2007. El balance hídrico en cuerpos de agua cársticos de la Península de Yucatán. *Teoría y Praxis*, Volumen 3, pp. 143-152.

Chaping, F. S. y otros, 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature*, 405(6783), pp. 234-242.

Chow, V. T., Maidment, D. & Mays, L., 1994. *Hidrología Aplicada*. s.l.:McGraw Hill.

Cifuentes, M., 1992. *Determinación de la Capacidad de carga Turística en Áreas Protegidas*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.

Cifuentes, M. y otros, 1999. *Capacidad de Carga Turística de las Áreas de Uso Público del Monumento Nacional Guayabo*. Primera ed. Turrialba, Costa Rica: Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF Centroamérica) y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), 2009. *Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica*. México D.F.: CONABIO.

Comisión para la Cooperación Ambiental, 2001. *México y el Incipiente Mercado de Emisiones de Carbono. Oportunidades de inversión para pequeñas y medianas empresas en la agenda sobre el cambio climático mundial..* s.l.:Comisión para la Cooperación Ambiental.

CONABIO, 2016. *Distribución de los manglares en México en 2015 escala 1:50,000. Edición 1*. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

CONAFOR, 2020. *Comisión Nacional Forestal. Acciones y Programas*. [En línea] Available at: <https://www.gob.mx/conafor/acciones-y-programas/apoyos-conafor>

Conesa Fernandez, V., 1997. *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental..* 3a ed. Barcelona, España: Ediciones Mundiprensa.

Cortés, T., 1991. Caracterización de la erosividad de la lluvia en México utilizando métodos multivariados. *Tesis maestría en Ciencias*, p. 168.

Costanza, R. y otros, 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, Volumen 387, pp. 253-260.

Cottam, G. & Curtis, J. T., 1956. The Use of Distance Measures in Phytosociological Sampling. *Ecology*, 37(3), pp. 451-460.

Cruz, G. B., 2003. *La cuenca como unidad de planeación ambiental*. s.l., Dirección General de Investigación de Política y Economía Ambiental. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT..

Dachary, A. C. & López, A., 1983. Economía, Población y Dinámica en el Uso del Suelo de la Reserva de la Biosfera y su Zona Periférica. En: *Sian Ka'an*. Puerto Morelos: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología y Centro de Investigaciones de Quintana Roo, pp. 123-143.

Das, B. M., 2015. *Fundamentos de ingeniería geotécnica. Cuarta edición..* s.l.:Cengage Learning.

De Alba Rosano, C. F. & Pineda Lopez, R. F., 2007. Ordenamiento Territorial Comunitario con Visión de Cuencas..

De Groot, R. S., Wilson, M. & Boumans, R. M., 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological economics*, 41(3), pp. 393-408.

De las Salas, G. & Olmos, C. G., 2000. Balance hídrico bajo tres coberturas vegetales contrastantes en la cuenca del río San Cristóbal.. *Revista Académica Colombiana de Ciencias*, 24(91), pp. 205-218.

Desmet, P. J. & Govers, G., 1996. Comparison of routing algorithms for digital elevation models and their implications for predicting ephemeral gullies. *International Journal of Geographical Information Systems*, 10(3), pp. 311-331.

DGINF, 1969. Inventario Forestal de la Zona Felipe Carrillo Puerto-Chunujub, Quintana Roo. En: s.l.:Dirección General del Inventario Nacional Forestal, Subsecretaría Forestal y de la Fauna, Secretaría de Agricultura y Ganadería (poblicación número 19), p. 74.

Díaz, S. y otros, 2006. Functional diversity\_at the crossroads between ecosystem functioning and environmental filters. En: *Terrestrial ecosystems in a changing world*. New York: Springer Science y Business Media, pp. 103-113.

DOF, 2015. Norma Oficial Mexicana NOM-2011-CONAGUA-2015, Conservación del Recurso Agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. *Diario Oficial de la Federación*, 27 marzo.

Donjuán, C. A., Vargas, O. N., Osorio, C. M. & Rojas, D. F., 2017. Evaluación de la Biodiversidad y Caracterización Estructural de un Bosque de Encino (*Quercus L.*) en la Sierra Madre del Sur, M.. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 14(35), pp. 68-75.

Espinosa, G., 2001. *Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Chile (Coed.): Banco Interamericano de Desarrollo y Centro de Estudios para el Desarrollo.

FAO, 1980. *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*. Roma, Italia: s.n.

FAO, 2015. *El suelo es un recurso no renovable*, Roma, Italia: s.n.

FAO, 2018. *Portal de suelos de la FAO*. [En línea] Available at: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/en/>

Faustino, J. & Jiménez, F., 2000. *Manejo de Cuencas Hidrográficas*. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Área de Cuencas Y Sistemas Agroforestales.

Figueroa, S. B. y otros, 1991. *Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión..* s.l.:Colegio de Postgraduados.

Flengli1, L., 2012. On forests' role in protecting ecological environment. *Priv. Technol.*, Volumen 7, pp. 2-3.

Flores-Villela, O., 1993. *Herpetofauna Mexicana: Lista Anotada de las Especies de Afibios y Reptiles de México, Cambios Taxonómicos Recientes y Nuevas Especies*. Special Publication No.17 ed. Pittsburg, USA.: Carnegie Museum of Natural History..

Flores-Villela, O. & Canseco-Marquez, L., 2004. Nuevas Especies y Cambios Taxonómicos para la Herpetofauna de México.. *Acta Zoológica Mexicana*, 20(2), pp. 115-144.

Flores-Villela, O., Mendoza, F. & Gonzalez, G., 1995. Recopilación de Claves para la Determinación de Anfibios y Reptiles de México.. *Publicaciones Especiales del Museo de Zoología*, Issue 10, p. 439.

Foster, P., 1975. *Introducción a la Ciencia Ambiental*. México: El Ateneo.

Fragoso, L. P., 2003. *Estimación del contenido y captura de carbono en biomasa aérea del predio "Cerro Grande" municipio de Tancítaro, Michoacán, México*. Tesis de Licenciatura. Uruapan, Michoacán.: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Fragoso, P., Pereira, A., Frausto, O. & Bautista, F., 2014. Relación entre la geodiversidad de Quintana Roo y su biodiversidad. *Quivera*, 16(1), pp. 97-125.

Franco Lopez, J., 2015. *Evaluación de Impacto Ambiental. Técnicas y Procedimientos Metodológicos*. Primera ed. México: Trillas.

Franklin, A., Noon, B. R. & George, T. L., 2002. What is habitat fragmentation?. *Studies in avian biology*, Volumen 25, pp. 20-29.

Frost, D. y otros, 2006. The amphibian tree of life. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, Issue 297, pp. 1-291.

García, E., 1981. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana*. México: s.n.

García-Esteban, L., Guindeo-Casasus, A., Peraza-Oramas, C. & Palacios de Palacios, P., 2003. *La madera y su anatomía*. México, D.F.: Mundi-Prensa.

Global Biodiversity Information Facility, 2019. *GBIF.org*, s.l.: s.n.

Gomez, D., 1999. *Evaluación del Impacto Ambiental*. 1era. ed. s.l.:Ediciones Mundiprensa.

Gómez, D., 2013. *Tratamiento biológico de las aguas residuales. Ley de conservación de la materia*, s.l.: s.n.,



Gómez-Orea, D., 1999. *Evaluación del Impacto Ambiental: un instrumento preventivo para la gestión ambiental..* España: Coedición Ediciones Mundi-Prensa y Editorial Agrícola Española, S.A..

Gondwe, B. R. y otros, 2010. Hydrogeology of the south-eastern Yucatan Peninsula: new insights from water level measurements, geochemistry, geophysics and remote sensing.. *Journal of Hydrology*, 389(1-2), pp. 1-17.

Grime, J. P. y otros, 2000. The response of two contrasting limestone grasslands to simulated climate change. *Science*, 289(5480), pp. 762-765.

Groumpos, P. P., 2010. Fuzzy Cognitive Maps: Basic theories and their application to complex systems.. En: *Fuzzy Cognitive Maps*. Berlin: Springer, pp. 1-22.

Honorato, R., Barrales, L., Peña, I. & Barrera, F., 2001. Evaluación del modelo USLE en la estimación de la erosión en seis localidades entre la IV y IX región de Chile. *Revista Ciencias de la Agricultura*, 28(1), pp. 7-14.

Howel, S. N. & Webb, S., 1995. *A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America..* New York: Oxford University Press.

Ihl, T. & Martínez, O. F., 2014. El Cambio Climático y los Huracanes en la Península de Yucatán. En: O. F. Martínez, ed. *Monitoreo de riesgo y desastre..* s.l.:Laboratorio de Observación e Investigación Espacial.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI*, s.l.: s.n.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2010. *Censo Nacional de Población y Vivienda*, s.l.: INEGI.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2010. *Diccionario de Datos Edafológicos escala 1:1000000*. s.l.:s.n.

Inversor Ediciones, S.L., 2018. *Finanzas.com*. [En línea] Available at: <http://www.finanzas.com/divisas/usd-mxn/>

Islebe, A. G. y otros, 2009. Efectos del Impacto del Huracán Dean en la Vegetación del Sureste de Quintana Roo, México. *Foresta Veracruzana*.

Jiménez, E., Lacayo, R., Mayorga, J. & Somamba, O., 2016. Identificación y diversidad de insectos asociados al cultivo de marango (*Moringa oleifera* L.) en Nicaragua. *La Calera, Revista Científica*, 16(7), pp. 86-93.

Jiménez, F., 2004. La cuenca Hidrográfica como unidad de planificación, manejo y gestión de los recursos naturales. .. *Experiencias en gestión y valoración del agua*, Volumen 9.

Jiménez, V. A. & Hortal, J., 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de arcnología*, pp. 151-161.

Johnson, M. P., 2001. Environmental Impacts of Urban Sprawl: a Survey of the Literature and Proposed Research Agenda.. *Environment and Planning A.*, 33(4), pp. 717-735.

Jones, A. E. y otros, 2017. Residence time based classification of surface water systems. *Water Resources Research*, 53(7), pp. 5567-5584.

Jouault, S., Garcia de Fuentes, A. & Rivera, T., 2015. Un modelo regional de turismo alternativo y economía social en la Península de Yucatán, México. *Otra Economía*, 9(17), pp. 164-176.

Julián-Soto, F., 2010. La dureza del agua como indicador básico de la presencia de incrustaciones en instalaciones domésticas sanitarias. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 11(2), pp. 167-177.

Kane, J., 1972. A primer for a New Cross Impact Language-KSIM. *Technological Forecasting and Social Change*, 4(2), pp. 129-142.

Kosko, B., 1986. Fuzzy Cognitive Maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, 24(1), pp. 65-75.

Leps, J., Osvornova-Kosinova, J. & Rejmanek, M., 1982. Community stability, complexity and species life history strategies. *Vegetatio*, Volumen 50, pp. 53-63.

Li Fengli, 2012. On forests' role in protecting ecological environment.. *Priv. Technol.*, Volumen 7, pp. 2-3.

López, A., 1983. Localización y Medio Físico. En: *Sian Ka'aaan*. Puerto Morelos(Quintana Roo): Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología y Centro de Investigaciones de Quintana Roo, A.C., pp. 19-49.

López, S. y otros, 2002. *Tratamiento de lodos residuales municipales con un proceso aerobio-termofílico*, Jiutepec, México: s.n.

MacGregor-Fors, I., 2010. How to measure the urban-wildland ecotone: redefining "periurban" areas?. *Ecological Research*, Volumen 25, pp. 883-887.

Magurran, A., 2004. *Measuring Biological Diversity*. s.l.:Blackwell Science.

- Margalef, R., 1958. Information Theory in Ecology. *Gen. Systems*, Volumen 3, pp. 36-71.
- Margalef, R., 1995. *Ecología*. Barcelona, España: Omega.
- Marín, L., Merediz, G. & Rebolledo-Vieyra, M., 2011. Review: The Yucatán Peninsula karst aquifer,. *Hydrogeology Journal*, Volumen 19, p. 507–524.
- Marshak, S., 2013. *Escentials of Geology, Fourth Edition*. New York, London: W.W. Norton Company.
- Masera, O. R., Cerón, A. D. & Ordoñez, A., 2001. Forestry mitigation options for Mexico: finding synergies between national sustainable development priorities ando global concerns. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Issue 6, pp. 291-312.
- McCool, D. L. B. a. G. F., 1987. Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation.. *Transactions of the ASAE*, Volumen 30, pp. 1387-1396.
- Medellín, R., Arita, H. & Sánchez, O., 1997. *Identificación de murciélagos de México, clave de campo*. s.l.:Asociación Mexicana de Mastozoología.
- Meza, V., Mora, F., Chaves, E. & Fonseca, W., 2003. Crecimiento y edad del bosque natural con y sin manejo en el trópico húmedo de Costa Rica.
- Montes-León, M. A., Uribe-Alcántara, E. M. & García-Celis, E., 2011. Mapa Nacional de erosión potencial. *Tecnología y ciencias del agua*, 2(1), pp. 5-17.
- Mourhir, A. y otros, 2016. A cognitive map framework to support integrated environmental assesment.. *Environmental modellig & software*, Issue 77, pp. 81-94.
- Mozombite, M. A., 2015. *Valoración económica del secuestro de CO2 y de la Producción de oxígeno en plantaciones de Mauritia flexuosa LF en Puerto Almendra, Iquitos, Perú*.. Iquitos, Perú: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- O'Reilly, A. M., 1986. Tourism Carrying Capacity: Concept and issues. *Tourism Management*, 7(4), pp. 254-258.
- Ocampo R., M. C. y. L. G., 1996. *Programa de conservación de suelos y forestación. Manual de conservación de suelos*., Cuzco, Peru: Asociación Arariwa.
- Odum, E. P., 1972. *Ecología*. Tercera ed. México, D.F.: Interamericana.
- Olmsted, I. C., López, A. & Durán, R., 1983. Vegetación de Sian Ka'an. En: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología & Centro de Investigaciones de Quintana Roo, edits. *Sian Ka'an*. Puerto Morelos: s.n., pp. 63-84.

Ordoñez, J. y otros, 2015. Densidad de las maderas mexicanas por tipo de vegetación con base en la clasificación de J. Rzedowski: compilación.. *Madera y bosques*, 21(SPE), pp. 77-216.

Özesmi, U. & Özesmi, S., 2004. Ecological models based on people's knowledge: a multi-step fuzzy cognitive mapping approach.. *Ecological modelling*, 176(1-2), pp. 43-64.

Papageorgiou, E. & Kontogianni, A., 2012. Using fuzzy cognitive mapping in environmental decision making and management: a metodological primer and an aplicacion. En: *International Perspectives on Global Environmental Change*.. s.l.:IntechOpen.

Pérez, N. S., 2013. *Erosión hídrica en cuencas costeras de Chiapas y estrategias para su restauración hidrológico-ambiental. Tesis Doctoral*. Montecillo, Texcoco, Estado de México: Colegio de Postgraduados.

Pielou, E. C., 1965. The use of information theory in the study of the diversity of biological populations.. *Proceedings of the fifth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability*, Volumen 4, pp. 163-177.

Pla, L., 2006. Biodiversidad: Interferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza.. *Interciencia*, 31(8), pp. 583-590.

Quevedo, L., 1986. *La disponibilidad de oxígeno terrestre y la influencia del hombre sobre él*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Ralph, C. J. y otros, 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres Fauna Silvestre de México: uso, manejo y legislación. *General Technical Report*, Volumen 115.

Ramírez-Pulido, J., Arroyo-Cabrales, J. & Castro-Campillo, A., 2005. Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta zoológica mexicana*, 21(1), pp. 21-82.

Randell, B., 2008. *Ordenamiento Ecológico Territorial en los Municipios donde se ubica el Parque Nacional Los Mármoles*. s.l.:s.n.

Reid, F., 1997. *A Field Guide to the Mammals of Central America and Southeast Mexico*.. s.l.:Oxford University Press.

Rucks, L. y otros, 2004. *Propiedades Físicos del Suelo*.. Montevideo, Uruguay.: Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Suelos y Aguas..

Saaty, T., 1980. *The Analytical Hierarchical Process, Planning, Priority Setting*. New York: McGraw Hill Internacional Book Company.

SAGARPA, 2011. *Manual de Diseño Hidráulico de un Canal de Llamada*. México, D.F.: SAGARPA.

SAGARPA-INEGI-CONAFOR-COLPOS, 2009. *Documento de Referencia para la Estimación de la Erosión Actual del Suelo en México*. s.l.:s.n.

Salinas, F. y otros, 2016. Paleoecología y cronoestadigrafía de las diatomeas del Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, del Mioceno de Baja California, México.. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 68(3), pp. 537-552.

Sánchez, F. J., 2011. *Medidas puntuales de permeabilidad*. Universidad de Salamanca, s.l.: s.n.,

Sánchez, G. d. I. N., 2003. *Técnicas Participativas para la Planeación*. Primera ed. México, D.F.: Fundación ICA.

Santacruz De León, G. ..., 2011. *Estimación de la erosión hídrica y su relación con el uso de suelo en la cuenca del río Cahoacán, Chiapas, México*. s.l.:s.n.

Santana, R., Salvatierra, B., Parra, M. R. & Arce, A. M., 2013. Aporte económico del ecoturismo a las estrategias de vida de grupos domésticos de la Península de Yucatán, México. *Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 11(1), pp. 185-204.

Sara, C., Iturbe, A., Alfonso, P. & Silva, R., 2007. Atlas de Riesgo Oceanográfico: Quintana Roo. En: Chetumal, Quintana Roo.: Universidad de Quintana Roo, Centro de Información Geográfica de la División de Ciencia e Ingeniería : Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología : Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Scalenghe, R. & Marsan, F., 2009. The Anthropogenic Sealing of Soils in Urban Areas.. *Landscape and Urban Planning*, 90(1), pp. 1-10.

Schmitter-Soto, J. J., 1998. *Catálogo de los peces continentales de Quintana Roo*. San Cristóbal de las Casas: El Colegio de la Frontera Sur..

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Alimentación y Pesca-Fideicomiso de Riesgo Compartido, 2007. *Programa Nacional de Microcuencas*, s.l.: s.n.

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2015. *Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Tulum*. Tulum(Quintana Roo): s.n.

SEMARNAT, 2015. *Informe de la situación del Medio Ambiente en México*. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

SEMARNAT, 2018. *Consulta temática*. [En línea] Available at: [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D4\\_GLOS\\_IMPACTO&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D4_GLOS_IMPACTO&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce)

SEMARNAT-UACH, 2003. *Evaluación de la pérdida de suelos por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana, escala 1:1, 000,000. Memoria 2001-2002*. s.l.:s.n.

Simpson, E. H., 1949. Measurement of diversity. *Nature*, Volumen 163, p. 688.

Smith, T. & Smith, R., 2007. *Ecología Sexta edición*. Madrid, España: Pearson.

Soberon, M. & Llorente, B., 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness.. *Conservation Biology*, 7(3), pp. 480-488.

Soriano, P. L. & Ruiz, L. E., 2015. *Criterios de Evaluación de Impacto Ambiental en el Sector Minero*, s.l.: s.n.

Sötemann, S. W., 2005. *Modelling Material Mass Balances Over Wastewaters Treatment Plants*. Cape Town: University of Cape Town.

Sotomayor, C., 2005. Características mecánicas y clasificación de la madera de 150 especies mexicanas. *Investigación e ingeniería de la madera*, 1(24).

Su, C. y otros, 2012. Ecosystem management based on ecosystem services and human activities; a case study in the Yanhe watershed. *Sustainability Science*, 7(1), pp. 17-32.

Supper, R. y otros, 2009. Spatial mapping of superged cave systems by means of airborne electromagnetics: an emerging technology to support protection of endangered karst aquifers.. *Near Surface Geophysics*, pp. 613-627.

Taber, T., 1991. Knowledge processing with Fuzzy Cognitive Maps. *Expert Systems with Application*, Volumen 2, pp. 83-87.

Tapia, E. d. C. & Reyes, R., 2008. Productos Forestales No Maderables en México: Aspectos económicos para el Desarrollo Sustentable.. *Madera y Bosques*, 14(3), pp. 95-112.

Tarback, E. J., Lutgens, F. K. & Tasa, D., 2005. *Ciencias de la Tierra. Octava Edición*.. s.l.:Pearson Educación.

Tobar, J., 2011. La microcuenca como ámbito de planificación de los recursos naturales. Nota Técnica 1. En: *“Apoyo a la rehabilitación productiva y el manejo sostenible de microcuencas en municipios de Ahuachapán a consecuencia de la tormenta Stan y la erupción del volcán Ilamatepec”*. El Salvador: Food and Agriculture Organization..

U.S.D.I., Bureau of Land Management, 1980. *Visual resource management program*. Washington D.C.: Government Printing Office.

Ugalde, L., 1981. *Conceptos básicos de dasometría*. Turrialba, Costa Rica.: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Programa de Recursos Naturales Renovables..

Ugland, K. I., Gray, J. S. & Ellingsen, K. E., 2003. The species-accumulation curve and estimation of species richness. *Journal of Animal Ecology*, 72(5), pp. 888-897.

Viñals, M. J., 2002. *Turismo en espacios naturales y rurales II*. Universidad Politécnica de Valencia ed. Valencia, España: s.n.

Waltham, A. C. & Fookes, P. G., 2005. Engineering classification of karst ground conditions. *Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers*, 3(1), pp. 1-20.

Weitzenfeld, H., 1996. *Manual Básico sobre Evaluación del Impacto en el Ambiente y la Salud*. Segunda ed. s.l.:Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud División Salud y Ambiente, Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud.

Wilson, D. & Reeder, D., 2005. *Mammal species of the world: A taxonomic and Geographic Reference. 3rd Edition*. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins University Press.

Wischmeier, W. H. a. D. S., 1978. *Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning*. s.l.:U.S. Department of Agriculture..

Witschey, W. R., 2005. Muyil. An Early start and late finish in East Coast Settlement. En: J. M. Shaw & J. P. Mathews, edits. *Quintana Roo Archaeology*. s.l.:The University of Arizona Press, pp. 127-143.

World Vision, 2004. *Manual de manejo de cuencas*. s.l.:s.n.

Wüster, W. y otros, 2005. Tracing an invasion: landbridges, refugia, and the phylogeography of the Neotropical rattlesnake (Serpentes: Viperidae: *Crotalus durisus*).. *Molecular Ecology*.

Yeomans, W., 1986. *Visual Impact Assessment: Changes in natural and rural environment*. New York: John Wiley and sons.

Zarco, V., Valdez, J., Ángeles, G. & Castillo, O., 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco.. *Universidad y Ciencia, Trópico Humedo*, 26(1), pp. 1-17.

Zavala-Cruz, J. y otros, 2011. *Degradación y conservación de suelos en la cuenca del Río Grijalva, Tabasco*. s.l.:Gobierno del Estado de Tabasco, SEMARNAT, COLPOS y PEMEX.